



XVI МІЖНАРОДНА НАУКОВО-ТЕХНІЧНА КОНФЕРЕНЦІЯ АСПІРАНТІВ ТА МОЛОДИХ ВЧЕНИХ «НАУКОВА ВЕСНА» 04-06 березня 2026 року



МІНІСТЕРСТВО
ОСВІТИ І НАУКИ
УКРАЇНИ



Hochschule Reutlingen
Reutlingen University



Національний
технічний університет
**ДНІПРОВСЬКА
ПОЛІТЕХНІКА**
1899



VYTAUTAS MAGNUS
UNIVERSITY
MCMXXII



Редакційна колегія: Павличенко А.В., д.т.н., проф., перший проректор НТУ «Дніпровська політехніка», Нікітенко І.С., д.т.н., доц., проректор з наукової роботи НТУ «Дніпровська політехніка», Безугла Л.С., д.е.н., проф., зав. кафедри туризму та економіки підприємства, голова Ради молодих вчених НТУ «Дніпровська політехніка», Белобородова М.В., д.е.н., доц., доц. кафедри туризму та економіки підприємства, заступниця голови Ради молодих вчених НТУ «Дніпровська політехніка»

«Наукова весна» 2026: матеріали XVI Міжнародної науково-технічної конференції аспірантів та молодих вчених, Дніпро, 04–06 березня 2026 року / Національний технічний університет «Дніпровська політехніка» – Дніпро : НТУ «ДП», 2026. 641 с.

Розглядаються актуальні питання сучасної молодіжної науки та інновацій та шляхи їхнього вирішення. Висвітлено проблемні аспекти міського, регіонального та національного розвитку у галузях технологій видобутку, переробки та транспортування корисних копалин, технологій машинобудування, транспортних систем та енергомеханічних комплексів промислових підприємств, геодезії та землеустрою, наук про Землю, будівництва, геотехніки та геомеханіки, сучасних питань екології та захисту довкілля, безпеки праці, електроенергетики, електротехніки та електромеханіки, кіберфізичних та інформаційно-вимірювальних систем, інформаційних технологій та телекомунікацій, економіки і управління, гуманітарних наук, інжинірингу і дизайну в машинобудуванні, гірничої промисловості та геоінженерії, публічного управління та адміністрування, права, матеріалознавства та технічної естетики, хімічних, біохімічних та медичних технологій, туризму, рекреації та гостинності, маркетингових технологій, суспільних комунікацій та медіа-студій.

© Національний технічний університет
«Дніпровська політехніка», 2026

ОРГАНІЗАЦІЙНИЙ КОМІТЕТ

Голова оргкомітету – Павличенко Артем Володимирович – д.т.н., професор, перший проректор НТУ «Дніпровська політехніка».

Заступник голови – Нікітенко Ігор Святославович – д.т.н., професор, проректор з науково-педагогічної та навчально-виховної роботи.

Відповідальний секретар – Безугла Людмила Сергіївна – д.е.н., професор, завідувач кафедри туризму та економіки підприємства, голова РМВ НТУ «Дніпровська політехніка».

Члени організаційного комітету:

Белобородова Марія Валеріївна – заступниця голови Ради молодих вчених НТУ «Дніпровська політехніка».

Горєв В'ячеслав Миколайович – секретар РМВ НТУ «Дніпровська політехніка».

Онищенко Сергій Валерійович – голова РМВ механіко-машинобудівного факультету.

Макурін Андрій Андрійович – голова РМВ фінансово-економічного факультету.

Архипенко Тетяна Анатоліївна – голова РМВ факультету менеджменту.

Дмитрук Олена Олександрівна – голова РМВ факультету природничих наук та технологій.

Олішевська Софія Олегівна – голова РМВ факультету архітектури, будівництва та землеустрою.

Замкова Ольга Андріївна – голова РМВ електротехнічного факультету.

Саїк Павло Богданович – голова РМВ інституту природокористування.

Хабарлак Костянтин Сергійович – голова РМВ факультету інформаційних технологій.

Гладков Кирило Юрійович – голова РМВ навчально-наукового інституту державного управління.

Технології видобутку, переробки та транспортування корисних копалин

Askerov I.K., Junior Researcher Department Ecology and Environmental Protection Technologies

Scientific supervisor: Ihnatov A.O., PhD, Associate professor of the Oil-and-gas Engineering and Drilling Department

(Dnipro University of Technology, Dnipro, Ukraine)

KEY ASPECTS OF THE APPLICATION OF HYDRAULIC HAMMERS IN WELL DRILLING

Efficient development of mineral resources depends on continuous improvement of drilling technologies. Increasing energy efficiency and reducing operational costs remain key engineering objectives. Modern drilling systems must operate reliably under complex geological and technical conditions. Particular attention is paid to improving the efficiency of the wellbore bottom formation process. The interaction between the tool and the rock mass determines overall productivity. Advanced technical solutions are therefore aimed at intensifying rock fragmentation while maintaining process stability.

The implementation of innovative impact methods in drilling technologies defines a promising direction for their development. Such approaches contribute to higher penetration rates and improved operational control. Their implementation requires both theoretical justification and practical validation under real field conditions.

Well drilling is the leading technological cycle that enables prospecting and mining operations at various mineral deposits. It forms the basis for the development of oil, gas, water, and solid mineral resources. Many industrial and civil engineering projects are impossible without drilling technologies. Wells are required for construction, geotechnical investigations, water supply, and energy extraction.

Wells are drilled in rocks that differ significantly in their mechanical and physical properties. These formations may vary in hardness, abrasiveness, fracturing, and stability. In addition, wells can range from shallow boreholes to ultra-deep structures reaching several kilometers. Such geological and technical diversity complicates the drilling process.

As a result, the construction period for most wells is rather long. Drilling operations require careful planning, specialized equipment, and continuous monitoring. These factors often lead to delays in completing current production or construction tasks [1].

Consequently, a pressing task is to accelerate rock-breaking processes at the well bottomhole. Improvement of drilling performance largely depends on the efficiency of energy transfer to the rock. This objective can be achieved through the application of controlled dynamic forces to the rock-breaking tool [2]. Such loads increase the intensity of mechanical interaction between the tool and the rock mass.

The method is implemented by means of special bottomhole impact devices, including hydraulic and pneumatic hammers. These machines generate periodic impact loads directly at the bottomhole. Their operation ensures a significant increase in mechanical penetration rate, as confirmed by field practice. The improvement results from the formation of an intensive fracture network within the bottomhole rock mass. This fracture development promotes rapid fragmentation and removal of cuttings.

Additional enhancement of the breaking effect may be obtained through the use of specially formulated drilling fluids [1]. Their physical and chemical properties influence the stress state of the rock and improve cuttings transportation. The combined action of impact loading and optimized fluid systems creates favorable conditions for more efficient drilling.

The use of impact machines makes it possible to employ hard-alloy drilling tools. Such tools are relatively inexpensive and simple in design. They do not require complex manufacturing technologies. Maintenance and replacement operations are also less costly.

Impact loading significantly increases the efficiency of rock fragmentation. It enables stable drilling in hard and highly abrasive formations. Under these conditions, conventional rotary drilling often requires expensive diamond or similar high-performance tools. The impact method reduces the dependence on such costly tools [2].

As a result, overall drilling costs can be decreased while maintaining satisfactory technical performance. The approach also improves operational reliability hydraulic hammers in difficult geological environments.

Based on comprehensive analytical and laboratory studies, the authors have developed a series of fundamentally new hydraulic hammers. An innovative methodology for their practical application has also been proposed. The research included theoretical modeling, experimental validation, and performance evaluation under simulated operating conditions.

A distinctive feature of the proposed machines is their simplified structural design. High-wear components have been eliminated or replaced with more durable elements. This approach reduces maintenance requirements and increases operational reliability. At the same time, all essential functional characteristics are fully preserved. The machines maintain stable impact energy parameters and efficient energy transfer to the bottomhole tool.

The hydraulic hammers ensure clear and sequential formation of each phase of the impact pulse. Every stage of the impact cycle is precisely controlled. This guarantees stable energy delivery to the bottomhole tool. The stability of operation does not depend on the physical properties of the drilling fluid. Variations in viscosity or density do not significantly affect performance.

The design enables efficient utilization of the pressure differential within the well pumping system. Available hydraulic energy is converted into impact energy with minimal losses. As a result, the power required to generate impact pulses is considerably reduced. This improves overall energy efficiency and enhances operational performance.

Unlike conventional designs, the proposed hydraulic hammers provide simple and continuous surface control. The operating parameters can be adjusted without disassembling the equipment. Regulation is performed directly from the surface equipment. This ensures operational flexibility under varying drilling conditions.

An additional advantage is the possibility of using hydraulic impact to eliminate downhole complications. The system can generate controlled oscillations and impact loads when required. These dynamic effects help free stuck tools and reduce friction along the drill string. They also assist in overcoming local obstructions in the wellbore.

Thus, the hydraulic hammers serve not only as drilling intensification devices but also as effective tools for preventing and mitigating drilling accidents.

The above-mentioned features significantly expand the range of possible applications of the equipment. The hydraulic hammers can be integrated into various technical and technological schemes of bottomhole drill strings. They are suitable for both core drilling with hard-alloy and diamond tools and for noncore drilling operations. This flexibility allows adaptation to different geological and operational conditions.

In such configurations, drilling performance becomes more intensive. The rate of penetration increases under stable operating parameters. The footage drilled per run also grows. At the same time, mechanical loads on the equipment are optimized. This leads to reduced wear and lower amortization of drilling tools and drill pipes. As a result, the overall operational efficiency of drilling equipment and tools is improved.

References

1. Ihnatov, A. O., Aziukovskyi, O. O., Stavychnyi, Y. M., Rybachuk, S. A., Askerov, I. K., & Sala, D. (2025). Development of promising technological solutions in the construction wells. *Naukovyi visnyk natsionalnoho hirnychoho universytetu*, (3), 65–74.
2. Modi, D. P. n., & Seth, D. S. m. (2004). *Hydraulics and fluid mechanics including hydraulic machines (in si units)*. Standard Book House.

Vasylchenko D., Postgraduate Student of the Department of Oil and Gas Engineering and Drilling

Supervisor: Valerii Rastsvietaiev, Candidate of Engineering Science, Associate Professor of the Department of Oil and Gas Engineering and Drilling
(Dnipro University of Technology, Dnipro, Ukraine)

PECULIARITIES AND OPERATIONAL CHALLENGES OF START-UP AND OPERATION OF THE GAS PUMPING UNIT AT THE «PAVLOHRAD» COMPRESSOR STATION DNIPRO LINEAR PRODUCTION DEPARTMENT OF MAIN GAS PIPELINES LLC «GAS TRANSMISSION SYSTEM OPERATOR OF UKRAINE»

Direct-on-line starting of a high-voltage electric motor driving a gas pumping unit (GPU) is accompanied by an inrush current amounting to 6–8 times the rated current, which results in the generation of a shock electromagnetic torque. This torque is transmitted through the motor shaft and initiates motion of the driven mechanism. During the first 1.5–2.0 seconds, the torque comprises both a steady-state component and a forced oscillatory component in the form of an alternating torque with an amplitude reaching up to four times the rated motor torque. The alternating torque induces vibrations in both the electric motor and the driven mechanical system [1].

The resulting significant alternating electrodynamic forces acting on the stator windings cause displacement of conductors, which, in turn, leads to degradation and breakdown of stator winding insulation, damage to inter-coil connections, burnout of terminal leads, and mechanical failures of shafts, couplings, gearboxes, and other structural elements. Such failures disrupt the continuity of production processes, reduce output, and lead to substantial repair costs for out-of-service equipment [1-3].

The majority of GPU failures are associated with bearing assemblies and sealing systems. A significant proportion of failures (24% to 48%) relates to the mechanical subsystem and lubrication system of the GPU, particularly due to defects in support units, gearboxes, and oil-lubricated pumps [2, 3]. The most typical bearing defects include scoring, rubbing, scratches, cracks, spalling, melting, and wiping of babbitt lining.

Scoring and scratches on the bearing shell surface may arise from material incompatibility, excessive loading, or insufficient lubrication. These defects are often the consequence of high mechanical loads or vibration, leading to surface damage of contacting elements. Rubbing and scratching degrade the hydrodynamic performance of the lubricant film, resulting in increased friction and temperature rise. Cracks and spalling represent more severe forms of damage, typically caused by cyclic loading or material fatigue. Crack initiation may propagate further, ultimately leading to bearing element failure and substantial deterioration of operational characteristics. Spalling due to mechanical wear results in partial loss of the working surface, further impairing bearing performance.

Melting and wiping of babbitt-the material commonly used for bearing linings-constitute some of the most critical types of damage. These defects occur under overheating or excessive friction conditions, when babbitt loses its mechanical and tribological properties, softens, and becomes incapable of effectively reducing friction. As a result, fragments of babbitt may detach, causing additional damage to the bearing and adjacent mechanical components.

Detached material particles may enter the bearing clearance or lubrication system, disrupting normal oil circulation and promoting contamination. This leads to destabilization of the bearing system and may adversely affect other mechanical components. In a bearing with a damaged lining, a stable hydrodynamic lubricant film cannot be properly established, since surface defects prevent uniform oil distribution between contacting surfaces. Consequently, the

fundamental operating principle of hydrodynamic bearings-maintenance of a lubricant film separating moving parts-is compromised. The shaft journal may come into direct metal-to-metal contact with the bearing shell, resulting in accelerated wear and overheating. In the absence of adequate lubrication, increased friction further accelerates bearing degradation and may ultimately lead to complete failure.

Bearing faults can be detected using various technical diagnostic methods, the most common of which include vibration analysis, visual inspection, ultrasonic testing, thermographic methods, and oil analysis. Vibration diagnostics is among the most effective techniques, as it enables identification of vibration patterns caused by shaft misalignment, rotor imbalance, or bearing shell damage. This method allows detection of changes in vibration frequency spectra indicative of defect development. Visual inspection facilitates identification of external damage such as cracks, wear, or contamination. Ultrasonic methods enable detection of internal material defects through high-frequency acoustic waves, revealing cracks, wear zones, and other structural irregularities. Thermographic techniques, based on thermal field analysis, are used to detect abnormal temperature distributions associated with increased friction or wear. Oil analysis is also an important diagnostic tool, as the presence of metallic particles in lubricant indicates wear or destruction of bearing components.

Since failures of the mechanical subsystem of the GPU, particularly bearing assemblies, are often irreparable and require costly overhaul operations, the development of effective strategies aimed at improving component reliability is essential. Failure to detect defects in a timely manner may result in severe damage to shafts, gearboxes, couplings, and other elements, significantly increasing repair costs and downtime. Therefore, enhancing the reliability of the mechanical subsystem is a critical factor in ensuring the overall operational reliability of gas pumping units, especially under conditions of intensive operation and elevated loads. This necessitates implementation of advanced diagnostic methods, wear prediction techniques, and condition-based maintenance strategies to minimize failure risk and ensure stable and efficient equipment performance.

Despite continuous technological advancement and scientific progress, ensuring reliable operation of compressor stations, particularly within the framework of main gas pipeline construction and operation, requires ongoing modernization of relevant technological processes.

References:

1. Слива, М. С., & Расцветаев, В. О. (2023). Удосконалення газоперекачувального агрегату в умовах КС «Краснопілля» Запорізького ЛВУМГ. У Тиждень студентської науки – 2023: Матеріали 78-ї студентської науково-технічної конференції (24–28 квітня 2023 р., Дніпро) (с. 78–79). НТУ «ДП».
2. Васильченко Д.О., Расцветаев В.О. Проблема пуску і роботи газоперекачувального агрегату компресорної станції «Павлоград» Запорізького ЛВУМГ // «Наукова весна» 2024: матеріали XIV Міжнародної науково-технічної конференції аспірантів та молодих вчених, Дніпро, 27–29 березня 2024 року / Національний технічний університет «Дніпровська політехніка» – Дніпро : НТУ «ДП», 2024. С. 7-8.
3. Васильченко Д.О., Расцветаев В.О. Труднощі пуску та експлуатації газоперекачувального агрегату компресорної станції «Павлоград» Дніпровське ЛВУМГ ТОВ «Оператор ГТС України» // «Наукова весна» 2025: матеріали XV Міжнародної науково-технічної конференції аспірантів та молодих вчених, Дніпро, 26–28 березня 2025 року / Національний технічний університет «Дніпровська політехніка» – Дніпро : НТУ «ДП», 2025. С. 7-8.

Vashchenko I., PhD student

Scientific supervisor: Volodymyr Khomenko, PhD, Associate Professor, Oil and Gas Engineering and Drilling Department

(Dnipro University of Technology, Dnipro, Ukraine)

METHODOLOGICAL FRAMEWORK FOR INTEGRATED MODELLING OF HEAVY OIL RECOVERY OPTIMISATION IN UKRAINIAN FIELDS

Heavy oil reservoirs present unique operational and economic challenges due to the complex thermodynamic behavior of high-viscosity fluids, severe heterogeneity of producing formations, and energy-intensive extraction requirements. Conventional, compartmentalized engineering approaches - where static geological modeling, dynamic reservoir simulation, and surface facility planning are conducted in isolation - are increasingly insufficient for optimizing heavy oil development. In the context of mature and structurally complex fields in Ukraine, particularly within the Dnieper-Donets Basin, there is a critical need for a unified, integrated approach.

This study outlines a methodological framework for Integrated Asset Modelling (IAM) specifically tailored to the challenges of heavy oil recovery. The core of the proposed methodology lies in the dynamic coupling of 3D static geological models with compositional reservoir simulations and surface production network constraints [1]. Such holistic integration ensures that pressure drops, thermal energy losses, and fluid phase changes are accurately tracked continuously from the pore scale within the reservoir up to the gathering facilities (fig. 1).

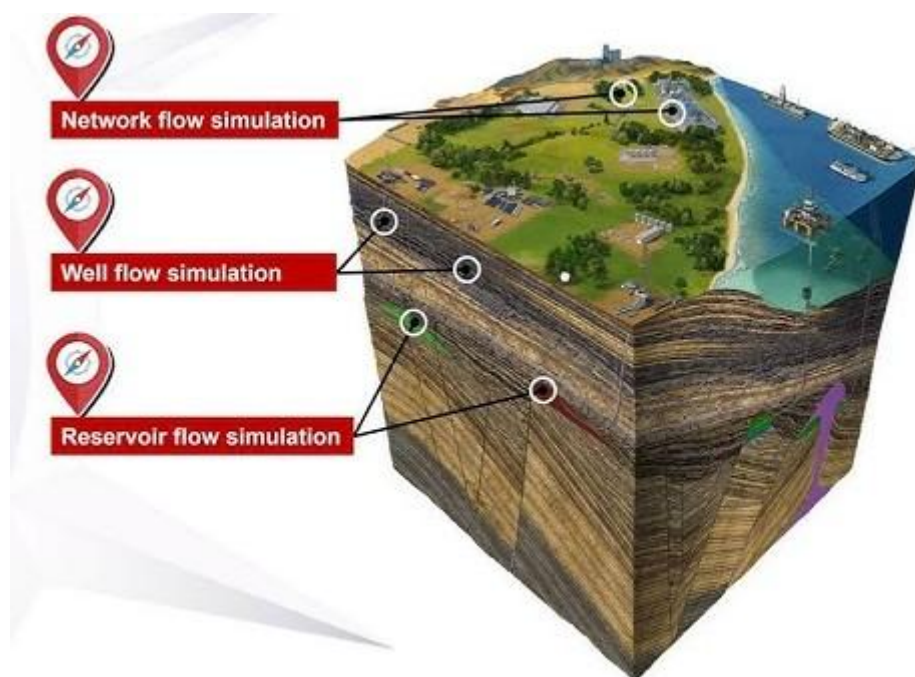


Figure 1. Conceptual workflow of the Integrated Asset Modelling (IAM) for heavy oil fields.

A key advantage of this framework is its ability to holistically evaluate Enhanced Oil Recovery (EOR) scenarios, including thermal methods and hybrid solvent-assisted processes. By integrating reservoir dynamics with surface network limitations, the model prevents the overestimation of production rates that frequently occurs when wellbore hydraulics and facility bottlenecks are ignored. Furthermore, accurately capturing multiphase flow behavior within the

entire production system is vital for defining the operational limits of the asset and preventing flow assurance issues [2].

Heavy oil extraction often alters the geomechanical stress of the rock due to thermal expansion and pressure depletion. Therefore, the methodological framework also outlines the integration of geomechanical modules to predict caprock integrity and reservoir compaction. By incorporating specific PVT (Pressure-Volume-Temperature) adjustments for heavy crude and establishing proper boundary conditions between the subsurface and surface models, the integrated system achieves a higher fidelity in forecasting long-term production behavior [3].

Preliminary methodological testing indicates that applying IAM to heavy oil fields can significantly reduce predictive uncertainties by aligning subsurface deliverability with surface handling capacities. Future dissertation work will focus on applying this computational framework to specific Ukrainian field data to derive optimal, field-specific EOR strategies. Ultimately, this integrated approach aims to provide a robust decision-support tool for revitalizing heavy oil production and maximizing recovery factors.

References:

1. Smith, J., & Rossi, M. (2024). "Coupling reservoir and surface network models for optimization of high-viscosity oil fields." *Geoenergy Science and Engineering*, 235, 212705.
2. Ali, A. A., Abdul-Majeed, G. H., & Al-Sarkhi, A. (2024). Review of Multiphase Flow Models in the Petroleum Engineering: Classifications, Simulator Types, and Applications. *Arabian Journal for Science and Engineering*, 49(7), 4413-4456.
3. von Hohendorff Filho, J. C., & Schiozer, D. J. (2024). Integration of a Deepwater Heavy Oil Reservoir and Surface Facilities Models with Liquid-Liquid Subsea Separation: Impact of Boundary Condition Treatment. *ROG.e 2024 Conference Proceedings*.

Войта М. О., аспірант спеціальності 185 Нафтогазова інженерія та технології
Науковий керівник: Пашенко О.А., к.т.н., доцент кафедри НГІБ
(Національний технічний університет «Дніпровська політехніка», м.Дніпро, Україна)

ОПТИМІЗАЦІЯ ХАРАКТЕРИСТИК СИСТЕМ ФІЛЬТРАЦІЇ БУРОВИХ ПРОМИВАЛЬНИХ РІДИН

Бурові промивальні рідини відіграють ключову роль у процесі буріння свердловин, забезпечуючи видалення породи, стабілізацію стінок свердловини та контроль тиску. Одним з критичних аспектів їх ефективності є фільтраційні властивості, які визначають обсяг втрат рідини в пласт та якість утвореного фільтраційного коржа [1]. Надмірні фільтраційні втрати можуть призводити до ускладнень, таких як набухання глин, зниження продуктивності пласта та ризик заклинювання інструменту. Тому обґрунтування раціональних параметрів систем фільтрації є актуальним завданням, що вимагає врахування реологічних характеристик рідини, умов експлуатації та впливу добавок.

Теоретичні основи фільтрації базуються на законі Дарсі, де швидкість фільтрації залежить від перепаду тиску, в'язкості рідини та проникності середовища. У статичних умовах фільтрація описується залежністю об'єму фільтрату від квадратного кореня з часу, тоді як у динамічних – враховується ерозія коржа під впливом потоку. Ключовими параметрами є пластична в'язкість (PV), точка текучості (YP), гелева міцність та об'єм фільтрату за стандартами API (при 100 psi) або НРНТ (при високих температурах і тисках). Оптимальні значення PV становлять 15 – 30 сП, YP – 10 – 20 Па, а об'єм фільтрату не повинен перевищувати 5 – 10 мл/30 хв для водних систем, щоб мінімізувати інвазію в пласт [2].

Для обґрунтування раціональних параметрів проводиться аналіз факторів, що впливають на фільтрацію: концентрація твердих частинок, тип вагоючого агента (наприклад, барит чи гематит), термостабільність системи та присутність забруднювачів. Експериментальні дослідження показують, що збільшення концентрації бентоніту до 20 – 25 кг/м³ знижує фільтраційні втрати на 30 – 50%, формуючи тонкий і щільний корж товщиною 1 – 2 мм. Однак надмірна концентрація підвищує в'язкість, що ускладнює циркуляцію. У високотемпературних умовах (понад 150°C) рекомендується використання полімерних добавок, таких як РАС (поліаніонна целюлоза), які стабілізують реологію та зменшують фільтрат на 40% порівняно з базовими системами [3].

Раціональний вибір параметрів передбачає моделювання за допомогою програмного забезпечення, такого як симулятори гідродинаміки, де оптимізуються швидкість потоку (1 – 2 м/с), тиск (500 – 1000 psi) та розмір частинок (середній діаметр 10-50 мкм) для мінімізації ерозії коржа. Дослідження демонструють, що додавання наночастинок (наприклад, SiO₂ або TiO₂) у концентрації 0,5 – 1% мас. покращує бар'єрні властивості коржа, знижуючи проникність на 60% і забезпечуючи кращу стабільність у солоних середовищах. Синергетичний ефект РАС з наночастинками дозволяє досягти об'єму фільтрату менше 3 мл/30 хв при НРНТ-умовах, що є оптимальним для глибоких свердловин [4].

Експериментальна перевірка включає тести на фільтрацію за стандартами API та НРНТ, де оцінюється вплив варіацій параметрів. Наприклад, при підвищенні температури з 25°C до 120°C фільтраційні втрати зростають на 20 – 30% без добавок, але з оптимізованими системами (РАС + наночастинки) цей ефект нівелюється до 5 – 10%. Раціональні параметри для типової водної системи: PV 20 сП, YP 15 Па, гелева міцність 10/15 Па (10 хв/30 хв), фільтрат 4 мл/30 хв, товщина коржа 1,5 мм. Такі значення

забезпечують баланс між контролем втрат і гідравлічною ефективністю, знижуючи ризик ускладнень на 25 – 40% [5].

У висновку, обґрунтування раціональних параметрів фільтраційних систем вимагає інтегрального підходу, що поєднує теоретичне моделювання, експериментальні дані та врахування геологічних умов. Оптимізовані системи з полімерними та нано-добавками дозволяють досягти високої ефективності, мінімізуючи втрати рідини та підвищуючи загальну продуктивність буріння.

Список використаних джерел:

1. Промивальні рідини в бурінні : підручник / Є.А. Коровяка, Ю.Л. Винников, А.О. Ігнатов, О.В. Матяш, В.О. Расцветаєв; М-во освіти і науки України, Нац. техн. ун-т «Дніпровська політехніка», 4-те вид., доп. – Дніпро : Журфонд, 2023. – 420 с.
2. Caenn, R., Darley, H. C. H., & Gray, G. R. (2011). The Filtration Properties of Drilling Fluids. In Composition and Properties of Drilling and Completion Fluids (pp. 271–306). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/b978-0-12-383858-2.00006-8>
3. Saadi, R., Hamidi, H., & Wilkinson, D. (2025). Optimizing filtration properties of water-based drilling fluids: Performance of PAC variants and synergistic effects. Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects, 715, 136590. <https://doi.org/10.1016/j.colsurfa.2025.136590>
4. Ahmed, A., Pervaiz, E., Abdullah, U., & Noor, T. (2024). Optimization of Water Based Drilling Fluid Properties with the SiO₂/g-C₃N₄ Hybrid. ACS Omega, 9(13), 15052–15064. <https://doi.org/10.1021/acsomega.3c08766>
5. Saadi, R., Hamidi, H., & Wilkinson, D. (2025). Optimizing filtration properties of water-based drilling fluids: Performance of PAC variants and synergistic effects. Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects, 715, 136590. <https://doi.org/10.1016/j.colsurfa.2025.136590>

Воловик В.А., аспірант, нафтогазова інженерія та технології, НГа-25-10

Науковий керівник: Хоменко В.Л., кандидат технічних наук, доцент кафедри нафтогазової інженерії та буріння

(Національний технічний університет «Дніпровська політехніка», Дніпро, Україна)

ГУСТИНОМІРИ ДЛЯ БУРОВИХ РОЗЧИНІВ

У сучасній нафтогазовій інженерії процес спорудження свердловин супроводжується значними геологічними та технологічними ризиками. Буровий розчин відіграє багатофункціональну роль, серед якої найважливішою є підтримання механічної стабільності стінок свердловини та створення необхідного гідростатичного тиску для запобігання надходженню пластових флюїдів у стовбур. Відхилення густини бурового розчину від проектних параметрів є первинним індикатором порушення гідродинамічної рівноваги. Недостатня густина ініціює газонафтоводопрояви (ГНВП), що у критичних випадках може призвести до відкритого фонтанування та масштабних аварій. З іншого боку, надмірна густина збільшує еквівалентну циркуляційну густину, що спричиняє поглинання розчину пластом, гідророзрив порід та диференційне прихоплення бурильної колони. Традиційні дискретні методи контролю за допомогою ручних важільних ваг (пікнометрів) характеризуються низькою частотою вимірювань і значним впливом «людського фактора». Стрімка автоматизація процесу буріння та впровадження інтелектуальних систем раннього попередження аварій вимагають застосування високоточних засобів безперервного контролю густини бурового розчину безпосередньо в циркуляційній системі в режимі реального часу.

Технологічний буровий розчин — це складна багатокомпонентна неньютонівська рідина, яка під час циркуляції насичується вибуреним шламом, баритовим обтяжувачем, полімерними добавками та дрібними газовими бульбашками. Таке агресивне середовище унеможливує надійне використання багатьох стандартних приладів (зокрема, коріюлісових або вібраційних камертонних датчиків) через швидкий абразивний знос та налипання осаду. З огляду на це, оптимальним і найбільш стійким інженерним рішенням є заглибний автоматизований густиномір, що працює за диференціальним гідростатичним методом.

Конструкція такого приладу передбачає повну відсутність рухомих механічних частин. Її основою є міцна несуча штанга (труба), виготовлена з високоякісної корозійностійкої нержавіючої сталі (марки AISI 316L або аналогів). Використання масивної жорсткої штанги замість гнучкого кабелю є критичною вимогою: у приймальних резервуарах постійно працюють потужні лопатеві перемішувачі (агітатори), які генерують інтенсивні турбулентні потоки для запобігання осіданню бариту. Гнучкий підвіс неминуче призвів би до відхилення датчиків від вертикальної осі, що змінило б вимірювальну базу приладу і спричинило катастрофічні похибки у розрахунках. На кінці штанги, на чітко зафіксованій вертикальній відстані один від одного, жорстко змонтовані два прецизійні тензометричні датчики тиску.

Для захисту надзвичайно крихких тензометричних кремнієвих кристалів від механічного пошкодження та агресивного впливу шламу використовуються спеціальні розділові мембрани. Головною конструктивною особливістю для бурових розчинів є застосування відкритих (пласких, flush) мембран, розташованих врівень із зовнішнім корпусом. Це повністю усуває застійні зони або вузькі канали (штуцери), де міг би миттєво накопичуватися і тверднути осад, і дозволяє потоку рідини природним чином омивати та очищувати чутливу поверхню. Додатково датчики закриті знімними сталевими перфорованими кожухами (клітками) для захисту від ударів великими уламками породи.

Метод вимірювання спирається на базові принципи гідростатики. Використання двох синхронізованих датчиків дозволяє автоматично компенсувати постійні коливання загального рівня рідини в резервуарі (які виникають через роботу насосів та доливання хімікатів).

Базова формула розрахунку густини за різницею тисків:

$$\rho = \frac{P_2 - P_1}{g \cdot \Delta h}$$

де ρ – розрахункова густина бурового розчину, кг/м³, P_2 – загальний гідростатичний тиск, виміряний нижнім тензометричним датчиком, Па, P_1 – гідростатичний тиск, виміряний верхнім тензометричним датчиком, Па, g – прискорення вільного падіння, м/с², Δh – фіксована апаратна відстань по вертикалі між центрами вимірювальних мембран двох датчиків (база приладу), м.

Сучасні густиноміри оснащуються розвиненими елементами мехатроніки: мікроконтролерами з високорозрядними АЦП, датчиками температури для інтелектуальної термокомпенсації (нівелювання температурного дрейфу електроніки) та модулями цифрової фільтрації шумів від вібрацій бурової установки. При цьому для забезпечення максимально повної картини стану промивальної рідини такі прилади доцільно використовувати у комплексі із системами in-situ моніторингу в'язкості на базі передових сенсорних технологій. Конструктивно всі ці прилади проектується у вибухозахищеному виконанні (іскробезпечне коло) для безпечної роботи в загазованих зонах.

Конструкція заглибного автоматизованого густиноміра, що включає жорстку сталеву штангу, два тензометричні датчики з відкритими мембранами та систему цифрової обробки сигналів, є найбільш надійним інженерним рішенням для безперервного моніторингу реології бурових розчинів. Її переваги полягають у максимальній стійкості до абразивного впливу шламу, відсутності застійних зон та повній незалежності від динамічних коливань рівня рідини в резервуарах. Впровадження таких мехатронних приладів до складу АСУ ТП радикально підвищує загальну безпеку процесу буріння: воно гарантує надшвидке виявлення ранніх ознак газонафтоводопроявів, дозволяє здійснювати точний контроль вибірного тиску та мінімізує негативний вплив «людського фактора» під час ухвалення критичних технологічних рішень.

Список використаних джерел:

1. Промивальні рідини в бурінні : підручник / Є.А. Коровяка, Ю.Л. Винников, А.О. Ігнатов, О.В. Матяш, В.О. Расцветаєв; М-во освіти і науки України, Нац. техн. ун-т «Дніпровська політехніка», 4-те вид., доп. – Дніпро : Журфонд, 2023. – 420 с.
2. Орловський В. М., Білецький В. С., Вітрик В. Г. Технологія розробки нафтових родовищ : навч. посіб. Харків : ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2020. 243 с.
3. Войтенко В. С., Вітрик В. Г., Яремійчук Р. С., Яремійчук Я. С. Технологія і техніка буріння : узагальнююча довідкова книга. Львів : Центр Європи, 2012. 708 с.
4. Шавранський М. В., Борин В. С., Чигур І. І. Модель пневмометричного густиноміра для вимірювання густини бурових розчинів нафтогазових свердловин. Методи та прилади контролю якості. 2021. № 1 (46). С. 15–24. DOI: [https://doi.org/10.31471/1993-9981-2021-1\(46\)-15-24](https://doi.org/10.31471/1993-9981-2021-1(46)-15-24)
5. Pashchenko O. A., Khomenko V. L., Kamyshtskyi O. F., Yavorska V., Zybalov D. S. In-situ monitoring of drilling mud viscosity using advanced sensor technologies. _Geo-Technical Mechanics_. 2025. Vol. 173. P. 123–133. DOI: <https://doi.org/10.15407/geotm2025.173.123>

Галков Р.О., аспірант спеціальності 184 «Гірництво»

Науковий керівник: Ковалевська І.А., д.т.н., професор кафедри гірничої інженерії та освіти

(Національний технічний університет «Дніпровська політехніка», м.Дніпро, Україна)

ІННОВАЦІЙНИЙ ПІДХІД ДО МОНІТОРИНГУ ТА ПРОГНОЗУВАННЯ ДЕФОРМАЦІЙ ПРИ ПОВТОРНОМУ ВИКОРИСТАННІ ГІРНИЧИХ ВИРОБОК ЗАХІДНОГО ДОНБАСУ

Актуальність теми дослідження зумовлена необхідністю підвищення ефективності підтримання та забезпечення довготривалої стійкості гірничих виробок в умовах складної гірничо-геологічної будови родовищ Західного Донбасу та значного впливу гірничого тиску [1]. Висока концентрація гірничих робіт, значні глибини розробки та ускладнення геомеханічних умов призводять до інтенсивного розвитку деформацій у масиві гірських порід, що безпосередньо впливає на безпеку та економічні показники діяльності шахт.

Повторне використання підготовчих виробок при відпрацюванні суміжних виїмкових полів є одним із ключових напрямів зниження капітальних витрат і підвищення економічної ефективності гірничих підприємств [2]. Застосування такого підходу дозволяє скоротити обсяги проведення нових виробок, зменшити витрати матеріалів і трудових ресурсів, а також оптимізувати календарні графіки підготовки очисних вибоїв. Водночас повторно використовувані виробки зазнають тривалого впливу перерозподілу напружень у масиві, що зумовлює накопичення пошкоджень кріплення та деформацій контурів виробки.

Дослідженнями встановлено, що у складних гірничо-геологічних умовах відбувається активний розвиток зсувних та згинальних деформацій у покрівлі та бокових породах, що призводить до зменшення перерізу виробки та втрати її експлуатаційної придатності [3]. Особливу роль у формуванні напружено-деформованого стану відіграють фізико-механічні властивості вуглевмісних порід, шаруватість масиву, наявність тектонічних порушень, а також тип і параметри кріплення [4]. Недостатня адаптація параметрів кріплення до змін гірничо-геологічних умов є однією з причин підвищених витрат на ремонт і перекріплення виробок.

Традиційні підходи до оцінювання напружено-деформованого стану базуються на періодичних маркшейдерських вимірюваннях, інструментальному контролю зміщень та аналітичних методах розрахунку [5]. Однак такі методи не завжди дозволяють врахувати складну просторову геометрію виробок, неоднорідність масиву та нелінійний характер деформування порід. Крім того, дискретність вимірювань у часі обмежує можливість своєчасного виявлення початкових стадій розвитку небезпечних процесів.

У зв'язку з цим перспективним напрямом є застосування числових методів моделювання, зокрема методу скінченних елементів, який дозволяє враховувати реальні геометричні параметри виробки, фізико-механічні характеристики порід і граничні умови взаємодії кріплення з масивом [6]. Використання числових моделей дає змогу оцінювати розподіл напружень і деформацій, прогнозувати розвиток зон пластичних деформацій та обґрунтовувати оптимальні параметри підтримання виробок.

Сучасні дослідження доводять доцільність використання цифрових технологій для моніторингу стану гірничих виробок, включаючи високоточні геодезичні методи, лазерне 3D-сканування та автоматизовані системи збору даних [7]. Формування цифрових моделей виробок у різні періоди експлуатації дозволяє виконувати порівняльний аналіз змін геометрії та визначати швидкість розвитку деформаційних процесів. Інтеграція результатів моніторингу з числовими моделями створює основу для

побудови системи прогнозування, що враховує як поточний стан виробки, так і очікувані зміни гірничо-технічних умов.

Запропонований підхід передбачає створення інтегрованої системи моніторингу, яка поєднує інструментальні вимірювання, цифрове моделювання та аналітичну обробку даних. Використання комплексного аналізу дозволить своєчасно виявляти критичні ділянки виробок, обґрунтовувати необхідність перекріплення та визначати раціональні параметри підтримання. Очікуваним результатом впровадження такого підходу є підвищення рівня безпеки гірничих робіт, зниження витрат на ремонт виробок і забезпечення стабільності технологічних процесів у шахтах Західного Донбасу.

Таким чином, удосконалення методів моніторингу та прогнозування деформацій на основі поєднання інструментального контролю та числового моделювання є важливою науково-практичною задачею, вирішення якої сприятиме підвищенню ефективності повторного використання гірничих виробок та забезпеченню сталого функціонування вугледобувних підприємств регіону.

Список використаних джерел

1. Бондаренко В. І. Геомеханіка гірничих виробок : монографія. Дніпро : НГУ, 2018. 320 с.
2. Півняк Г. Г., Шашенко О. М. Підземна розробка родовищ корисних копалин : підручник. Дніпро : НТУ «ДП», 2019. 587 с.
3. Шашенко О. М., Сдвижкова О. О. Механіка гірських порід : підручник. Дніпро : НГУ, 2017. 428 с.
4. Кузьменко О. М. Стійкість гірничих виробок у складних гірничо-геологічних умовах. Геотехнічна механіка. 2020. № 152. С. 23–31.
5. Садовенко І. О. Маркшейдерське забезпечення гірничих робіт : навч. посіб. Дніпро : НТУ «ДП», 2017. 210 с.
6. Zienkiewicz O. C., Taylor R. L. The Finite Element Method. 7th ed. Oxford : Butterworth-Heinemann, 2013. 756 p.
7. Кучерявий О. В. Моніторинг деформацій підземних споруд із застосуванням лазерного сканування. Геотехнічна механіка. 2021. № 159. С. 45–53.

Ганжа Ю. В., аспірант спеціальності 185 Нафтогазова інженерія та технології
Науковий керівник: Пашенко О.А., к.т.н., доцент кафедри НГІБ
(Національний технічний університет «Дніпровська політехніка», м.Дніпро, Україна)

АНАЛІЗ ДИНАМІКИ РУЙНУВАННЯ ГІРСЬКИХ ПОРІД ПІД ДИНАМІЧНИМ НАВАНТАЖЕННЯМ ЗА ДОПОМОГОЮ ВИСОКОШВИДКІСНОЇ ВІДЕОЗЙОМКИ

Руйнування гірських порід під впливом динамічних навантажень є ключовим процесом у гірничій промисловості, будівництві та геотехніці, де воно визначає ефективність буріння, вибухових робіт та стабільність конструкцій. Параметри руйнування, такі як швидкість навантаження, кут нахилу тріщин, гетерогенність матеріалу та тип навантаження (стиснення, розтяг чи зсув), суттєво впливають на динаміку процесів, включаючи ініціацію, поширення та злиття тріщин. Використання високошвидкісної зйомки дозволяє фіксувати ці швидкоплинні явища в реальному часі з роздільною здатністю до 200 000 кадрів на секунду, забезпечуючи детальний аналіз деформацій та енергетичних характеристик. Це методологічно обґрунтовано для вивчення нелінійних динамічних ефектів, де традиційні статичні моделі неадекватні через взаємодію хвиль напруження та локалізацію деформацій [1].

Дослідження впливу параметрів руйнування базується на експериментальних установках, таких як роздільний стрижень Гопкінсона (SHPB), комбінованих з високошвидкісною камерою та цифровою кореляцією зображень (DIC). Швидкість удару визначає режим руйнування: при низьких швидкостях переважають інтерфазні тріщини, тоді як при високих (понад 10 м/с) – транскристалічні, з переходом від тензійних до змішаних тензійно-зсувних механізмів. Гетерогенність породи, включаючи мікротріщини, пори та шаруватість, посилює пластичну деформацію, змінюючи морфологію тріщин від гладких до шорстких. Експерименти показують, що динамічна міцність на розтяг зростає з швидкістю навантаження за степеневу залежністю, а динамічна в'язкість руйнування корелює з кутом нахилу тріщин, досягаючи максимуму при 45°. У шаруватих породах з двома шарами присутність шарів суттєво впливає на динамічні характеристики руйнування під вибуховими навантаженнями, де слот-картриджі посилюють фрагментацію [2].

Високошвидкісна зйомка, інтегрована з фазово-контрастною рентгенівською візуалізацією (ХРСІ), дозволяє візуалізувати внутрішні процеси руйнування в матеріалах на кшталт цементу, бетону чи базальту під динамічним стисненням. При швидкостях удару 5-15 м/с спостерігається перехід місця ініціації тріщин від краю зразка до центру, з підвищенням ступеня фрагментації. Аналіз енергії руйнування вказує на позитивну кореляцію з швидкістю удару, де енергія поглинання зростає на 20-50% при додаванні наночастинок або зміні вологості. У насичених водою зразках швидкість тріщин сягає 1200-1300 м/с, порівняно з 900-1000 м/с у сухих, що пояснюється впливом вільної води на динамічну в'язкість руйнування [3].

Моделювання динаміки процесів за допомогою кінцево-елементних методів з фазовим полем (phase-field) враховує гідростатично-спектрально-девіаторне розкладання енергії деформації, що дозволяє прогнозувати траєкторії тріщин та швидкості їхнього кінчика під змішаними режимами навантаження. Експериментальна валідація через високошвидкісну зйомку підтверджує точність моделей, відтворюючи послідовність поширення первинних та вторинних тріщин, а також часові профілі швидкості. Вплив температури на динамічне руйнування вивчено для пісковиків, оброблених при 20-1200°C: при температурах 400-800°C спостерігається зниження

міцності на стиснення та розтяг, але ефект швидкості деформації зберігається, з лінійним зростанням модуля пружності [4].

Для порід з попередніми тріщинами динамічна міцність на стиснення демонструє немонотонну залежність від кута нахилу тріщин під уніаксіальним навантаженням, але зростає під конфайнментом, підкреслюючи роль швидкості деформації. Високошвидкісна зйомка фіксує еволюцію режимів руйнування від інтерфазних до транскристалічних, з підвищенням чутливості до коефіцієнта шорсткості шарів (JRC). Динамічні параметри, такі як пікова напруга, енергія руйнування та модуль пружності, лінійно корелюють зі швидкістю деформації, з підвищенням на 25-40% при збільшенні JRC.

У висновку, високошвидкісна зйомка, комбінована з повнопольовими методами вимірювання, забезпечує всебічний аналіз впливу параметрів руйнування на динаміку процесів у гірських породах, дозволяючи оптимізувати технології видобутку та прогнозувати стабільність масивів. Інтеграція експериментів з моделюванням відкриває перспективи для вивчення мікрогравітаційних ефектів та нелінійних взаємодій, сприяючи розвитку теорії динамічного руйнування.

Список використаних джерел:

1. Hesammokri, P., Ershadrad, S., & Isaksson, P. (2026). Dynamic fractures in rock-like materials analyzed by high-speed photography and a dynamic phase-field finite element model. *International Journal of Solids and Structures*, 325, 113727. <https://doi.org/10.1016/j.ijsolstr.2025.113727>
2. Wang, X., Yue, Z., Xue, K., Wang, H., Ren, M., Cheng, Z., & Peng, L. (2025). Dynamic Fracture Characteristics of Layered Rock Mass With Two Beddings Under Explosive Loads of Slotted Charges. *Fatigue & Fracture of Engineering Materials & Structures*, 48(6), 2725–2742. <https://doi.org/10.1111/ffe.14634>
3. M. Sapay, P. Forquin. Dynamic crack velocity and fracture toughness in concrete using two full field measurement techniques: Effect of free-water. *Engineering Fracture Mechanics*, 2025, pp.110856. <https://doi.org/10.1016/j.engfracmech.2025.110856>.hal-04924378
4. Xing, Haozhe, Wu, Gonglinan, Zhang, Qianbing, Dehkhoda, Sevda, and Jian Zhao. "Characterization of Thermal Effect on the Rock Dynamic Fracture Using High-Speed Three-Dimensional Digital Image Correlation (3D-DIC)." Paper presented at the ISRM International Symposium - 10th Asian Rock Mechanics Symposium, Singapore, October 2018.

Григоришин В.В., аспірант спеціальності 185 «Нафтогазова інженерія та технології» (G-16)

Науковий керівник: Грицанчук А.В., к.т.н., доцент кафедри видобування нафти і газу

(Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу, м. Івано-Франківськ, Україна)

АНАЛІЗ КОРОЗІЙНИХ ПРОЦЕСІВ НАФТОГАЗОВОГО ОБЛАДНАННЯ В УСКЛАДНЕНИХ УМОВАХ ЕКСПЛУАТАЦІЇ

Корозія обладнання нафтогазових свердловин залишається однією з найкритичніших проблем сучасної нафтогазової промисловості. За даними NACE International, глобальна вартість економічних втрат через корозію становить приблизно \$1.372 мільярда щорічно тільки в нафтогазовій галузі [1]. Особливо гостро ця проблема проявляється в умовах високого тиску та високої температури (НРНТ – High Pressure High Temperature), де температура перевищує 150°C, а тиск сягає понад 69 МПа.

Корозійні процеси в нафтогазовому обладнанні можна класифікувати за кількома критеріями. За механізмом перебігу виділяють електрохімічну корозію, яка домінує у водних середовищах та становить найбільшу загрозу для обладнання свердловин, та хімічну корозію, що відбувається в безводних агресивних середовищах при високих температурах [2]. За характером руйнування розрізняють суцільну (рівномірну) корозію та місцеву (локальну) корозію, причому остання є особливо небезпечною, оскільки може призвести до раптового виходу обладнання з ладу.

У нафтогазовій промисловості найпоширенішими є такі види корозії: вуглекисла корозія (CO₂-корозія), що виникає при розчиненні вуглекислого газу у пластовій воді; сірководнева корозія (H₂S-корозія), яка призводить до водневого окрихчування металу; киснева корозія (O₂-корозія), особливо інтенсивна в присутності хлоридів; та мікробіологічна корозія, спричинена життєдіяльністю сульфатредукуючих бактерій [3].

В умовах НРНТ корозійні процеси значно прискорюються внаслідок підвищення кінетики хімічних реакцій, зміни розчинності газів у воді, зростання агресивності середовища та зниження ефективності традиційних методів захисту. При температурах понад 150°C багато стандартних інгібіторів корозії втрачають свою ефективність через термічну деградацію [4].

Для боротьби з корозією в нафтогазовому обладнанні застосовують комплексний підхід, що включає використання корозійностійких матеріалів (нержавіючі сталі, сплави на основі нікелю), нанесення захисних покриттів (полімерні, металеві, композитні), застосування інгібіторів корозії та електрохімічний захист (катодний та анодний) [5]. Проте жоден з цих методів не є універсальним, особливо в екстремальних умовах НРНТ.

Сучасні підходи до розробки ефективних систем захисту від корозії включають комп'ютерне моделювання корозійних процесів, використання квантово-хімічних розрахунків для прогнозування ефективності інгібіторів та застосування алгоритмів оптимізації для підбору оптимальних композицій захисних речовин [6]. Особливої уваги заслуговує використання методів диференціальної еволюції (DEoptim) для багатопараметричної оптимізації складу інгібіторів з урахуванням множинних критеріїв: ефективності захисту, термічної стабільності, екологічної прийнятності та економічної доцільності [7].

Перспективним напрямком є розробка інгібіторів корозії нового покоління, які б ефективно працювали в умовах НРНТ. До таких належать полімерні інгібітори з покращеними плівкоутворюючими властивостями, композиції на основі біогенних

амінокислот, наноструктуровані інгібітори з контрольованим вивільненням активних речовин та синергетичні композиції, що поєднують кілька механізмів захисту.

Висновки. Проведений аналіз показує, що корозія обладнання в умовах НРНТ залишається складною багатофакторною проблемою, яка потребує комплексного підходу до вирішення. Класифікація корозійних процесів за різними критеріями дозволяє краще зрозуміти механізми руйнування та обрати відповідні методи захисту. Подальші дослідження будуть зосереджені на розробці та оптимізації інгібіторів корозії для екстремальних умов експлуатації нафтогазового обладнання з використанням сучасних методів комп'ютерного моделювання та алгоритмів оптимізації.

Список використаних джерел:

1. Koch, G., Varney, J., Thompson, N., Moghissi, O., Gould, M., & Payer, J. (2016). International Measures of Prevention, Application, and Economics of Corrosion Technologies Study. NACE International, 216 p.
2. Revie, R.W., & Uhlig, H.H. (2008). Corrosion and Corrosion Control: An Introduction to Corrosion Science and Engineering (4th ed.). Wiley-Interscience, 490 p.
3. Popoola, L.T., Grema, A.S., Latinwo, G.K., Gutti, B., & Balogun, A.S. (2013). Corrosion problems during oil and gas production and its mitigation. International Journal of Industrial Chemistry, 4(1), 35. DOI: <https://doi.org/10.1186/2228-5547-4-35>
4. Askari, M., Aliofkhazraei, M., Ghaffari, S., & Hajizadeh, A. (2018). Film former corrosion inhibitors for oil and gas pipelines - A technical review. Journal of Natural Gas Science and Engineering, 58, 92-114. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jngse.2018.07.025>
5. Grassino, A.N., Halambek, J., Djaković, S., Rimac Brnčić, S., Dent, M., & Grabarić, Z. (2020). Utilization of tomato peel waste from canning industry as a potential source for pectin production and application as tin corrosion inhibitor. Food Hydrocolloids, 52, 265-274. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2015.06.020>
6. Verma, C., Ebenso, E.E., Bahadur, I., & Quraishi, M.A. (2018). An overview on plant extracts as environmental sustainable and green corrosion inhibitors for metals and alloys in aggressive corrosive media. Journal of Molecular Liquids, 266, 577-590. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.molliq.2018.06.110>
7. Грицанчук, А.В., & Григоришин, В.В. (2025). Оптимізація використання інгібіторів корозії при НРНТ з використанням алгоритмів DEoptim. Матеріали XXIV Міжнародної науково-практичної конференції «Нафтогазова енергетика», С. 220.

Дмитрук О. І., аспірант спеціальності 185 Нафтогазова інженерія та технології
Науковий керівник: Пашенко О.А., к.т.н., доцент кафедри НГІБ
(Національний технічний університет «Дніпровська політехніка», м.Дніпро, Україна)

ЗАСТОСУВАННЯ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ В МОДЕЛЮВАННІ ДИНАМІКИ РУЙНУВАННЯ ГІРСЬКИХ ПОРІД

Процес руйнування гірських порід є фундаментальним явищем у геотехніці, гірничій справі та інженерній геології, де воно визначає стабільність масивів, ефективність видобутку ресурсів та ризики катастрофічних подій. Традиційні методи аналізу, базовані на механіці суцільного середовища та емпіричних моделях, часто обмежені через гетерогенність порід, нелінійність процесів та складність прогнозування динамічних ефектів. Застосування штучного інтелекту (ШІ) революціонує це поле, дозволяючи автоматизувати виявлення тріщин, прогнозувати параметри руйнування та оптимізувати моделі на основі великих даних. ШІ, зокрема глибоке навчання та нейронні мережі, інтегрує дані з акустичної емісії, комп'ютерної томографії та лабораторних тестів, забезпечуючи точність прогнозів до 95% у складних сценаріях, таких як гідророзрив пласта чи вибухові роботи. Це методологічно обґрунтовано для вивчення мікро- та макрорівневих механізмів, де класичні підходи не справляються з невизначеністю геологічних умов [1].

Теоретичні основи застосування ШІ в дослідженні руйнування базуються на комбінації механіки руйнування з алгоритмами машинного навчання, такими як конволюційні нейронні мережі (CNN) та генеративно-змагальні мережі (GAN). Ці інструменти дозволяють реконструювати тривимірні моделі порід, ідентифікувати тріщини на основі зображень та прогнозувати еволюцію деформацій під динамічними навантаженнями. Наприклад, моделі на базі ResNet та U-Net сегментують тріщини в тунельних конструкціях з точністю понад 90%, враховуючи анізотропію та нелінійність поведінки порід. У процесі гідророзриву ШІ аналізує акустичну емісію для класифікації типів тріщин (розтяг, зсув чи змішані), розрізняючи кислі та некислі модифікації, що пояснює зниження тиску ініціації на 20-30% при використанні CO₂ порівняно з водними розчинами [2].

Експериментальні дослідження демонструють ефективність ШІ в аналізі впливу параметрів, таких як швидкість навантаження, вологість та температура, на динаміку руйнування. За допомогою нейронних мереж на базі CNN прогнозується уніаксіальна міцність на стиснення (UCS) та модуль пружності (E) з використанням фізичних та механічних властивостей, досягаючи $R^2 > 0.90$. Інтеграція даних з рентгенівської томографії та акустичної емісії дозволяє моделям, таким як XGBoost-PSO-T, оптимізувати фрагментацію порід під вибуховими навантаженнями, враховуючи кількість заряду та геометрію, з помилкою прогнозу менше 5%. У насичених водою зразках ШІ фіксує зростання швидкості поширення тріщин на 20-30%, пояснюючи це впливом дифузії рідин на в'язкість руйнування [3].

Моделювання процесів руйнування за допомогою ШІ включає кінцево-елементний аналіз (FEM) у поєднанні з надзорованим навчанням для симуляції впливу розвантаження напружень на ковзання розломів. Алгоритми, такі як хвильові нейронні мережі, класифікують сигнали акустичної емісії для прогнозування стадій руйнування, досягаючи точності 95% у лабораторних тестах на деформацію. Для природно тріщинуватих інтерфейсів порода-бетон ШІ інтегрує дані триточкового згину з глибоким навчанням, ідентифікуючи пошкодження та еволюцію тріщин, що покращує оцінку стабільності конструкцій на 40%. У мікромасштабі ШІ прогнозує деформацію масиву,

поширення тріщин та ініціацію руйнування під динамічними умовами, заповнюючи прогалини в мультишкальному моделюванні гетерогенності [4].

Практичне застосування ІІІ охоплює тунельне будівництво, де моделі на базі ResNet оцінюють параметри порід, керують ризиками катастроф та оптимізують дизайн. У видобутку ресурсів ІІІ автоматизує виявлення тріщин у кернах, узгоджуючи з рейтингом якості породи (RMR) та підвищуючи точність класифікації рудних зон. Дослідження показують, що гібридні моделі (ANN, ANFIS, RF) перевершують традиційні методи в прогнозуванні UCS, інтегруючи закони механіки (критерії Мора-Кулонба та Хука-Брауна) для адаптивності. Оптимізовані параметри включають швидкість деформації 10-15 м/с, кут нахилу тріщин 45° та концентрацію наночастинок 0.5-1%, що знижує енергію руйнування на 25-50%.

У висновку, штучний інтелект трансформує дослідження процесів руйнування гірських порід, забезпечуючи інтеграцію даних, точне моделювання та прогнозування, що підвищує ефективність та безпеку в геотехнічних проектах. Перспективи включають розвиток метавесесвітів для ІІІ-систем рок-механіки, комбінацію з багатошкаловими моделями та адаптивними алгоритмами для складних геологічних умов.

Список використаних джерел:

1. Zhao, G.-F., & Wu, Y. (2025). Artificial intelligence in rock mechanics. *International Journal of Rock Mechanics and Mining Sciences*, 195, 106245. <https://doi.org/10.1016/j.ijrmms.2025.106245>
2. Huang, J., Song, Z., Geng, W., & Liang, Q. (2025). Machine Learning-Assisted Comparative Analysis of Fracture Propagation Mechanisms in CO₂ and Hydraulic Fracturing of Acid-Treated Tight Sandstone. *Applied Sciences*, 15(17), 9822. <https://doi.org/10.3390/app15179822>
3. Chen, J., & Tang, F. (2024). Visualized analysis of microscale rock mechanism research: A bibliometric data mining approach. *Heliyon*, 10(20), e39160. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2024.e39160>
4. Su, H., Jiang, Y., Yu, L. et al. Dynamic fracture and deformation responses of rock mass specimens containing 3D printing rough joint subjected to impact loading. *Geomech. Geophys. Geo-energ. Geo-resour.* 8, 186 (2022). <https://doi.org/10.1007/s40948-022-00501-3>.

Дригола М.А., аспірант спеціальності 185 Нафтогазової інженерії та технологія
Науковий керівник: Судаков А.К., д.т.н, професор кафедри нафтогазової
 інженерії та буріння

(Національний технічний університет «Дніпровська політехніка», м. Дніпро, Україна)

АНАЛІЗ ТЕРМОПЛАСТИЧНИХ ТА ТЕРМОРЕАКТИВНИХ МАТЕРІАЛІВ

Полімерні матеріали поділяються на термопластичні та термореактивні (реактопласти) залежно від їх поведінки при нагріванні, структури макромолекул та характеру міжмолекулярних зв'язків.

1 Термопластичні матеріали (термопласти) — це полімери, які при нагріванні розм'якшуються, а при охолодженні знову твердіють без суттєвої зміни хімічної структури. Основні представники: поліетилен (PE); поліпропілен (PP); полівінілхлорид (PVC); полістирол (PS); поліамід (РА, нейлон); полікарбонат (PC) [1-5].

Переваги термопластів: багаторазова переробка; добра ударна в'язкість; простота формування (лиття під тиском, екструзія, термоформування); зварюваність.

Недоліки: обмежена теплостійкість; схильність до повзучості; менша хімічна стійкість (порівняно з реактопластами).

Галузі застосування - пакувальна промисловість; трубопровідні системи; електротехніка; машинобудування; 3D-друк.

2 Термореактивні матеріали (реактопласти) - термореактивні полімери при нагріванні незворотно тверднуть внаслідок хімічної реакції з утворенням просторової (тривимірної) зшитиї структури. Повторне плавлення неможливе [6-10].

Основні представники реактопластів - епоксидна смола; фенолформальдегідна смола; меламіноформальдегідна смола; поліефірна смола; поліуретан.

Переваги: висока теплостійкість; висока механічна міцність; стійкість до розчинників; низька повзучість; добрі електроізоляційні властивості.

Недоліки: неможливість повторного використання (переробки); крихкість; складніша технологія формування.

Галузі застосування: композитні матеріали (склопластики, вуглепластики); електроізоляція; лакофарбові покриття; клеї; ливарні форми.

Таблиця 1

Порівняльна характеристика		
Ознака	Термопласти	Термореактивні
Поведінка при нагріванні	Розм'якшуються	Незворотно тверднуть
Структура	Лінійна	Просторово зшита
Переробка	Багаторазова	Одноразова
Теплостійкість	Низька–середня	Висока
Механічна жорсткість	Помірна	Висока
Ремонтопридатність	Висока	Низька

Молекулярні аспекти – термопласти характеризуються фізичним плавленням (перехід через температуру склування T_g або температуру плавлення T_m), реактопласти проходять стадію поліконденсації або поліаддиції з формуванням зшитиї структури. Щільність зшивки визначає жорсткість, крихкість і теплостійкість.

Сучасні тенденції: розробка біорозкладних термопластів; високотемпературні термопласти (реек, rps); реактопласти з контрольованою зшивкою; переробка термореактивних матеріалів методом хімічного рециклінгу [11-17].

Висновки

Термопласти — матеріали з оборотною термопластичністю, придатні для масового виробництва. Термореактивні полімери формують просторову сітку, що забезпечує високу міцність і теплостійкість.

Вибір матеріалу визначається умовами експлуатації, температурним режимом та механічними навантаженнями.

У сучасних технологіях дедалі ширше застосовуються композитні матеріали на основі реактопластів.

Список використаних джерел

1. Brydson, J. A. *Plastics Materials*. – Butterworth-Heinemann, 2017.
2. Strong, A. Brent. *Plastics: Materials and Processing*. – Pearson, 2006.
3. Rodriguez, F. & Pascault, J.-P. (eds.) *Thermosetting Polymers*. – CRC Press, 1993.
4. Biron, M. *Thermoplastics and Thermoplastic Composites*. – William Andrew/Elsevier, 2013.
5. Dodiuk, H.; Goodman, S. H. (eds.) *Handbook of Thermoset Plastics*. – William Andrew/Elsevier, 2013.
6. Odian, G. *Principles of Polymerization*. – Wiley, 2004.
7. Billmeyer, F. W. Jr. *Textbook of Polymer Science*. – Wiley, 1984.
8. Fried, J. R. *Polymer Science and Technology*. – Prentice Hall, 2003.
9. Harper, C. A. (ed.) *Handbook of Plastic Materials and Technology*. – McGraw-Hill, 2000.
10. Hopewell, J.; Dvorak, R.; Kosior, E. *Plastics recycling: challenges and opportunities*. *Philosophical Transactions of the Royal Society B*, 2009.
11. May, C. A. (ed.) *Epoxy Resins: Chemistry and Technology*. – Marcel Dekker, 1988.
12. Бражененко, А.М. Гошовський, С.В. Кожевников, А.О. Мартиненко, І.І. Судаков, А.К. (2007). Тампонаж гірських порід під час буріння геологорозвідувальних свердловин легкоплавкими матеріалами: Монографія. К. УкрДГРІ, 130 с.
13. Судаков, А. К., Дзюбик, А. Р., Кузін, Ю. Л., Назар, І. Б., Судакова, Д. А. (2019). Ізоляція поглинаючих горизонтів бурових свердловин термопластичними матеріалами. Монографія. Дрогобич: «Просвіт», 182с.
14. Sudakov, A.K. Khomenko, O.Ye., Isakova, M. L., & Sudakova, D.A. (2016) Concept of numerical experiment of isolation of absorptive horizons by thermoplastic materials. *Naukovyi Visnyk Natsionalnoho Hirnychoho Universytetu*. 5(155). P. 12-16. EID: 2-s2.0-85006377275.
15. Sudakov, A.K., Dreus, A.Yu., Khomenko O.Ye., & Sudakova D.A. (2017). Analytical study of heat transfer in absorptive horizons of borehole at forming cryogenic protecting of the plugging material. *Naukovyi Visnyk Natsionalnoho Hirnychoho Universytetu*, 3(159), P. 32-46. EID: 2-s2.0-85026223497
16. Sudakov, A., Dreus, A., Ratov, B. & Delikesheva, D. (2018) Theoretical bases of isolation technology for swallowing horizons using thermoplastic materials. *News of the national academy of sciences of the republic of Kazakhstan. Series of geology and technical sciences*. 2 (428), P. 72 – 80.
17. Sudakov, A., Dreus, A., Sudakova, D., & Khamininch, O. (2018). The study of melting process of the new plugging material at thermomechanical isolation technology of permeable horizons of mine opening. *E3S Web of Conferences*. 60, P. 1-10. DOI: <https://doi.org/10.1051/e3sconf/20186000027>.

Літвінов В.М., аспірант спеціальності 185 Нафтогазова інженерія та технології
Науковий керівник: Ігнатов А.О., к.т.н., доцент кафедри НГІБ

(Національний технічний університет «Дніпровська політехніка», м. Дніпро, Україна)

ПРИНЦИПИ РЕАЛІЗАЦІЇ ПРОГРЕСИВНИХ ТЕХНОЛОГІЧНИХ РІШЕНЬ У СПОРУДЖЕННІ ГЕОЛОГОРОЗВІДУВАЛЬНИХ СВЕРДЛОВИН

Геологорозвідувальне буріння є одним із базових прийомів вивчення надр і просторової структури геологічного середовища. Саме геологорозвідувальне буріння забезпечує безпосередній доступ до гірських порід на глибинах, недосяжних для поверхневих методів дослідження. На відміну від геофізичних способів вивчення надр, які дають опосередковану інформацію, буріння дозволяє отримати матеріальний зразок порід, що зберігає їхню природну будову, мінеральний склад і ознаки присутності різноманітних корисних компонентів, зокрема рудоносності.

Виключно геологорозвідувальне буріння створює можливість не лише проникнути у глибокі горизонти земної кори, а й отримати безпосередній фактичний матеріал для детального лабораторного аналізу. Найціннішим результатом геологорозвідувального буріння є kern гірських порід – циліндричний зразок породи, відібраний із свердловини з максимально збереженим природним станом. Оскільки геологорозвідувальне буріння супроводжується відбором керна, його класифікують також як колонкове. Такий спосіб передбачає використання спеціального колонкового інструменту, конструкція якого забезпечує руйнування породи по кільцевому вибою з одночасним збереженням центральної частини у вигляді суцільної циліндричної колонки. В системі розвідки родовищ корисних копалин kern виступає первинним джерелом геологічної інформації. Саме на його основі виконуються літологічні, петрографічні, мінералогічні, геохімічні, структурні та технологічні дослідження. Результати цих досліджень визначають не лише геологічну модель родовища, а й економічну доцільність його освоєння, категорію запасів, параметри підрахунку ресурсів і перспективи промислової розробки. Достовірність усієї подальшої інтерпретації геологічної інформації безпосередньо залежить від того, наскільки повно й коректно відібраний матеріал відображає реальні умови залягання порід.

Геологорозвідувальне буріння виконується в різноманітних інженерно-геологічних та гірничо-геологічних умовах – від дуже щільних кристалічних масивів до сильно тріщинуватих, пористих або зруйнованих зон. У таких умовах технологічний процес відбору зразків перетворюється на достатньо складну задачу, де поєднуються геологічні, механічні та гідродинамічні фактори. Будь-які порушення режиму буріння, невідповідність обладнання або нераціональні технологічні параметри можуть призвести до втрат інформації, які неможливо компенсувати на етапі камеральної обробки. Тут особливої уваги потребує забезпечення збереженості керна, оскільки саме його цілісність і репрезентативність визначають достовірність геологічних висновків. У тріщинуватих і нестійких породах можливі механічні руйнування, втрати окремих інтервалів або порушення природної послідовності залягання, що ускладнює інтерпретацію розрізу. Водночас у щільних і міцних масивах зростають навантаження на інструмент і вимоги до точності дотримання режимних параметрів. Таким чином, ефективність геологорозвідувального буріння визначається не лише технічною можливістю проходки свердловини, а передусім здатністю забезпечити повний і якісний відбір керна матеріалу з мінімальними втратами.

Також особливого значення набуває питання достовірності отриманих даних у контексті сучасних вимог до оцінки запасів і міжнародних стандартів звітності. Так звана інвестиційна привабливість родовища, техніко-економічні розрахунки та стратегічні

рішення щодо його розробки ґрунтуються на точності первинної геологічної інформації. Помилки на стадії відбору матеріалу здатні спричинити суттєві фінансові ризики, зниження коефіцієнта вилучення корисних компонентів або навіть хибну інтерпретацію геологічної будови об'єкта. В цьому контексті якість кернавого матеріалу набуває не лише наукового, а й економічного значення. Повнота відбору, збереження природної структури порід і коректна фіксація інтервалів залягання безпосередньо впливають на достовірність підрахунку запасів і подальше моделювання родовища. Втрата частини керна, його механічне порушення або зміщення стратиграфічної послідовності можуть призвести до перекоордування фактичних показників потужності, зокрема, рудних тіл, вмісту корисних компонентів і просторового положення продуктивних горизонтів.

Саме на етапі геологорозвідувального буріння формується інформаційна основа всіх наступних техніко-економічних рішень. Забезпечення репрезентативності та збереженості відібраного матеріалу є критичною умовою мінімізації ризиків і підвищення обґрунтованості інвестиційних та виробничих стратегій.

В теорії та практиці сучасного колонкового буріння сформувався комплекс вимог до відбору керна, що охоплює не лише технічні аспекти процесу, а й методологічні принципи забезпечення повноти та надійності геологічної інформації. Ефективна організація бурових робіт, раціоналізація технологічних режимів, застосування спеціалізованих технічних засобів і суворий контроль результатів є складовими єдиної системи забезпечення інформативності розвідувальних свердловин. Ця система передбачає узгодженість між умовами проходки, характеристиками порід і параметрами бурового породоруйнівного інструменту, що дає змогу мінімізувати втрати керна та запобігти його механічному пошкодженню. Важливим є дотримання стабільності технологічного режиму, своєчасне коригування параметрів у разі зміни геологічних умов, а також документування фактичних результатів відбору. Відбір керна розглядається як цілісний процес, у якому технічні рішення підпорядковуються головній меті – забезпеченню максимально повної, достовірної та репрезентативної інформації про геологічну будову розкритих товщ.

Мінімально допустимий вихід керна визначається не геометричними параметрами бурового інструмента, а статистичною достатністю відібраного матеріалу для надійної характеристики корисної копалини, а його величина пов'язана з мінливістю вмісту корисного компонента, ступенем неоднорідності мінералізації, текстурно-структурними особливостями порід та допустимою похибкою підрахунку запасів. Чим вища природна варіабельність рудної речовини, тим більша кількість фактично піднятого матеріалу потрібна для забезпечення репрезентативності проби. Разом із тим практичний досвід бурових робіт показує, що геометрія керна опосередковано впливає на його фактичний вихід. За інших рівних умов зі зменшення діаметра на одну стандартну ступінь спостерігається деяке зниження виходу керна, що пояснюється кількома чинниками: менший переріз керна має нижчу механічну стійкість і легше руйнується у тріщинуватих або слабо зцементованих породах; зростає відносний вплив гідродинамічного розмивання промивальною рідиною; підвищується чутливість до вібрацій і коливань бурильної колони; збільшується частка втрат у зонах дроблення та тектонічних порушень. Отже, навіть якщо мінімально допустимий вихід обґрунтовується геолого-статистичними розрахунками, його фактичне значення визначається передусім технологією буріння та параметрами бурового інструмента.

Список використаних джерел:

1. Drilling and operation of oil and gas wells in difficult conditions : monograph / O.O. Aziukovskyi, Ye.A. Koroviaka, A.O. Ihnatov; Ministry of Education and Science of Ukraine, Dnipro University of Technology. – Dnipro: Zhurfond, 2023. – 159 p.
2. Буріння свердловин: навч. посіб. / Є.А. Коровяка, В.Л. Хоменко, Ю.Л. Винников, М.О. Харченко, В.О. Расцветаєв ; М-во освіти і науки України, Нац. техн. ун-т «Дніпровська політехніка». – Дніпро: НТУ «ДП», 2021. – 294с.

3. Прогресивні технології спорудження свердловин: монографія. / Є.А. Коровяка, А.О. Ігнатов; М-во освіти і науки України, Нац. техн. ун-т «Дніпровська політехніка». - Дніпро: 2020. - 164 с.

4. Гідрогазодинамічні процеси при спорудженні та експлуатації свердловин: монографія / А.В. Павличенко, Є.А. Коровяка, А.О. Ігнатов, О.М. Давиденко; М-во освіти і науки України, Нац. техн. ун-т «Дніпровська політехніка». – Дніпро: НТУ «ДП», 2021. – 201 с.

Літвінов Я.М., аспірант спеціальності 185 Нафтогазова інженерія та технології

Науковий керівник: Ігнатов А.О., к.т.н., доцент кафедри НГІБ

(Національний технічний університет «Дніпровська політехніка», м. Дніпро, Україна)

ВДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЙ РЕМОНТУ І ВІДНОВЛЕННЯ ЕКСПЛУАТАЦІЙНИХ ВУГЛЕВОДНЕВИХ СВЕРДЛОВИН

Необхідно підкреслити, що стабільна та економічно доцільна експлуатація свердловин можлива лише за умов впровадження комплексного підходу до організації ремонтно-відновних заходів. Навіть застосування сучасного бурового обладнання та дотримання технологічної дисципліни забезпечують переважно початкові показники продуктивності. Подальша ефективність функціонування свердловини визначається системністю технологічного супроводу, своєчасністю обслуговування та здатністю оперативно відновлювати її робочі параметри в разі відхилень.

Довготривала, безпечна та максимально безаварійна робота свердловин потребує регламентованої системи технічного обслуговування, що охоплює регулярний огляд стану наземного і свердловинного обладнання, контроль технологічних режимів видобутку, аналіз причин зниження дебіту та своєчасне усунення дефектів. Особливого значення набуває прогнозування можливих відмов на основі діагностичних даних.

Рационалізація регламенту ремонтно-відновних робіт передбачає вдосконалення процедур технічної діагностики, впровадження сучасних методів неруйнівного контролю, реалізацію заходів з підтримки нормального технічного стану обладнання, а також виважене планування профілактичних заходів. Підвищення оперативності реагування на несправності, скорочення простоїв і мінімізація ризику аварійних ситуацій сприяють зростанню виробничої надійності, зменшенню експлуатаційних витрат і підвищенню загальної ефективності розробки родовищ вуглеводнів.

Приймаючи до уваги зазначені вимоги щодо гарантування надійності та керованості процесів технічного обслуговування, особливого значення набуває впровадження технологічних рішень, здатних забезпечити оперативність втручання в роботу свердловини без суттєвих простоїв і порушення режимів видобутку. Саме такі підходи формують основу сучасних інженерних концепцій у сфері ремонту й відновлення, орієнтованих на поєднання безпеки та технологічної гнучкості.

В цьому контексті окремої уваги заслуговує технологія застосування колон гнучких труб, яка відповідає вимогам безперервності процесу, герметичності та високої мобільності обладнання. Поява технологій гнучких труб стала логічним етапом розвитку методів сервісного обслуговування свердловин і відкрила нові можливості для виконання широкого спектра робіт у складних гірничо-геологічних умовах.

Впровадження колони гнучких труб (колтюбінгу) є принципово новим напрямом у сфері обслуговування існуючих та спорудження нових свердловин. Інноваційність технології полягає не лише у використанні суцільної безперервної труби замість традиційної збірної колони, а й у формуванні ефективних технічних рішень та схем обладнання, придатних для роботи в складних підземних умовах [1].

Передумови застосування довгомірних гнучких труб виникли як приклад вирішення масштабних інженерних завдань, пов'язаних із транспортуванням ресурсів на значні відстані. Згодом ідея була адаптована до потреб нафтогазової галузі, де на її основі створено спеціалізовані промислові системи. Подальший розвиток технології супроводжувався збільшенням довжини безперервних секцій, удосконаленням зварних з'єднань, підвищенням втомної міцності матеріалів і розширенням функціональних можливостей обладнання, що забезпечило виконання робіт на значних глибинах експлуатаційних свердловин і в складних геологічних умовах. З часом колтюбінг набув

широкого комерційного поширення і став невід’ємною складовою сучасних технологій ремонтно-відновлювального обслуговування свердловин у різних країнах світу.

Перевагами колон гнучких труб є забезпечення герметичності гирла свердловини, можливість виконання робіт без її глушіння, проведення спрощеної системи спуско-підймальних операцій, скорочення тривалості технологічних процесів, ефективність у горизонтальних та викривлених стовбурах, підвищення рівня промислової безпеки, а також економічна доцільність порівняно з традиційними методами. Комплекс зазначених переваг колтбінгу найбільш повно реалізується під час виконання типових операцій із ремонту та відновлення свердловин.

В сучасному вигляді колона гнучких труб – це суцільна безперервна металева труба, намотана на барабан. Під час робіт вона подається в свердловину через інжектор із тяговими гусеницями, що забезпечує контрольоване спускання й піднімання без роз’єднання на окремі секції. На гирлі встановлюється герметизуюче обладнання (превентор, лубрикатор), що дозволяє працювати під тиском.

Важливим напрямом реалізації потенціалу колтбінгових технологій у системі ремонтно-відновних робіт є забезпечення цілісності обсадних колон та відновлення їх експлуатаційної придатності. Відомо, що надійність конструкції свердловини значною мірою визначається якістю кріплення, яке передбачає спуск обсадної колони з подальшим цементуванням. Саме цей етап формує основу довготривалої та безпечної експлуатації, забезпечуючи ізоляцію продуктивних горизонтів, запобігання міжпластовим перетокам і стійкість стовбура до гірського тиску.

Попри комплексність підготовчих заходів, у процесі експлуатації можливе виникнення порушень цілісності обсадних колон, зокрема їх зминання під дією розвитку пластичних деформацій збоку стовбура свердловини [2]. Такі ускладнення супроводжуються зменшенням внутрішнього діаметра та прохідності стовбура, що ускладнює проведення подальших технологічних операцій. Для локалізації дефектної ділянки застосовують спеціальні діагностичні пристрої, зокрема печатки, які дозволяють визначити інтервал деформації та оцінити ступінь звуження внутрішнього перерізу. Використання колони гнучких труб забезпечує ефективний спуск та роботу діагностичного інструменту. Переваги печатки: простота конструкції, забезпечення точного визначення внутрішнього діаметра обсадної колони при невеликій масі самої колони гнучких труб. За результатами дослідження визначають параметри зминання та приймають рішення щодо способу ліквідації ускладнення. Окремим напрямом відновлювальних робіт є встановлення цементних мостів для забурювання нового стовбуру. Застосування гнучкої колони труб дає можливість реалізувати більш керовану технологію встановлення цементних мостів, зокрема із використанням розширюваних пробок. Принцип їх роботи ґрунтується на наявності в розрізному корпусі гумового камерного елемента, у який через колону гнучких труб подається робоча рідина. Під дією тиску відбувається розширення елемента та його щільне притискання до внутрішньої поверхні обсадної колони, що забезпечує попередню фіксацію пробки та створення умов для формування надійної цементної перемички.

Таким чином, інтеграція колтбінгових технологій у процеси діагностики, ліквідації деформацій і встановлення ізоляційних елементів суттєво підвищує технологічну керованість ремонтно-відновних робіт, зменшує тривалість простоїв і сприяє забезпеченню довготривалої експлуатаційної надійності свердловин.

Список використаних джерел

1. Прогресивні технології спорудження свердловин / Є.А. Коровяка, А.О. Ігнатов; М-во освіти і науки України, Нац. техн. ун-т «Дніпровська політехніка». Дніпро: 2020. – 164 с.
2. Основи нафтогазової інженерії / Білецький В.С., Орловський В.М., Вітрик В.Г.; НТУ «ХПІ», ХНУМГ ім. О. М. Бекетова. – Полтава: ТОВ «АСМІ», 2018. – 415 с.

Побединський Д.І., аспірант гр. 185А-24-10

Науковий керівник Судаков А.К., д.т.н., професор кафедри нафтогазової інженерії та буріння

(Національний технічний університет "Дніпровська політехніка", м. Дніпро, Україна)

ВИКОРИСТАННЯ У ВИРОБНИЦТВІ РОЗЧИННИХ В'ЯЖУЧИХ РЕЧОВИН

Розчинні в'язучі речовини є основою сучасних будівельних матеріалів та технологій. Вони забезпечують формування штучного каменю внаслідок фізико-хімічних процесів гідратації, гідролізу або кристалізації. Актуальність дослідження обумовлена зростаючими вимогами до міцності, довговічності, екологічності та енергоефективності будівельних матеріалів.

За хімічною природою розчинні в'язучі речовини поділяють на мінеральні та органічні. До мінеральних належать цемент, гіпс, вапно, магнезійні в'язучі. Органічні представлені полімерними та бітумними системами. За умовами твердіння виділяють повітряні, гідравлічні та автоклавні в'язучі [1-3].

Процес твердіння мінеральних в'язучих базується на реакціях гідратації клінкерних мінералів, утворенні гідросилікатів кальцію, гідроалюмінатів та інших фаз. Формування структури штучного каменю відбувається через стадії розчинення, пересичення, кристалізації та ущільнення.

Для гіпсових систем характерна реакція гідратації напівводного сульфату кальцію з утворенням двоводного гіпсу. Вапняні системи тверднуть шляхом карбонізації – взаємодії гідроксиду кальцію з діоксидом вуглецю.

Сировинна база виробництва включає карбонатні породи (вапняк, крейда, мергель), глинисті компоненти, гіпсовий камінь, доменні шлаки, золу-виношення ТЕС, природні пуцолани. Раціональне використання техногенних відходів сприяє зниженню собівартості та екологічного навантаження [4-6].

Виробництво портландцементу включає підготовку сировини, помел, гомогенізацію, випал клінкеру у печах обертового типу при температурі 1450 °С, охолодження та тонкий помел з гіпсом. Сучасні технології передбачають використання сухого способу виробництва з циклонними теплообмінниками.

Енергозбереження досягається за рахунок рекуперації тепла, альтернативного палива та оптимізації гранулометричного складу клінкеру.

Гіпсові в'язучі отримують шляхом термічної обробки природного гіпсу при температурі 120–180 °С. Залежно від режиму випалу формуються α - та β -напівгідрати. Контроль параметрів дегідратації визначає швидкість тужавіння та кінцеву міцність матеріалу.

Вапно отримують шляхом випалу карбонатних порід з наступним гасінням. Магнезійні в'язучі базуються на оксиді магнію та розчинах солей магнію. Вони характеризуються швидким набором міцності та високою адгезією.

Сучасні тенденції передбачають створення композиційних в'язучих із додаванням мінеральних та хімічних модифікаторів. Використання суперпластифікаторів, нанодобавок, мікрокремнезему та метаколіну дозволяє регулювати реологію, міцність та довговічність матеріалів [7-11].

Виробництво цементу є джерелом значних викидів CO₂. Перспективними напрямками є зниження клінкерного фактора, використання альтернативного палива, карбонатування та технології уловлювання CO₂.

Розробляються лужні активовані матеріали (геополімери), безклінкерні цементы, низькотемпературні в'язучі системи. Ці матеріали забезпечують зниження енерговитрат та підвищення стійкості до агресивних середовищ.

Розчинні в'язучі використовуються у виробництві бетонів, будівельних розчинів, сухих сумішей, гідроізоляційних матеріалів, реставраційних складів та спеціальних конструкцій.

Висновки. Розвиток виробництва розчинних в'язучих речовин спрямований на підвищення ефективності, екологічності та довговічності матеріалів. Комплексне використання мінеральних добавок, енергозберігаючих технологій та інноваційних підходів забезпечує конкурентоспроможність галузі та відповідає сучасним вимогам сталого розвитку.

Список використаних джерел:

1. Судаков А. К., Фем'як Я.М., Чудик І.І. Федик О. М. Щуцький В.І. Буріння свердловин на воду: навчальний посібник – Дрогобич, «Посвіт», 2022. 344 с.
2. Kozhevnikov A.A., Sudakov A.K., Dreus A.J., Lysenko, K. Ye. (2014) Study of heat transfer in cryogenic gravel filter during its transportation along a drillhole. *Naukovyi Visnyk Natsionalnoho Hirnychoho Universytetu*. v.6. p. 49–54. EID: 2-s2.0-84917692657
3. Kozhevnikov A.A., Ratov B.T., Sudakov A.K., Mostinets O.N. (2015) Experience of equipment of hydrogeological well of cryogenic-gravel filter. *Mining of mineral deposits* 9 (4), 493-499. DOI: <https://doi.org/10.15407/mining09.04.493>.
4. Hennadii Hapich, Alina Zahrytsenko, Andrii Sudakov, Artem Pavlychenko, Sergiy Yurchenko, Diana Sudakova & Iryna Chushkina (2024). Prospects of alternative water supply for the population of Ukraine during wartime and post-war reconstruction, *International Journal of Environmental Studies*. <https://doi.org/10.1080/00207233.2023.2296781>.
5. Kozhevnikov A.A., Sudakov A.K., Dreus A.J., Lysenko, K. Ye. (2014) Study of heat transfer in cryogenic gravel filter during its transportation along a drillhole. *Naukovyi Visnyk Natsionalnoho Hirnychoho Universytetu*. v.6. p. 49–54. EID: 2-s2.0-84917692657
- 6 Kozhevnikov A., Sudakov A., Dreus A. (2015). Scientific bases of innovation technology of drill-hole equipment by cryogenic-gravel filters. *Science and innovation*. 11(3). – P. 23-38. <https://doi.org/10.15407/scin11.03.023>
- 7.Umirova, G., Sudakov, A., Togasheva, A., Seksenbay, M., Daribaev, Y. (2025). Rational use and effective wastewater treatment of the Amangeldy deposit. *Proceedings of 25th International Multidisciplinary Scientific GeoConference SGEM 2025*, Volume 25, Issue 1.1 <https://doi.org/10.5593/sgem2025/1.1/s06.66>
8. Sudakov A. K., Ratov B. T., Shumov A. S., Sarbopeyeva M. D. (2025). Study of the physical and mechanical properties of biopolymer gravel composite block filters hydrogeological wells. *Mineral resources of Ukraine*. Volume 4. pp. 48-53. <https://doi.org/10.31996/mru.2025.4.48-53> (Scopus, quartile Q3)
9. Sudakov A., Shumov A., Voita M., Hanzha Y., Dmytruk O. (2026). Modeling and Analysis of Hydrodynamics in Filtration Systems. *Advances in Science and Technology*.. Vol. 172. pp. 215-225. <https://doi.org/10.4028/p-RzP6VN>
10. Sudakov A., Manshuk S., Isakova M., Narbayev M., Aliakbar M., Shumov A. (2026). Results of research into the physical and mechanical properties of biopolymer gravel composite block filters for hydrogeological wells. *Advances in Science and Technology*.. Vol. 172. pp. 226-237. <https://doi.org/10.4028/p-8G1x4s>
11. Sudakov A., Pavlychenko A., Hapich H., Isakova M, Shumov A (2025). Water supply from groundwater: new solutions for a battered-and-bruised Ukraine. *Water Supply* ws2025026. <https://doi.org/10.2166/ws.2025.026>

Ребезюк О. М., аспірант спеціальності 185 Нафтогазової інженерія та технологія
Науковий керівник: Судаков А.К., д.т.н, професор кафедри нафтогазової інженерії та буріння

(Національний технічний університет «Дніпровська політехніка», м. Дніпро, Україна)

ОГЛЯД ТЕХНОЛОГІЙ ЦЕМЕНТУВАННЯ СВЕРДЛОВИН

Цементування свердловин – ключовий етап будівництва нафтових, газових, геотермальних та водозабірних свердловин. Воно забезпечує: герметизацію затрубного простору; ізоляцію продуктивних горизонтів; запобігання міжпластовим перетокам; захист обсадних колон від корозії; підвищення довговічності конструкції свердловини.

Нижче подано систематизований огляд основних технологій.

1. Класичне одноступеневе цементування. Суть: закачування цементного розчину через обсадну колону з витісненням бурового розчину в затрубний простір. Основні елементи: цементувальна головка; нижня і верхня пробки; цементувальні агрегати; тампонажні цементы (ПЦТ, спеціальні модифіковані склади).

Переваги: простота реалізації; висока надійність; економічність.

Недоліки: ризик неповного заповнення при складній геології; труднощі контролю якості у глибоких інтервалах.

2. Двоступеневе цементування. Суть: цементування виконується у два етапи через спеціальний ступеневий муфтовий пристрій.

Застосування: великі глибини; зони поглинень; інтервали з різними градієнтами тиску.

Переваги: зменшення гідростатичного навантаження на пласт; краща ізоляція проблемних зон.

3. Легкі та полегшені цементні системи. Мета: зниження густини розчину для роботи в слабких або тріщинуватих породах.

Методи зниження густини: введення мікросфер; використання піноцементів; додавання легких наповнювачів (перліт, вермикуліт).

Переваги: мінімізація поглинень; зменшення ризику гідророзриву.

4. Тампонажні суміші спеціального призначення. Термостійкі цементы, використовуються для високотемпературних свердловин (глибокі нафтові та геотермальні). Сульфатостійкі цементы, використовуються для агресивних середовищ. Газоблокуючі цементы, запобігають газопроявам у період твердіння.

5. Технологія піно цементування. Суть: насичення цементного розчину газом (азотом або повітрям). Застосовується в зонах з низьким пластовим тиском.

Переваги: зниження густини; підвищена еластичність каменю; краща адгезія до стінок свердловини.

6. Технології ізоляційного та ремонтного цементування

- **Селективне цементування** - ізоляція конкретного інтервалу через перфораційні отвори.

- **Ліквідаційне цементування**, застосовується при ліквідації свердловин.

- **Ремонтно-ізоляційні роботи**, використовуються для усунення перетоків, водоприпливів, газопроявів.

7. Сучасні цифрові та інноваційні технології що використовуються при цементуванні свердловин: моделювання цементування (гідродинамічні симуляції); акустичний та ультразвуковий контроль якості; самозаліковуючі цементы; нанодобавки для покращення структури цементного каменю.

Світові сервісні компанії, такі як Halliburton, Schlumberger та Baker Hughes, активно впроваджують цифрові системи моніторингу цементування в режимі реального часу.

Основні проблеми цементування: газопрояви під час зашавлення; неповне витіснення бурового розчину; каналювання; утворення мікроканалів; усадка цементного каменю.

Тенденції розвитку

1. Підвищення екологічної безпеки.
2. Використання низьковуглецевих цементів.
3. Інтелектуальні системи контролю.
4. Розвиток еластичних та саморегенеруючих матеріалів.

Список використаних джерел

1. Орловський В. М. (2015). Тампонажні матеріали, що розширюються при твердінні: Монографія. Полтава: ПолтНТУ, – 129 с
2. Судаков, А. К. (2000). Технологія ізоляції зон поглинання бурових свердловин із застосуванням термопластичних матеріалів: автореф. дис. на соиск. науч. степ. канд. техн. наук: спец. 05.15.10. Дніпро.
3. Бражененко, А.М. Гошовський, С.В. Кожевников, А.О. Мартиненко, І.І. Судаков, А.К. (2007). Тампонаж гірських порід під час буріння геологорозвідувальних свердловин легкоплавкими матеріалами: Монографія. К. УкрДГРІ, 130 с.
4. Судаков, А. К., Дзюбик, А. Р., Кузін, Ю. Л., Назар, І. Б., Судакова, Д. А. (2019). Ізоляція поглинаючих горизонтів бурових свердловин термопластичними матеріалами. Монографія. Дрогобич: «Просвіт», 182с.
5. Sudakov, A.K. Khomenko, O.Ye., Isakova, M. L., & Sudakova, D.A. (2016) Concept of numerical experiment of isolation of absorptive horizons by thermoplastic materials. *Naukovyi Visnyk Natsionalnoho Hirnychoho Universytetu*. 5(155). P. 12-16. EID: 2-s2.0-85006377275.
6. Sudakov, A.K., Dreus, A.Yu., Khomenko O.Ye., & Sudakova D.A. (2017). Analytical study of heat transfer in absorptive horizons of borehole at forming cryogenic protecting of the plugging material. *Naukovyi Visnyk Natsionalnoho Hirnychoho Universytetu*, 3(159), P. 32-46. EID: 2-s2.0-85026223497
7. Sudakov, A., Dreus, A., Ratov, B. & Delikesheva, D. (2018) Theoretical bases of isolation technology for swallowing horizons using thermoplastic materials. *News of the national academy of sciences of the republic of Kazakhstan. Series of geology and technical sciences*. 2 (428), P. 72 – 80.
8. Sudakov, A., Dreus, A., Sudakova, D., & Khamininch, O. (2018). The study of melting process of the new plugging material at thermomechanical isolation technology of permeable horizons of mine opening. *E3S Web of Conferences*. 60, P. 1-10. DOI: <https://doi.org/10.1051/e3sconf/20186000027>.
9. Sudakov, A., Dreus, A., Kuzin, Y., Sudakova, D., Ratov, B., & Khomenko, O. (2019). A thermomechanical technology of borehole wall isolation using a thermoplastic composite material. *E3S Web of Conferences* 109, 00098. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/201910900098>.
10. Sudakov, A, Chudyk, I., Sudakova, D., & Dziubyk, L. (2019). Innovative isolation technology for swallowing zones by thermoplastic materials. *E3S Web of Conferences*. 123. P. 1-10. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/201912301033>.

Рибак А. В., аспірант спеціальності 185 Нафтогазова інженерія та технології
Науковий керівник: Коровяка Є.А., к.т.н., завідувач кафедри НГІБ
(Національний технічний університет «Дніпровська політехніка», м.Дніпро, Україна)

ОПТИМІЗАЦІЯ КОНСТРУКТИВНИХ ПАРАМЕТРІВ ПРИСТРОЮ ДЛЯ ГІДРОДИНАМІЧНОЇ СТИМУЛЯЦІЇ ПРИВИБІЙНОЇ ЗОНИ В ГІДРОГЕОЛОГІЧНИХ СВЕРДЛОВИНАХ

Гідродинамічна обробка привиби́йної зони в гідрогеологічних свердловинах є ефективним методом підвищення продуктивності, спрямованим на видалення забруднень, відновлення проникності та оптимізацію дебітів води. Пристрій для такої обробки включає елементи для генерації пульсуючих потоків, інжекції рідин та контролю тиску, де раціональні параметри визначаються гідрогеологічними умовами, структурою свердловини та динамікою потоку. Надмірні втрати тиску чи недостатня інтенсивність обробки можуть призводити до низької ефективності, тому обґрунтування параметрів базується на моделюванні взаємодії пристрою з пластом, враховуючи ефекти шкір-фактора, вертикального витоку та анізотропії. Аналітичні розв'язки, що враховують зберігання в свердловині та шкір-ефект, дозволяють оцінити вплив трансмісивності, сторативності та радіуса свердловини на ємність насосної системи [1].

Теоретичні основи обґрунтування параметрів ґрунтуються на рівняннях Дарсі для фільтрації та моделях вертикального потоку, де гідродинамічні параметри, такі як швидкість потоку та положення перфорованих інтервалів, впливають на ефективність циркуляції ґрунтових вод. Дослідження показують, що оптимальне положення екрану та його довжина, комбіновані з контролем потоку, підвищують ефективність очищення на 20-40%, мінімізуючи вплив шкір-фактора в зонах з низькою трансмісивністю. У частково проникаючих свердловинах часткова проникність варіюється від 0,1 до 0,9, де оптимальні значення забезпечують баланс між горизонтальним та вертикальним потоками, зменшуючи невизначеність оцінок гідравлічної провідності [2].

Експериментальні підходи включають використання пасивних методів для оцінки параметрів зони розлому, таких як частотний аналіз тискових коливань, що дає результати, подібні до традиційних тестів на прокачування. Шкір-фактор та ефекти зберігання в свердловині суттєво впливають на оцінку трансмісивності, особливо в регіонах з низькою проникністю, де вертикальний витік вимагає точного визначення для уникнення недооцінки. Оптимізація пристрою передбачає інтеграцію машинного навчання для моделювання циркуляційних свердловин, де ключові параметри, як швидкість потоку (0,5-2 м³/год) та довжина екрану (5-20 м), оптимізуються для максимальної ефективності очищення ґрунтових вод [3].

Для відновлення свердловин комбіновані ультразвукові-механічні методи дозволяють підвищити дебіт на 30-50%, де параметри пристрою, такі як частота ультразвуку (20-40 кГц) та механічна інтенсивність, адаптуються до гідрогеологічних умов. У зонах з сильним водоносним горизонтом оптимізація довжин завершення свердловин мінімізує вироблення води, з фокусом на вертикальні та горизонтальні секції для контролю інвазії. Моделювання гідророзриву в привиби́йній зоні показує, що оптимальні параметри перфорації, як глибина та кут, знижують вироблення піску, підвищуючи швидкість потоку без ризику ерозії [4].

Раціональні параметри пристрою для гідродинамічної обробки включають радіус інжекційного отвору (0,05-0,1 м), тиск інжекції (500-1000 psi) та частоту пульсацій (10-50 Гц), що забезпечують ефективне очищення від колматантів у вадозній зоні. Моделі інфільтрації в вадозній зоні демонструють вплив ненасичених параметрів, як експонента конститутивної залежності та анізотропія, на перерозподіл потоків, де оптимальна

структура пристрою максимізує об'єм перезарядки насиченого горизонту. Гібридні методи, включаючи чисельне моделювання та машинне навчання, дозволяють прогнозувати динаміку процесів, з лінійною залежністю перезарядки від часу для різних гідрогеологічних умов.

У висновку, обґрунтування раціональних параметрів пристрою вимагає комплексного аналізу гідродинамічних, геологічних та експлуатаційних факторів, з використанням аналітичних розв'язків, експериментальних тестів та оптимізаційних алгоритмів. Оптимізовані системи з урахуванням шкір-ефекту та вертикального потоку забезпечують підвищення продуктивності свердловин на 25-50%, сприяючи стійкому управлінню ґрунтовими водами.

Список використаних джерел:

1. Shandilya, R. N., Bresciani, E., Kang, P. K., & Lee, S. (2022). Influence of hydrogeological and operational parameters on well pumping capacity. *Journal of Hydrology*, 608, 127643. <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2022.127643>
2. Chen, S., Huang, Z., & Zhou, R. (2025). Influence of process parameters on the operation effectiveness of groundwater circulation well and multi-objective optimization design. *Journal of Environmental Management*, 373, 123589. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2024.123589>
3. He, G., Shi, Z., Rasmussen, T. C., & Qi, Z. (2023). Fault Zone Hydraulic Parameter Estimation by Passive Methods Using Natural Forces. *Water Resources Research*, 59(2). <https://doi.org/10.1029/2022wr033377>
4. Nemati, N., Ahangari, K., Goshtasbi, K., Shirinabadi, R., & Azadpour, M. (2025). Investigating the effect of wellbore perforation on sand production using hybrid numerical modeling in an Iranian oil field. *Scientific Reports*, 15(1). <https://doi.org/10.1038/s41598-025-04411-8>

Снігур М.В., аспірант спеціальності 184 Гірництво

Науковий керівник: Ковалевська І.А., к.т.н., професор кафедри гірничої інженерії та освіти

(Національний технічний університет «Дніпровська політехніка», м. Дніпро, Україна)

ВИВЧЕННЯ СТАНУ ГЕОМЕХАНІЧНОЇ СИСТЕМИ В РАЙОНІ СПОЛУЧЕННЯ ЛАВИ З ВИЙМКОВИМ ШТРЕКОМ

У сучасних умовах функціонування вугільної галузі України питання забезпечення стійкості підготовчих виробок при їх повторному використанні набуває особливої актуальності. В умовах скорочення кількості діючих шахт та необхідності раціонального використання матеріальних ресурсів важливим напрямом є впровадження ресурсозберігаючих технологій підтримання виймкових штреків. Особливу складність становить зона сполучення лави зі штреком, де прояви гірського тиску мають найбільш інтенсивний характер.

Метою дослідження є обґрунтування ресурсозберігаючих технологій кріплення та охорони виробки при їх повторному використанні з метою проведення багатofакторного комп'ютерного моделювання та експериментальних досліджень.

Об'єктом дослідження обрано 1006 збірний штрек шахти «Самарська» ПрАТ «ДТЕК Павлоградвугілля», розташованої у Західному Донбасі. Аналіз гірничо-геологічних умов показав наявність складної структури вуглевміщуючої товщі, тектонічних порушень, зон можливого обвалення покрівлі та обводненості порід. Порооди покрівлі й підшви характеризуються низькими міцнісними показниками та високою схильністю до пластичних деформацій, що зумовлює формування навколо виробок значних зон знеміцнення та розшарування.

У роботі узагальнено результати багаторічних експериментальних досліджень проявів гірського тиску у виймкових штреках Західного Донбасу. Оцінювання стану виробок здійснювалося за показниками зміщення контуру, зміни геометричних параметрів поперечного перерізу та деформацій елементів кріплення. Встановлено, що застосування комбінованої анкерної системи сприяє формуванню захисної армопородної плити в покрівлі штреку, що дозволяє забезпечити задовільний стан виробки після проходження лави та створює передумови для її повторного використання без проведення значних ремонтних робіт.

Для поглибленого аналізу напружено-деформованого стану системи «масив – кріплення – охоронна конструкція» розроблено геомеханічну модель з використанням методу скінченних елементів у програмному комплексі ANSYS. Модель відтворює текстуру вуглевміщуючої товщі, фізико-механічні властивості літотипів з урахуванням обводненості, тріщинуватості та реологічних ефектів. Пластичне деформування порід моделювалося білінійною діаграмою з урахуванням домежової та позамежової стадій навантаження.

Результати обчислювального експерименту показали наявність значних концентрацій вертикальних і горизонтальних напружень у покрівлі та підшві штреку, особливо в зоні «вікна» лави. За традиційної схеми підтримання з установами центрального дерев'яного стояка спостерігається розвиток напружень, що наближаються до межі текучості сталі верхняка рами, що призводить до виникнення пластичних деформацій, втрати стійкості елементів кріплення та ускладнення технологічних операцій.

Особливу увагу приділено ролі канатних анкерів у складі комбінованої анкерної системи. Встановлено, що максимальний зміцнюючий ефект досягається за умови їх роботи в розтягнутому стані з передачею стискаючих зусиль на породні шари.

Формування ефективної захисної армопородної плити відбувається при з'єднанні канатних анкерів з верхняками рам за допомогою канатних підхватів. У цьому випадку забезпечується раціональний перерозподіл навантажень між елементами системи підтримання.

Порівняльний аналіз варіантів показав, що застосування канатних підхватів дозволяє зменшити інтенсивність напружень у верхняку рами у 2,5–3 рази та запобігти розвитку пластичних деформацій. При цьому канатні анкери використовують свій несучий потенціал більш повно, а в стояках рами формується резерв міцності. Відмова від центральних дерев'яних стояків не лише не погіршує геомеханічний стан виробки, а й покращує його, одночасно спрощуючи організацію робіт та вентиляційний режим.

Практичне значення роботи полягає в обґрунтуванні ресурсозберігаючої схеми підтримання 1006 збірної штреку шахти «Самарська», яка забезпечує економію металопрокату на 15–22% та зниження трудових витрат при повторному використанні виробки. Отримані результати можуть бути використані для вдосконалення нормативних і проєктних рішень щодо підтримання виїмкових штреків у складних гірничо-геологічних умовах Західного Донбасу.

Проведений комплекс експериментальних і чисельних досліджень сформував доказову базу ефективності запропонованих технічних рішень та підтвердив доцільність впровадження комбінованої анкерної системи з канатними підхватами як перспективного напрямку ресурсозбереження у вугільних шахтах України.

Список використаних джерел:

1. Brüggemeier, F.J. (2024). *The age of coal: A history of Europe, 1750 to the present*. Oxford, United Kingdom: Oxford University Press, 384 p.
2. Flores, R.M., & Moore, T.A. (2024). *Coal and coalbed gas: Future directions and opportunities*. Amsterdam, Netherland: Elsevier, 768 p.
3. Рюк, Г. (2025). *Топ-5 вугільних держав світу: Хто обійшов Росію та Китай, і чому це важливо*. Режим доступу: <https://for-ua.com/article/1248587>
4. МІНПРОМ. (2024). *Глобальний попит на вугілля у 2025 році залишиться рекордно високим*, – МЕА. Режим доступу: <https://minprom.ua/news/315050.html>
5. Жаліло, Я. (2024). *Люди, шахти і вугілля. Чому приреченість вугільної промисловості – лиш ілюзія*. Режим доступу: <https://www.rbc.ua/rus/news/lyudi-shahti-i-vugillya-chomu-prirechenist-1718989694.html>
6. IEA. (2025). *Overview. Coal Mid-Year Update 2025*. Retrieved from <https://www.iea.org/reports/coal-mid-year-update-2025/overview>
7. THE COAL HUB. (2025). *World coal market: brief overview*. Retrieved from <https://thecoalhub.com/world-coal-market-brief-overview-179.html>
8. IEA. (2025). *Coal. Global Energy Review 2025*. Retrieved from <https://www.iea.org/reports/global-energy-review-2025/coal>
9. Global Energy Monitor. (2025). *Boom and Bust Coal 2025*. Retrieved from <https://www.iea.org/reports/global-energy-review-2025/coal>
10. Eurostat. (2025). *Coal production and consumption statistics*. Statistics Explained. Retrieved from https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php?title=Coal_production_and_consumption_statistics
11. GMK CENTER. (2025). *What is happening in the mining industry in the fourth year of the war*. Retrieved from <https://gmk.center/en/posts/what-is-happening-in-the-mining-industry-in-the-fourth-year-of-the-war/>
12. Pavlii, I. (2025). *Just transition for coal-mining communities: What is it and how does it work in wartime Ukraine?* Retrieved from <https://uwecworkgroup.info/just-transition-for-coal-mining-communities-what-is-it-and-how-does-it-work-in-wartime-ukraine/>
13. Bazaluk, O., Ashcheulova, O., Mamaikin, O., Khorolskyi, A., Lozynskyi, V., & Saik,

- P. (2022). Innovative activities in the sphere of mining process management. *Frontiers in Environmental Science*, 10, 878977. <https://doi.org/10.3389/fenvs.2022.878977>
14. Pochepov, V.M., Mamaikin, O.R., Sheka, I.V., Krukovskiy, O.P., Lapko, V.V., & Ashcheulova, O.M. (2024). Tool for management and planning of the fuel and energy complex taking into account the production potential of coal-mining enterprises. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 1415, 012045. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/1415/1/012045>
15. Nikitenko, I., Shevchenko, S., & Tereshkova, O. (2025). Mineral-resource potential of construction materials of Dnipropetrovsk region. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 1481(1), 012014. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/1481/1/012014>
16. Mazaraki, A., Melnyk, T., & Banas, D. (2025). Impact of the EU Energy Markets Transformations on the Ukrainian Economy. *Strategic Planning for Energy & the Environment*, 44(1), 133-166. <https://doi.org/10.13052/spee1048-5236.4416>
17. Bondarenko, V.I., Salieiev, I.A., Kovalevska, I.A., Vivcharenko, I.O., & Sheka, I.V. (2025). Substantiation of geomechanical principles for predicting outgassing during complex mining of mineral raw materials. *Mineral resources of Ukraine*, (3), 10–17. <https://doi.org/10.31996/mru.2025.3.10-16>
18. Bondarenko, V.I., Sheka, I.V., Khorolskyi, A.O., Salieiev, I.A., Kovalevska, I.A., & Stoliarska, O.V. (2025). Substantiation of rational parameters for composite support in mine workings. *Naukovyi Visnyk Natsionalnoho Hirnychoho Universytetu*, (3), 30–36. <https://doi.org/10.33271/nvngu/2025-1/030>
19. Haidai, O., Ruskykh, V., Ulanova, N., Prykhodko, V., Cabana, E.C., Dychkovskiy, R., & Smolinski, A. (2022). Mine field preparation and coal mining in Western Donbas: Energy security of Ukraine – A case study. *Energies*, 15(13), 4653. <https://doi.org/10.3390/en15134653>
20. Дичковський, Р.О., Шаварський, Я.Т., Саїк, П.Б., Фальштинський, В.С., Лозинський, В.Г., & Перерва, А.Ю. (2023). *Технологічні параметри концентрації процесів видобування вугілля з тонких пластів*. Дніпро, Україна: Журфонд, 112 с. ISBN 978-966-934-515-9
21. Sakhno, I.G., Molodetskyi, A.V., & Sakhno, S.V. (2018). Identification of material parameters for numerical simulation of the behavior of rocks under true triaxial conditions. *Naukovyi Visnyk Natsionalnoho Hirnychoho Universytetu*, (5), 48-53.
22. Simanovich, G., Serdiuk, V., Fomichov, V., Bondarenko, V., & Kovalevska, I. (2007). Research of rock stresses and deformations around mining workings. *Technical, Technological and Economic Aspects of Thin-Seams Coal Mining*, 47–56. <https://doi.org/10.1201/noe0415436700.ch6>
23. Sdvyzhkova, O., Dmytro, B., Moldabayev, S., Rysbekov, K., & Sarybayev, M. (2020). Mathematical modeling a stochastic variation of rock properties at an excavation design. *International Multidisciplinary Scientific GeoConference*, 20(1.2), 165–172. <https://doi.org/10.5593/sgem2020/1.2/s03.021>
24. Saik, P., Rysbekov, K., Kassymkanova, K.K., Lozynskiy, V., Kyrgyzbayeva, G., Moldabayev, S., Babets, D., & Salkynov, A. (2024). Investigation of the rock mass state in the near-wall part of the quarry and its stability management. *Frontiers in Earth Science*, 12, 1395418. <https://doi.org/10.3389/feart.2024.1395418>
25. Bondarenko, V., Kovalevs'ka, I., & Ganushevych, K. (2014). *Progressive technologies of coal, coalbed methane, and ores mining*. London, United Kingdom: CRC Press, 534 p. <https://doi.org/10.1201/b17547>
26. Bondarenko, V.I., Kovalevska, I.A., Symanovych, H.A., Sachko, R.M., & Sheka, I.V. (2023). Integrated research into the stress-strain state anomalies, formed and developed in the mass under conditions of high advance velocities of stope faces. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 1254(1), 012062. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/1254/1/012062>

27. Skipochka, S.I., Palamarchuk, T.A., & Sergienko, V.N. (2018). Geomechanical monitoring for underground mining mineral deposits. *Innovative development of resource-saving technologies for mining*, 147–167.
28. Meng, Z., Shi, X., & Li, G. (2016). Deformation, failure and permeability of coal-bearing strata during longwall mining. *Engineering Geology*, 208, 69–80. <https://doi.org/10.1016/j.enggeo.2016.04.029>
29. Xing, Y., Kulatilake, P.H.S.W., & Sandbak, L. (2019). *Rock mass stability around underground excavations in a mine: A Case Study*. London: CRC Press, 196 p. <https://doi.org/10.1201/9780429343230>
30. Хорольський, А.О., Виноградов, Ю.О., Косенко, А.В., & Чоботько, І.І. (2023). Ресурсозберігаючі способи кріплення гірничих виробок (с. 4-9). Дніпро, Україна: ЛІРА, 170 с. ISBN 978-966-981-770-9
31. Novak, A., Fesenko, E., & Pavlov, Ye. (2021). Improvement of technological processes for mining solid mineral resources. *Technology Audit and Production Reserves*, 5(1(61)), 41–45. <http://doi.org/10.15587/2706-5448.2021.240260>
32. Jangara, H., & Ozturk, C.A. (2021). Longwall top coal caving design for thick coal seam in very poor strength surrounding strata. *International Journal of Coal Science & Technology*, 8(4), 641–658. <https://doi.org/10.1007/s40789-020-00397-y>
33. Prusek, S., Rajwa, S., Wrana, A., & Krzemień, A. (2016). Assessment of roof fall risk in longwall coal mines. *International Journal of Mining, Reclamation and Environment*, 31(8), 558–574. <https://doi.org/10.1080/17480930.2016.1200897>
34. Krukovskiy, O.P., Kurnosov, S.A., Makeyev, S.Y., & Stadnychuk, M.M. (2023). Determination of the reliability of mine support equipment considering its deformation risks. *Strength of Materials*, 55(9-30), 475–483. <https://doi.org/10.1007/s11223-023-00540-5>
35. Bondarenko, V., Kovalevska, I., Husiev, O., Snihur, V., & Salieiev, I. (2019). Concept of workings reuse with application of resource-saving bolting systems. *E3S Web of Conferences*, 133, 02001. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/201913302001>
36. Bondarenko, V., Salieiev, I., Symanovych, H., Kovalevska I., & Shyshov, M. (2023). Substantiating the patterns of geomechanical factors influence on the shear parameters of the coal-overlying formation requiring degassing at high advance rates of stoping faces in the Western Donbas. *Inżynieria Mineralna*, 1(51), 23-32. <http://doi.org/10.29227/IM-2023-01-03>
37. Kovalevs'ka, I., Fomychov V., Illiashov, M., & Chervatuk, V. (2012). The formation of the finite-element model of the system “undermined massif-support of stope”. *Geomechanical Processes During Underground Mining – Proceedings of the School of Underground Mining*, 83–90. <https://doi.org/10.1201/b13157-14>
38. Bondarenko, V., Kovalevska, I., Cawood, F., Husiev, O., Snihur, V. & Jimu, D. (2021). Development and testing of an algorithm for calculating the load on support of mine workings. *Mining of Mineral Deposits*, 15(1), 1-10. <https://doi.org/10.33271/mining15.01.001>
39. Salieiev, I.A., Bondarenko, V.I., Symanovych, H.A., & Kovalevska, I.A. (2021). Development of a methodology for assessing the expediency of mine workings decommissioning based on the geomechanical factor. *Naukovyi Visnyk Natsionalnoho Hirnychoho Universytetu*, (4), 10–16. <https://doi.org/10.33271/nvngu/2021-4/010>
40. Petlovanyi, M. Mediany, V., Sai, K., Malashkevych, D., Popovych, V. (2021). Geomechanical substantiation of the parameters for coal auger mining in the protecting pillars of mine workings during thin seams development. *ARPN Journal of Engineering and Applied Sciences*, 16(15), 1572–1582.
41. Bondarenko, V., Symanovych, G., & Koval, O. (2012). The mechanism of over-coal thin-layered massif deformation of weak rocks in a longwall. *Geomechanical Processes During Underground Mining – Proceedings of the School of Underground Mining*, 41–44. <https://doi.org/10.1201/b13157-8>
42. Petlovanyi, M., Sai, K., Malashkevych, D., Popovych, V., & Khorolskyi, A. (2023). Influence of waste rock dump placement on the geomechanical state of underground mine

- workings. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 1156(1), 012007. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/1156/1/012007>
43. Symanovych, G., Ganushevych, K., & Chervatyuk, V. (2010). Researches of influence of depth of an in-seam working on displacement field of rocks in its vicinity. *New Techniques and Technologies in Mining – Proceedings of the School of Underground Mining*, 121–125. <https://doi.org/10.1201/b11329-19>
44. Krukovskiy, O., Krukovska, V., & Kostrytsia, A. (2024). Numerical study of time-dependent stresses in the floor of the stope with powered support. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 1348(1), 012030. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/1348/1/012030>
45. Kovalevska, I., Symanovych, G., & Fomychov, V. (2013). Research of stress-strain state of cracked coal-containing massif near-the-working area using finite elements technique. *Annual Scientific-Technical Collection – Mining of Mineral Deposits 2013*, 159–163. <https://doi.org/10.1201/b16354-27>
46. Bondarenko, V., Kovalevs'ka, I., & Fomychov, V. (2012). Features of carrying out experiment using finite-element method at multivariate calculation of mine massif – combined support system. *Geomechanical Processes During Underground Mining – Proceedings of the School of Underground Mining*, 7–13. <https://doi.org/10.1201/b13157-3>
47. Guo, G., Tan, T., Ma, L., Chang, S., & Zhao, K. (2022). Numerical simulation and application of transient electromagnetic detection method in mine water-bearing collapse column based on time-domain finite element method. *Applied Sciences*, 12(22), 11331. <https://doi.org/10.3390/app122211331>
48. Smoliński, A., Malashkevych, D., Petlovanyi, M., Rysbekov, K., Lozynskyi, V., & Sai, K. (2022). Research into impact of leaving waste rocks in the mined-out space on the geomechanical state of the rock mass surrounding the longwall face. *Energies*, 15(24), 9522. <https://doi.org/10.3390/en15249522>
49. Pivnyak, G., Bondarenko, V., Kovalevs'ka, I., & Illiashov, M. (2012). *Geomechanical processes during underground mining – Proceedings of the School of Underground Mining*. London, United Kingdom: CRC Press, Taylor & Francis Group, 238 p. <https://doi.org/10.1201/b13157>
50. Petlovanyi, M., Medianyuk, V., Sai, K., Malashkevych, D., & Popovych, V. (2021). Geomechanical substantiation of the parameters for coal auger mining in the protecting pillars of mine workings during thin seams development. *ARNP Journal of Engineering and Applied Sciences*, 16(15), 1572–1582.
51. Bondarenko, V.I., Kovalevska, I.A., Podkopaiev, S.V., Sheka, I.V., & Tsivka, Y.S. (2022). Substantiating arched support made of composite materials (carbon fiber-reinforced plastic) for mine workings in coal mines. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 1049, 012026. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/1049/1/012026>
52. Kovalevska, I., Zhuravkov, M., Chervatiuk, V., Husiev, O., & Snihur, V. (2019). Generalization of trends in the influence of geomechanics factors on the choice of operation modes for the fastening system in the preparatory mine workings. *Mining of Mineral Deposits*, 13(3), 1–11. <https://doi.org/10.33271/mining13.03.001>
53. Pivnyak, G., Bondarenko, V., & Kovalevska, I. (2015). *New developments in mining engineering 2015: Theoretical and practical solutions of mineral resources mining*. London, United Kingdom: CRC Press, 616 p. <https://doi.org/10.1201/b19901>
54. Бондаренко, В.І., Салєєв, І.А., Симанович, Г.А., & Ковалевська, І.А. (2024). *Прикладні задачі геомеханіки: навч. посіб.* Дніпро: ЛППрес, 516 с.
55. Булат, А.Ф., & Виноградов, В.В. (2002). *Опорно-анкерне кріплення гірничих виробок вугільних шахт*. Дніпропетровськ: ІГТМ України, 372 с.
56. Prykhodko, V., Ulanova, N., Haidai, O., & Klymenko, D. (2018). Mathematical modeling of tight roof periodical falling. *E3S Web of Conferences*, 60, 00020. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/20186000020>

57. Bondarenko, V., Kovalevska, I., Symanovych, G., Sotskov, V., & Barabash, M. (2018). Geomechanics of interference between the operation modes of mine working support elements at their loading. *Mining Science*, 25, 219-235. <https://doi.org/10.5277/msc182515>
58. Bondarenko, V., Kovalevska, I., Symanovych, H., & Husiev, O. (2023). Changes in the rock mass geomechanical properties with account of the Chaos Theory based on a computational experiment. In *15th Chaotic Modeling and Simulation International Conference* (pp. 41–52). Publisher: Springer Proceedings in Complexity. https://doi.org/10.1007/978-3-031-27082-6_4
59. Усаченко, Б.М., Чередніченко, В.П., & Головчанський, І.Є. (1990). *Геомеханіка охорони виробок в слабометаморфізованих породах*. Київ: Наукова думка, 144 с.
60. Salieiev, I., Bondarenko, V., Kovalevska, I., Malashkevych, D., & Galkov, R. (2025). Principles of mining-geological classification for maintaining mine workings in conditions of weakly metamorphosed rocks. *Mining of Mineral Deposits*, 19(1), 26–36. <https://doi.org/10.33271/mining19.01.026>
61. Bondarenko V.I., Kovalevska, I., Biletskyi, V.S., & Desna N.A. (2022). Optimization Principles Implementation in the Innovative Technologies for Reused Extraction Workings Maintenance. *Petroleum and Coal*, 64(2), 424–435.
62. Bazaluk, O., Slabyi, O., Vekeryk, V., Velychkovych, A., Ropyak, L., & Lozynskyi, V. (2021). A technology of hydrocarbon fluid production intensification by productive stratum drainage zone reaming. *Energies*, 14(12), 3514. <https://doi.org/10.3390/en14123514>
63. Bazaluk, O., Sadovenko, I., Zahrytsenko, A., Saik, P., Lozynskyi, V., & Dychkovskyi, R. (2021). Forecasting underground water dynamics within the technogenic environment of a mine field: Case study. *Sustainability*, 13(13), 7161. <https://doi.org/10.3390/su13137161>
64. Lousada, S., Delehan, S., & Khorolskyi, A. (2024). Application of dynamic programming models for improvement of technological approaches to combat negative water leakage in the underground space. *Water*, 16(14), 1952. <https://doi.org/10.3390/w16141952>
65. COY 10.1.00185790.011:2007. (2008). *Підготовчі виробки на пологих пластах. Вибір кріплення, способів і засобів охорони*. Стандарт Мінвуглепрому України. Донецьк: ДонВУГІ, 114 с.

Шипунов С. О., асистент кафедри нафтогазової інженерії та буріння

(Національний технічний університет «Дніпровська політехніка», м. Дніпро, Україна)

ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСУ ЛОКАЛЬНОГО НАВАНТАЖЕННЯ ГРАНІТУ У ПРОГРАМНОМУ КОМПЛЕКСІ ANSYS

Ефективність руйнування твердих гірських порід під час бурових робіт значною мірою визначається характером взаємодії робочих елементів бурового інструменту з матеріалом масиву. При проходці шпурів у породах підвищеної міцності найчастіше застосовується ударно-обертальна технологія буріння, що забезпечує поєднання ударного навантаження з обертальним рухом інструменту. У таких умовах значні контактні навантаження сприймають твердосплавні вставки бурових коронок, які безпосередньо контактують із поверхнею породи та формують процес її руйнування.

Для буріння гранітних масивів широко використовуються коронки типу КНШ, оснащені штирьовими вставками із твердих сплавів. Саме ці елементи визначають інтенсивність руйнування породи, швидкість проходки та довговічність бурового інструменту. У процесі роботи вставки зазнають складного навантаження, яке формується ударними імпульсами, тертям та абразивним зношуванням. Через це виникає необхідність детального дослідження механізмів контакту інструменту з породою для підвищення ефективності буріння.

Одним із підходів до аналізу локальних механічних властивостей гірських порід є інденційні випробування. У межах цього методу у поверхню зразка вдавлюється жорсткий індентор, а під час навантаження реєструється зміна прикладеної сили та глибини проникнення. Отримані залежності дозволяють визначати низку фізико-механічних характеристик матеріалу, а також оцінювати особливості процесу руйнування при локальному контакті.

Разом із тим експериментальні методи не дозволяють повною мірою дослідити внутрішні процеси, що відбуваються у матеріалі під час навантаження. Зокрема, складно визначити просторовий розподіл напружень і деформацій, а також простежити еволюцію мікротріщин у приповерхневих шарах породи. Для розв'язання цієї задачі доцільно застосовувати чисельні методи аналізу, які дають змогу моделювати поведінку матеріалу за різних умов навантаження.

У даній роботі проведено дослідження процесу локального навантаження граніту за допомогою чисельного моделювання із використанням методу скінченних елементів. Розрахунки виконувалися у програмному комплексі ANSYS, який дозволяє аналізувати контактні задачі з урахуванням геометричної та матеріальної нелінійності.

Як робочий елемент застосовувалися індентори, виготовлені з твердосплавного матеріалу на основі карбіду вольфраму з кобальтовою зв'язкою. Такі матеріали широко використовуються для армування бурових коронок завдяки їх високій твердості, зносостійкості та теплостійкості. У роботі було використано індентори з приведеним діаметром контакту 1 мм та 1,7 мм, що відповідає умовам роботи реальних бурових інструментів.

Подальший аналіз виконано шляхом створення чисельної моделі взаємодії індентора із поверхнею породи. У моделі враховано контакт між інструментом і матеріалом, а також можливу нелінійну поведінку породи при зростанні навантаження. Навантаження прикладалося у вигляді поступового переміщення індентора у напрямку поверхні зразка.

Результати моделювання показали, що найбільші значення напружень виникають у зоні безпосереднього контакту інструменту з породою. У цій області формується локальна зона концентрації напружень, яка визначає початок руйнування матеріалу.

Поширення деформацій відбувається у напрямку вглиб зразка, при цьому їх інтенсивність поступово зменшується зі збільшенням відстані від точки контакту.

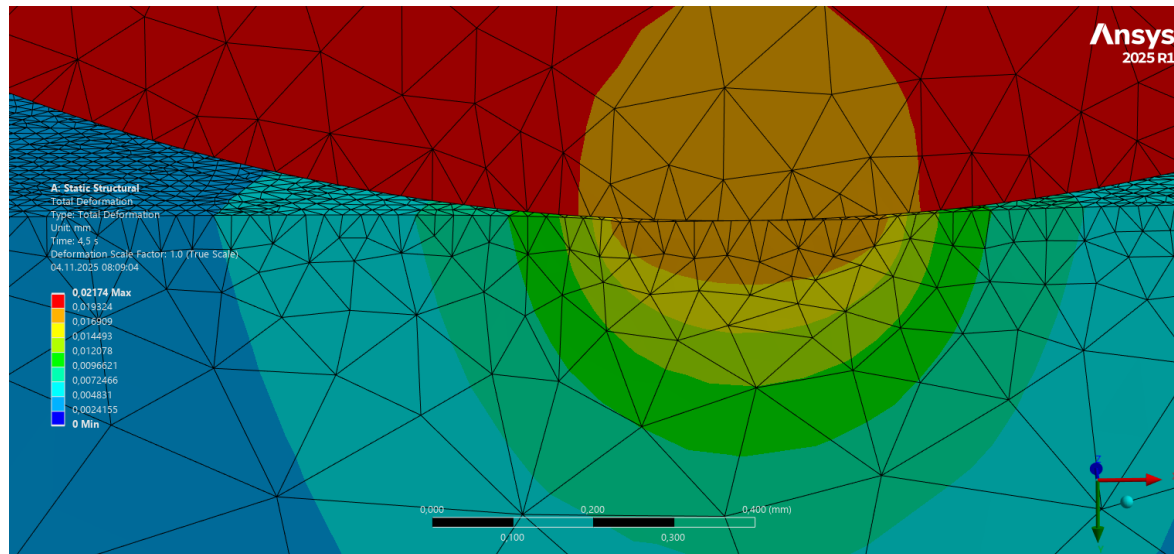


Рисунок 1. Скріншот результату моделювання визначення результату вдавнення у зоні контакту металокерамічного твердосплавного індентора з гранітом.

Проведений аналіз показав, що при локальному навантаженні граніт руйнується переважно за крихким механізмом. Після досягнення критичного рівня напружень відбувається швидке утворення та поширення тріщин, що призводить до втрати цілісності матеріалу.

Отримані результати підтверджують доцільність використання чисельного моделювання для аналізу процесів руйнування гірських порід під час буріння. Поєднання експериментальних даних із розрахунковими моделями дозволяє глибше зрозуміти механізми взаємодії бурового інструменту з породою та створює передумови для удосконалення конструкцій бурових коронки.

Практичне значення дослідження полягає у можливості використання отриманих результатів для оптимізації параметрів бурових інструментів, підвищення їх ресурсу та зменшення витрат на буріння у твердих гірських породах.

Список використаних джерел:

1. Koroviaka, Y.A., Shypunov, S.O. (2025). Improving Drilling Technology in Percussive Rotary Drilling. *Journal of Superhard Materials* Open source preview, 47(5), 408–417. <https://doi.org/10.3103/S1063457625050041>
2. Шипунов, С.О. (2024). Дослідження впливу складу твердосплавних вставок для армування породоруйнівного інструменту на межу міцності при вигині. *Збірник наукових праць НГУ*, 78, 247–254. <https://doi.org/10.33271/crpnmu/78.247>
3. Шипунов, С.О. (2025). Виробничі випробування бурової коронки нової конструкції при бурінні свердловин на кар'єрах. *Науковий вісник ДонНТУ*, №1(14), 266–273. <https://doi.org/10.31474/2415-7902-2025-1-14-266-273>

Шумов А.С., аспірант гр. 185А-22-10

Науковий керівник: Судаков А.К., д.т.н., професор кафедри нафтогазової інженерії та буріння

(Національний технічний університет «Дніпровська політехніка», м. Дніпро, Україна)

ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНА ОЦІНКА ФІЗИКО-МЕХАНІЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК БІОПОЛІМЕРНОГО ГРАВІЙНОГО КОМПОЗИТУ ДЛЯ БЛОКОВИХ ГРАВІЙНИХ ФІЛЬТРІВ БУРОВИХ СВЕРДЛОВИН

Сучасний розвиток технологій буріння та експлуатації бурових свердловин вимагає застосування матеріалів, які поєднують високу експлуатаційну надійність із екологічною безпекою. Одним із ключових елементів конструкції свердловин є фільтрувальні системи, що забезпечують механічне очищення води та стабілізацію фільтраційного потоку в привибійній зоні. Традиційні матеріали для виготовлення фільтрів (метали, кераміка, бетон, синтетичні полімери нафтохімічного походження) мають низку недоліків, серед яких складність утилізації, відсутність біорозкладності та потенційний негативний вплив на довкілля після завершення терміну служби.

У зв'язку з цим перспективним напрямом є розробка та впровадження біополімерних композиційних матеріалів, здатних забезпечити необхідні механічні та гідравлічні характеристики при одночасному зниженні екологічного навантаження. Одним із таких матеріалів є полімолочна кислота (PLA) – термопластичний біополімер рослинного походження, що характеризується достатньою міцністю, хімічною стійкістю та здатністю до біодеградації. Комбінування PLA з природним гравієм дозволяє створити біополімерний гравійний композит, у якому мінеральний наповнювач формує пористу фільтраційну структуру, а полімер виконує роль зв'язувальної матриці, забезпечуючи монолітність та керовані експлуатаційні властивості [1,2].

Метою даної роботи є комплексне дослідження фізико-механічних властивостей біополімерного гравійного композиту на основі PLA та природного гравію з метою обґрунтування можливості його використання у блокових гравійних фільтрах бурових свердловин. Основна увага приділялася вивченню впливу масової частки полімеру на міцність при стиску, водостійкість, пористість, проникність і коефіцієнт фільтрації матеріалу.

Експериментальні зразки композиту виготовлялися методом гарячого пресування. Як полімерну матрицю використовували полімолочну кислоту, а як мінеральний наповнювач – природний гравій різних фракцій. Масова частка PLA у композиції змінювалася в межах від 4 % до 16 %. Суміш полімеру та гравію попередньо нагрівали до температури 220–260 °С з метою забезпечення повного розплавлення PLA та рівномірного покриття ним поверхні мінеральних зерен. Після цього матеріал формували у вигляді кубічних та циліндричних зразків і охолоджували до кімнатної температури. Перед випробуваннями зразки витримували протягом не менше 24 годин для стабілізації структури [3].

Механічні властивості композиту оцінювалися за результатами одноосьових випробувань на стиск. Дослідження проводили як для сухих зразків, так і для зразків після витримки у водному середовищі при температурі +20 °С протягом 30–120 хвилин, що дозволило оцінити водостійкість матеріалу та вплив початкових стадій гідролітичної деградації PLA на міцність. Отримані результати показали чітку залежність межі міцності при стиску від вмісту полімеру: зі збільшенням частки PLA від 4 % до 16 % міцність композиту зростає у декілька разів. Це пояснюється формуванням більш розвиненої та суцільної полімерної матриці, яка ефективніше зв'язує зерна гравію в єдину просторову структуру [3].

Водночас встановлено, що вплив водного середовища суттєво позначається на композитах з низьким вмістом полімеру. Зразки з 4–8 % PLA після витримки у воді демонструють значне зниження міцності, що пов'язано з частковим розм'якшенням полімерної фази та початком гідролітичної деградації. Для зразків із вмістом PLA близько 16 % ці зміни є значно менш вираженими, що свідчить про підвищену водостійкість матеріалу при більшій насиченості полімерною фазою [3].

Гідравлічні властивості композиту досліджувалися шляхом визначення пористості, проникності та коефіцієнта фільтрації в лабораторних умовах. Встановлено, що зі збільшенням вмісту PLA відбувається поступове ущільнення структури матеріалу та зменшення ефективного порового простору. Так, при низькому вмісті полімеру (4–8 %) композит характеризується високою пористістю та дуже високою проникністю, що відповідає вимогам до фільтрувальних матеріалів. При вмісті PLA близько 12 % спостерігається перехід до середніх значень проникності, тоді як при 16 % структура стає майже непроникною для води, що фактично перетворює матеріал на бар'єрний [3].

Дослідження коефіцієнта фільтрації при багаторазовому пропусканні води показали, що для композитів із вмістом PLA у межах 4–12 % характерне поступове збільшення фільтраційної здатності з часом. Це явище пояснюється частковою деградацією полімерної фази та відповідним розширенням ефективного порового простору. Така поведінка може розглядатися як позитивна з точки зору тривалої експлуатації фільтрів у свердловинах, оскільки забезпечує збереження або навіть покращення їх фільтраційних характеристик у процесі роботи. Натомість зразки з 16 % PLA практично не пропускають воду, що обмежує можливість їх використання як фільтрувального матеріалу, але може бути корисним для створення тимчасових ізолюючих або герметизуючих елементів.

Висновки

1. Оптимальним діапазоном вмісту PLA у композиті є 8–12 %, за якого досягається раціональний баланс між механічною міцністю, стабільністю у воді та необхідними гідравлічними характеристиками. Саме такі композиції можна розглядати як перспективні для виготовлення блокових біополімерних гравійних фільтрів, призначених для використання у бурових свердловинах.

2. Отримані результати підтверджують доцільність застосування біополімерного гравійного композиту на основі PLA як екологічно безпечної альтернативи традиційним фільтрувальним матеріалам. Подальші дослідження доцільно спрямувати на вивчення довготривалої деградації матеріалу в реальних гідрогеологічних умовах, впливу температурних і гідродинамічних факторів, а також на оптимізацію технології виготовлення фільтрувальних елементів для промислового впровадження.

Список використаних джерел:

1. Судаков, А.К., Шумов, А.С. (2025). Інноваційне в'язуче блокових гравійних фільтрів глибоких експлуатаційних свердловин. Науковий вісник ДонНТУ, (1), 246–254. <https://doi.org/10.31474/2415-7902-2025-1-14-246-254>
2. Судаков, А.К., Дреус, А.Ю., Гапич, Г.В., Шумов, А.С. (2025). Технологія обладнання бурових свердловин біорозчинними блоковими гравійними фільтрами. Інструментальне матеріалознавство: Зб. наук. праць ІНМ ім. В.М. Бакуля, 28, 28-39.
3. Судаков, А. К., Ратов, Б. Т., Шумов, А. С., & Сарбопеева, М. Д. (2025). Дослідження фізико-механічних властивостей біополімерного гравійного композиту блокових фільтрів гідрогеологічних свердловин. Мінеральні ресурси України, (4), 48-53. <https://doi.org/10.31996/mru.2025.4.48-53>

Яшин Д.О., аспірант кафедри нафтогазової інженерії та буріння

Науковий керівник: Расцветаєв В.О., к.т.н., доцент кафедри нафтогазової інженерії та буріння

(Національний технічний університет «Дніпровська політехніка», м. Дніпро, Україна)

КОМПЛЕКСНА ОЦІНКА ТЕХНІЧНОГО СТАНУ МАГІСТРАЛЬНОГО ГАЗОПРОВОДУ ПРИ ПЕРЕТИНІ ЗАЛІЗНИЧНОЇ КОЛІЇ

Безпечна та надійна експлуатація магістральних газопроводів є ключовою передумовою сталого (безвідмовного, безаварійного, надійного) функціонування газотранспортної системи України та забезпечення національної енергетичної безпеки [1-7].

Ділянки трубопроводів, що перетинають залізничну інфраструктуру є одними з найбільш відповідальних частин об'єкту підвищеної небезпеки через виникнення додаткових статичних та динамічних навантажень, складні інженерно-геологічні умови, що спричиняє високі ризики із значними наслідками у разі аварії.

Метою дослідження була комплексна оцінка технічного стану магістрального газопроводу DN 1220 мм Шебелинка–Диканька–Київ з визначенням можливості подальшої безпечної експлуатації без зниження робочого тиску (до 5,4 МПа).

Переїзд належить до споруд, до яких висуваються підвищені або специфічні вимогам нормативних документів (НД) щодо глибини залягання, параметрів захисної конструкції, стану ізоляції та періодичності технічної діагностики. Технічна оцінка була проведена відповідно до вимог чинної нормативно-технічної документації та включала земляні роботи (пробні шурфи № 1 та № 2), візуальний контроль, вимірювання товщини стінки, дослідження зварних швів, оцінку стану ізоляційного покриття та оцінку ефективності катодного захисту.

Інструментальні вимірювання підтвердили, що несуча здатність металу труби та зварних з'єднань відповідає нормативним вимогам; мінімальна зафіксована товщина стінки складала 14,40 мм, що не є нижче розрахункових та допустимих меж (Рис. 1).



Рисунок 1. Інструментальні дослідження стану трубопровідної конструкції

Вимірювання поляризаційного потенціалу («труба-грунт» та потенціал захисного футляру) знаходилися в допустимих межах, що підтверджує експлуатаційну ефективність системи електрохімічного захисту від корозії. Водночас, було виявлено кілька невідповідностей, зокрема відхилення глибини залягання, недостатня довжина виходу захисного кожуха за вісь залізниці, локальні дефекти ізоляції та неприпустимі дефекти кільцевого зварного шва. Виявлені дефекти зварних швів пропонується усунути шляхом встановлення сталеві зварної підсилюючої муфти, з метою відновлення несучої

здатності та цілісності конструкції без переривання роботи трубопроводу. Хоча переїзд наразі перебуває в працездатному стані та може продовжувати експлуатацію без зниження проектного тиску, але подальша безпечна експлуатація переходу вимагає його планового ремонту для усунення виявлених відхилень та забезпечення повної відповідності нормативним вимогам.

Рекомендовані заходи включають відновлення нормативної глибини залягання, приведення конструкції захисного футляру у відповідність до вимог чинних НД, усунення дефектів ізоляції та посилений моніторинг зварних з'єднань та систем захисту від корозії. Регулярний моніторинг стану, що охоплює цілісність ізоляції, якість зварних швів, товщину стінок та параметри катодного захисту, є важливим для запобігання прогресуючому погіршенню стану та мінімізації ймовірності виникнення аварійних ситуацій. Результати дослідження забезпечують практичну основу для планування технічного обслуговування, управління ризиками, підвищення надійності та здійснення прогнозування технічного стану аналогічних переходів магістральних газопроводів через залізницю.

Впровадження запропонованих інженерних та профілактичних заходів підвищить експлуатаційну надійність, зменшить вплив зовнішніх статичних та динамічних навантажень та забезпечить довгострокову безпечну експлуатацію газотранспортної інфраструктури.

Список використаних джерел:

1. Pashchenko, O., Aziukovskyi, O., Rastsvietaiev, V., & Zabolotna, Yu. (2025). Construction and operation of main pipelines in complex geodetic conditions using horizontal directional drilling. *Geo-Technical Mechanics*, 172, 76–85. <https://doi.org/10.15407/geotm2025.172.076>
2. Заболотна, Ю.О., Азюковський, О.О., Расцветаев, В.О., Кучин, О.С., Бабенко, М.В. (2025). Концепція застосування сучасних геодезичних методів при проектуванні та спорудженні перетинів магістральних трубопроводів із залізничними коліями. *Збірник наукових праць НГУ*, 81, 209–221. <https://doi.org/10.33271/crpnmu/81.209>
3. Расцветаев, В.О., Азюковський, О.О., Заболотна, Ю.О., Яшин, Д.О., Бабенко, М.В. (2025). Оцінювання технічного стану переходу магістрального газопроводу «Шебелинка–Диканька–Київ» через залізничну колію. *Збірник наукових праць НГУ*, 83, 324–337. <https://doi.org/10.33271/crpnmu/83.324>
4. Расцветаев, В.О., Азюковський, О.О., Бабенко, М.В., Васильченко, Д.О. (2025). Шляхи коригування взаємодією елементів газоперекачувальних агрегатів магістральних трубопроводів для покращення їх ефективності в умовах температурних коливань. *Науковий вісник ДонНТУ*, 1(14), 185–200. <https://doi.org/10.31474/2415-7902-2025-1-14-185-200>
5. Rastsvietaiev, V., & Vasylchenko, D. (2025). Technological and Energy Advantages of Induction Heating in Oil Transportation Systems by Pipelines. *Coll.res.pap.nat.min.univ.* 82, 246–257. <https://doi.org/10.33271/crpnmu/82.246>
6. Расцветаев, В.О., Азюковський, О.О., Пашченко, О.А., Бабенко, М.В., Васильченко, Д.О. (2025). Термодинамічні та кінетичні аспекти формування газогідратів у магістральних трубопроводах. *Вісті Донецького гірничого інституту*, 2(57), 7-14. <https://jdm.donntu.edu.ua/arkhiv-zbirky/>
7. Rastsvietaiev, V.O., Haddad, J., Aziukovskyi, O.O., Pashchenko, O.A., Babenko, M.V., & Vasylchenko, D.O. (2026). Development and Evaluation of Combined Methods for Cleaning Paraffin Wax Deposits in Pipelines Oil and Gas Industry. *Naukovyi Visnyk Natsionalnoho Hirnychoho Universytetu*, (1), 50-57. <https://doi.org/10.33271/nvngu/2026-1/050>.

УДК 622.794.4:622'15

Петелька А.В., аспірант спеціальності 184 Гірництво

Науковий керівник: Скляр Л.В., к.т.н., доцент кафедри збагачення корисних копалин і хімії

(Криворізький національний університет, м. Кривий Ріг, Україна)

ПОРІВНЯЛЬНИЙ АНАЛІЗ МОДЕЛЕЙ МАШИННОГО НАВЧАННЯ ДЛЯ ПРОГНОЗУВАННЯ ВОЛОГОСТІ МАГНЕТИТОВОГО КОНЦЕНТРАТУ НА КЕРАМІЧНИХ ФІЛЬТРАХ

У сучасних умовах розвитку металургії ключового значення набуває впровадження ресурсозберігаючих та енергоефективних технологій, зокрема технології прямого відновлення заліза (DRI), яка вимагає використання високоякісних DR-обкотишів зі стабільними показниками фізичних та хімічних характеристик. Виробництво таких концентратів супроводжується інтенсивним розкриттям зростків і зменшенням середньої крупності частинок, що ускладнює процес зневоднення тонкоподрібнених матеріалів та забезпечення вологості в діапазоні 8,2–9,5%.

Метою роботи є розробка математичної моделі прогнозування та управління процесом фільтрації магнетитового концентрату та визначення оптимальних технологічних параметрів роботи керамічних дискових вакуум-фільтрів КДФ-90. Експериментальні дослідження проведено на промислових фільтрах КДФ-90 ПРАТ «ЦГЗК».

Досліджувалась пульпа магнетитового концентрату з масовою часткою заліза загального 68,72–71,03% (середнє $69,84 \pm 0,49\%$), вмістом класу $-0,040$ мм 92,50–97,90% (середнє $95,13 \pm 1,14\%$), щільністю живлення 1676–2083 г/л (середнє 1888 ± 113 г/л) та залишковою вологістю 8,00–10,50% (середнє $9,10 \pm 0,47\%$).

У промислових умовах зібрано 199 точок спостережень з вимірюванням масової частки заліза загального, вмісту класів $-0,056$ мм та $-0,040$ мм, щільності пульпи, товщини кека (1,50–6,90 мм), вакууму в зоні набору (0,05–0,80 бар) та сушки (0,68–0,88 бар), швидкості обертання дисків (0,60–0,80 об/хв), виробничої потужності (40–120 т/год) і часу роботи після регенерації (0,15–12,05 год).

Результати спостережень було оброблено за допомогою доступних моделей для виявлення найбільш відповідних для даного завдання. Порівняння отриманих даних та характеристик моделей що перевірялися до застосування для побудови математичної моделі процесу фільтрування наведено у Таблиці 1.

Таблиця 1

Порівняння моделей машинного навчання

Модель	R^2 тренувальна	R^2 тестова	RMSE тестова, %	MAE тестова, %
Gradient Boosting	0,8904	0,4091	0,4078	0,3380
Random Forest	0,8849	0,4084	0,4080	0,3367
Extra Trees	0,9644	0,3884	0,4148	0,3346
Lasso Regression	0,4603	0,1988	0,4748	0,3912
ElasticNet	0,4648	0,1944	0,4761	0,3912
Ridge Regression	0,4694	0,1848	0,4789	0,3918
Linear Regression	0,5387	0,1205	0,4975	0,4042
SVR	0,9502	0,0736	0,5106	0,4106
Decision Tree	0,9496	0,0004	0,5304	0,4052
Neural Network	0,2285	-0,9259	0,7362	0,5874

Порівняльний аналіз десяти методів машинного навчання показав, що ансамблеві моделі забезпечують найкращу якість прогнозування залишкової вологості, тоді як лінійні моделі характеризуються низькими значеннями R^2 ($\approx 0,12-0,20$). Gradient Boosting забезпечив $R^2=0,4091$ на тестовій вибірці і перевищив середній показник лінійних моделей приблизно на 134%, тоді як Random Forest показав близький результат ($R^2=0,4084$), а моделі SVR, Decision Tree та нейронна мережа MLP виявилися непридатними через критичне перенавчання або негативне значення R^2 .

Для математичного моделювання застосовано Gradient Boosting Regressor (градієнтний бустинг) із використанням 20 ознак, що включають 10 базових технологічних параметрів і 10 комбінованих ознак, які відображають фізичні взаємодії між параметрами (співвідношення вакуумів набору та сушки, добуток товщини кека і часу після регенерації, співвідношення виробничої потужності та щільності живлення, добуток вмісту заліза загального та фракції $-0,040$ мм, співвідношення обертів та часу, добуток вакууму сушки та товщини кека, добуток щільності живлення та заліза загального, добуток готового класу і щільності живлення, квадрат товщини кека, квадрат вакууму сушки). Набір даних розділено на навчальну (80%, 159 точок) та тестову (20%, 40 точок).

Аналіз важливості ознак показав, що найбільший вплив на залишкову вологу мають вміст класу $-0,056$ мм (17,73% важливості), вакуум у зоні сушки (14,39%) та комбінований параметр добутку масової частки загального заліза та фракції $-0,040$ мм (12,51%). Включення квадратичних та комбінованих ознак (квадрат вакууму сушки, добуток товщини кека і часу після регенерації, співвідношення вакуумів тощо) дозволило підвищити якість моделі на 15–20% та врахувати нелінійні ефекти процесу фільтрації. Аналіз помилок на тестовій вибірці показав, що середня абсолютна похибка становить 0,3380%, медіана похибки – 0,2866%, максимальна абсолютна похибка – 0,9919%, причому у 75% випадків похибка прогнозу не перевищує $\pm 0,35\%$, що є прийнятним для промислових умов контролю вологості.

Незважаючи на те, що модель пояснює близько 41% варіації залишкової вологості, отримані результати підтверджують провідну роль тонких класів та вакууму сушки у процесі зневоднення магнетитових концентратів, а також демонструють доцільність застосування методу градієнтного бустингу для прогнозування технологічних показників. Практична значимість розробленої моделі полягає у можливості зменшення коливань вологості концентрату, підвищення стабільності процесу огрудкування та формуванні основи для впровадження системи автоматизованого прогнозування і контролю вологості в промислових умовах.

Список використаних джерел:

1. Білецький В. С., Олійник Т. А., Смирнов В. О., Скляр Л. В. Техніка та технологія збагачення корисних копалин. Частина 3. Заклучні процеси. Кривий Ріг : Видавець ФОП Чернявський Д. О., 2019. 230 с.
2. Олійник Т. А. Перспективи розвитку технологій збагачення залізних руд. Збагачення корисних копалин : Наук.-техн. зб. 2018. Вип. 69 (110). С. 32–44.
3. Araujo Jr. A. M., França S. C. A., Tavares L. M. Influence of process variables on the ceramic capillary filtration of iron ore slurries. Minerals Engineering. 2022. Vol. 182. Article 107562. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.mineng.2022.107562>
4. Liu H., You K. Optimization of dewatering process of concentrate pressure filtering by support vector regression. Scientific Reports. 2022. Vol. 12. Article 7135. DOI: <https://doi.org/10.1038/s41598-022-11259-9>
5. McCoy J. T., Auret S. Machine learning applications in minerals processing: A review. Minerals Engineering. 2019. Vol. 132. P. 95–109. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.mineng.2018.12.004>

Лівак О. В., к.т.н., доцент кафедри матеріалознавства

(Український державний хіміко-технологічний університет УДУНТ, м. Дніпро, Україна)

Ганкевич В.Ф., к.т.н., доцент кафедри інжинірингу та дизайну в машинобудуванні

(Національний технічний університет «Дніпровська політехніка», м.Дніпро, Україна)

СИНЕРГІЗМ МЕХАНІЗМІВ ДЕГРАДАЦІЇ МАТЕРІАЛІВ В УМОВАХ ТЕРМОЦИКЛІЧНОГО НАВАНТАЖЕННЯ

Термоциклічне руйнування матеріалів являє собою один з найбільш складних та багатофакторних процесів деградації, з якими стикаються сучасні інженерія та матеріалознавство. Це явище, яке часто описується як термомеханічна втома (ТМВ), виникає внаслідок одночасного впливу на матеріал циклічних змін температури та механічних навантажень, що призводить до накопичення пошкоджень та зрештою — до втрати цілісності компонента. Коли різні ділянки елемента конструкції нагріваються або охолоджуються з різною швидкістю, виникають градієнти температур, які породжують нерівномірне теплове розширення чи стиснення. Цей процес генерує внутрішні термічні напруження, що накладаються на напруження від зовнішніх механічних сил, створюючи вкрай несприятливе навантаження. Саме тому термоциклічне руйнування визнане критичним механізмом пошкодження для широкого спектру високотемпературних застосувань, зокрема, в лопатках газових турбін, елементах двигунів внутрішнього згоряння, теплообмінниках та компонентах енергетичного обладнання [1].

Фізична сутність процесів, що відбуваються в матеріалі під час термоциклювання, надзвичайно складна і полягає у взаємодії кількох фундаментальних механізмів пошкодження: втоми, повзучості та впливу навколишнього середовища, насамперед окиснення [1, 2]. Високі температури активують дифузійні процеси, які за низьких температур є незначними. Це призводить до таких мікроструктурних змін, як рух дислокацій, коагуляція або навіть повне перетворення фаз. Наприклад, у нікелевих суперсплавах, які широко використовуються завдяки їхній винятковій міцності та стійкості до корозії, спостерігається явище "рафтингу" — спрямованої коагуляції зміцнювальної γ' -фази під впливом напружень та високої температури, що докорінно змінює механічні властивості матеріалу. Взаємодія між цими механізмами є синергічною: повзучість, що розвивається під час витримки при максимальних температурах циклу, створює мікропорожнини, особливо на границях зерен, які потім стають концентраторами напружень для втомних тріщин, тоді як крихкий оксидний шар, що утворюється на поверхні, легко розтріскується при деформації, відкриваючи шлях для проникнення кисню вглиб матеріалу та прискорюючи руйнування [3].

Ключову роль у розвитку пошкоджень відіграє фазове співвідношення між температурним та механічним циклами. Розрізняють синфазне (in-phase, IP) навантаження, коли максимум температури збігається з максимумом механічного розтягу, та протифазне (out-of-phase, OP), за якого найвища температура припадає на момент максимального стиску. Для лопатки турбіни синфазний цикл може моделювати умови біля охолоджувальних отворів, де матеріал під час високотемпературного розтягу зазнає повзучості, що вкрай негативно позначається на його довговічності. Протифазний цикл, який часто виникає в так званих "гарячих точках" на поверхні лопатки, призводить до релаксації напружень стиску при високій температурі внаслідок повзучості, а при охолодженні матеріал опиняється розтягнутим. У цьому випадку вирішальну роль відіграє крихкий оксидний шар, зруйнований при розтязі, що робить протифазне навантаження часто більш небезпечним та таким, що призводить до меншої кількості циклів до руйнування [3].

Мікроструктура матеріалу визначає його чутливість до термоциклічного руйнування. У полікристалічних матеріалах основними осередками зародження тріщин стають границі зерен, особливо в тих випадках, коли вони орієнтовані перпендикулярно до напрямку дії головних розтягувальних напружень. При високих температурах границі зерен слабшають через інтенсивні дифузійні процеси та ковзання, а проникнення кисню вздовж них додатково знижує енергію когезії, що робить їх ідеальним шляхом для розвитку тріщини. На противагу цьому, монокристалічні сплави, позбавлені границь зерен, демонструють яскраво виражену анізотропію властивостей. Їхня поведінка залежить від кристалографічної орієнтації: модуль пружності вздовж різних напрямків може відрізнятися в рази, що призводить до сильно локалізованої деформації вздовж певних кристалографічних площин та утворення смуг деформації. Ріст тріщин у таких матеріалах часто відбувається саме вздовж цих смуг, що є альтернативою до традиційного поділу на стадії I та II росту втомної тріщини. Дослідження на нержавіючій сталі 310S показали, що повторювані термічні цикли спричиняють значне спотворення кристалічної ґратки, накопичення дислокацій та рекристалізацію, що, хоча й може призвести до деякого зміцнення, супроводжується утворенням підповерхневих мікротріщин та різким зниженням пластичності [4].

Проблема термоциклічного руйнування актуальна не лише для металів, а й для теплозахисних покриттів (деградація через ріст оксидного шару TGO, спікання та термічну невідповідність шарів) та полімерних композитів (мікророзтріскування матриці, порушення міжфазного зв'язку). Попри прогрес у методах досліджень, прогнозування довговічності ускладнюється через необхідність врахування синергічних ефектів пошкодження.

Термоциклічне руйнування є результатом складної взаємодії втоми, повзучості та окиснення, де синергічний ефект значно перевищує суму окремих пошкоджень. Визначальну роль у цьому процесі відіграє фазове співвідношення температурного та механічного циклів, причому протифазна термомеханічна втома (ОР ТМВ) часто є критичнішою через крихке руйнування оксидних шарів. Опірність матеріалу залежить від його мікроструктури: границі зерен є слабкою ланкою в полікристалах, тоді як монокристалічні сплави потребують оптимізації кристалографічної орієнтації. Прогнозування довговічності виробів ускладнюється специфікою деградації гетерогенних систем, що вимагає розробки фізично обґрунтованих моделей на мікроструктурному рівні.

Список використаних джерел:

1. Moverare, J., Lancaster, R.J., Jones, J. et al. A Review of Recent Advances in the Understanding of Thermomechanical Fatigue Durability and Failure Mechanisms in Nickel-Based Superalloys. *Metall Mater Trans A* 56, 1115–1134 (2025). <https://doi.org/10.1007/s11661-025-07698-4>
2. Moverare, J., Lancaster, R. J., Jones, J., Stekovic, S., & Whittaker, M. T. (2025). A Review of Recent Advances in the Understanding of Thermomechanical Fatigue Durability and Failure Mechanisms in Nickel-Based Superalloys. *Metallurgical and Materials Transactions A*, 56(4), 1115–1134. <https://doi.org/10.1007/s11661-025-07698-4>
3. Jamshidi, Z., Hejazi, S. M., Sheikhzadeh, M., & Alirezazadeh, A. (2022). A review on critical aspects of thermal shocks and thermal cycles in fiber reinforced polymer composites. *Journal of Reinforced Plastics and Composites*, 42(13–14), 656–672. <https://doi.org/10.1177/07316844221136569>
4. Pakseresht, A., Sharifianjazi, F., Esmaeilkhani, A., Bazli, L., Reisi Nafchi, M., Bazli, M., & Kirubakaran, K. (2022). Failure mechanisms and structure tailoring of YSZ and new candidates for thermal barrier coatings: A systematic review. *Materials & Design*, 222, 111044. <https://doi.org/10.1016/j.matdes.2022.111044>

Технології машинобудування

УДК 621.7

Носов Р.О., аспірант, кафедра технологій машинобудування та матеріалознавства
Науковий керівник: Рубан В.М., к.т.н., доцент кафедри технологій машинобудування та матеріалознавства
(Національний технічний університет «Дніпровська політехніка», м. Дніпро, Україна)

ТЕХНОЛОГІЧНІ ОСОБЛИВОСТІ МЕХАНІЧНОЇ ОБРОБКИ СКЛАДНОПРОФІЛЬНИХ ДЕТАЛЕЙ З ВАЖКООБРОБЛЮВАНИХ КОНСТРУКЦІЙНИХ МАТЕРІАЛІВ

Сучасний розвиток машинобудування характеризується зростанням вимог до точності, надійності та експлуатаційних характеристик деталей, що використовуються у відповідальних галузях техніки, таких як авіаційна, енергетична та космічна промисловість. Для виготовлення таких виробів широко застосовуються важкооброблювані конструкційні матеріали, до яких належать титанові та нікелеві сплави, жароміцні сталі, нержавіючі сплави та композиційні матеріали. Вказані матеріали характеризуються високою міцністю, термостійкістю та зносостійкістю, однак їх обробка різанням супроводжується значними технологічними труднощами [1].

Однією з основних причин складності механічної обробки таких матеріалів є їх фізико-механічні властивості (табл. 1).. Зокрема, титанові та нікелеві сплави зберігають високу міцність навіть при підвищених температурах, що виникають у зоні різання. Крім того, вони характеризуються низькою теплопровідністю, що призводить до концентрації тепла безпосередньо на різальній кромці інструменту. Це спричиняє інтенсивний знос інструменту, пластичні деформації та погіршення якості обробленої поверхні [2].

Таблиця 1.

Основні характеристики важкооброблюваних конструкційних матеріалів [2]

Матеріал	Межа міцності, МПа	Твердість, HRC	Теплопровідність, Вт/(м·К)	Особливості обробки
Титанові сплави (Ti-6Al-4V)	900–1100	30–36	6–7	Низька теплопровідність, високі температури різання
Нікелеві жароміцні сплави (Inconel 718)	1000–1400	35–45	11–13	Інтенсивний знос інструменту, утворення наклепу
Нержавіючі сталі	600–900	20–35	14–16	Висока пластичність, налипання стружки

У процесі механічної обробки важкооброблюваних матеріалів значною проблемою є також виникнення різних механізмів зношування інструменту. До найбільш поширених механізмів належать абразивний, адгезійний, дифузійний та окислювальний знос. Ці явища зумовлюють швидке погіршення геометрії різального інструменту, що призводить до зниження точності обробки, шорсткості поверхні та збільшення витрат на інструментальне забезпечення виробництва [3].

Додатковим фактором, що ускладнює механічну обробку складнопрофільних деталей, є наявність великої кількості криволінійних поверхонь, внутрішніх каналів та змінної товщини стінок. Особливу складність становить виготовлення складнопрофільних та тонкостінних деталей, які широко застосовуються у сучасному машинобудуванні. До таких виробів належать корпусні деталі, оболонки, елементи турбомашин та інші просторово складні конструкції. Для них характерна невелика жорсткість, що зумовлює значні деформації під дією сил різання. У процесі

фрезерування або точіння тонкостінні елементи можуть прогинатися, що призводить до виникнення похибок форми та розмірів. Такі конструктивні особливості потребують застосування багатокоординатних верстатів з числовим програмним керуванням, які забезпечують високоточне формоутворення складних поверхонь. Використання сучасних систем ЧПК дозволяє реалізувати складні траєкторії руху інструменту, оптимізувати режими різання та підвищити стабільність технологічного процесу [4].

Суттєвою технологічною проблемою при обробці важкооброблюваних матеріалів є утворення зміцненого поверхневого шару. У процесі різання відбувається пластична деформація матеріалу, що призводить до підвищення його твердості. У результаті наступні проходи інструменту виконуються по вже зміцненій поверхні, що значно збільшує сили різання та прискорює знос інструменту. Якість поверхні, яка включає шорсткість поверхні, мікроструктурні зміни, залишкові напруження та наявність мікротріщин має відповідати вимогам конструкції. Порушення цілісності поверхні може призвести до зниження втомної міцності та довговічності деталей, особливо тих, що працюють в умовах циклічних навантажень [5].

Для підвищення ефективності механічної обробки складнопрофільних деталей з важкооброблюваних матеріалів застосовують низку технологічних заходів. До них належать використання високостійких інструментальних матеріалів (карбідів, кераміки, полікристалічного алмазу), застосування ефективних мастильно-охолоджувальних технологічних середовищ, оптимізація режимів різання та впровадження сучасних методів моделювання технологічних процесів.

Таким чином, механічна обробка складнопрофільних деталей з важкооброблюваних конструкційних матеріалів характеризується комплексом технологічних проблем, пов'язаних із високими силами різання, інтенсивним зносом інструменту, деформаціями тонкостінних елементів та погіршенням стану поверхневого шару. Вирішення цих проблем можливе шляхом комплексного застосування сучасного високоточного обладнання з ЧПК, прогресивних інструментальних матеріалів, оптимізації режимів різання та використання цифрових технологій моделювання виробничих процесів.

Список використаних джерел:

1. Jawahir I. S., Brinksmeier E., M'Saoubi R. *Surface integrity in machining of hardened steels*. Journal of Manufacturing Processes, 2020.
2. Fernández-Abia A. et al. *Tool wear and surface integrity characteristics in machining of superalloys*. CIRP Journal of Manufacturing Science and Technology, 2021.
3. Zhang Y., et al. *Research progress in machining technology of aerospace thin-walled components*. Journal of Manufacturing Processes, 2024.
4. Gao Y., Zhao X., Sun J. *On Manufacturing Process of Guided Rocket Fairing*. – J. Phys.: Conf. Ser., 2023, 2460(1):012074.
5. Xia W., Liu X., Yue C. *Deformation prediction and control of side milling of thin-walled parts based on digital twin model*. The International Journal of Advanced Manufacturing Technology, 2025.

Мазур В.А., магістр освітньо-наукової програми «Наскрізний інжиніринг машинобудівного виробництва», 131м-24н-1

Науковий керівник: Богданов О.О., к.т.н., доцент кафедри технологій машинобудування та матеріалознавства

(Національний технічний університет «Дніпровська політехніка», м. Дніпро, Україна)

АНАЛІЗ НАПРУЖЕНО-ДЕФОРМОВАНОГО СТАНУ ТОКАРНИХ РІЗЦІВ МЕТОДОМ СКІНЧЕННИХ ЕЛЕМЕНТІВ

Актуальність аналізу напружено-деформованого стану токарних різців методом скінченних елементів при механічній обробці різанням зумовлена необхідністю підвищення ефективності та надійності процесів різання конструкційних легованих сталей. У процесі точіння різець зазнає значних силових і теплових навантажень, що призводить до виникнення складного напружено-деформованого стану, інтенсивного зносу та можливого руйнування інструменту.

Використання методу скінченних елементів дозволяє детально дослідити розподіл напружень і деформацій у тілі різця, оцінити вплив режимів різання та властивостей оброблюваного матеріалу на його працездатність і обґрунтувати раціональні конструктивні параметри інструменту. Це сприяє підвищенню якості обробки та зниженню витрат на інструментальне забезпечення виробництва.

Метою досліджень є визначення та порівняльний аналіз напружено-деформованого стану токарних різців з різними матеріалами ріжучих пластин (IC8250 та T15K6) при чорновій токарній обробці сталі 20Х методом скінченних елементів (МСЕ) у середовищі SolidWorks Simulation (рис. 1), а також оцінка їх міцності, жорсткості та придатності до роботи в заданих умовах навантаження для обґрунтованого вибору ріжучого інструменту.

При моделюванні прийнято низку допущень: матеріали вважаються однорідними та ізотропними, температурний вплив та зношування різальної кромки не враховуються, а навантаження вважається статичним. Прийняті допущення є характерними для інженерних МСЕ-розрахунків і не спотворюють якісну картину напружено-деформованого стану різця [1, 2].

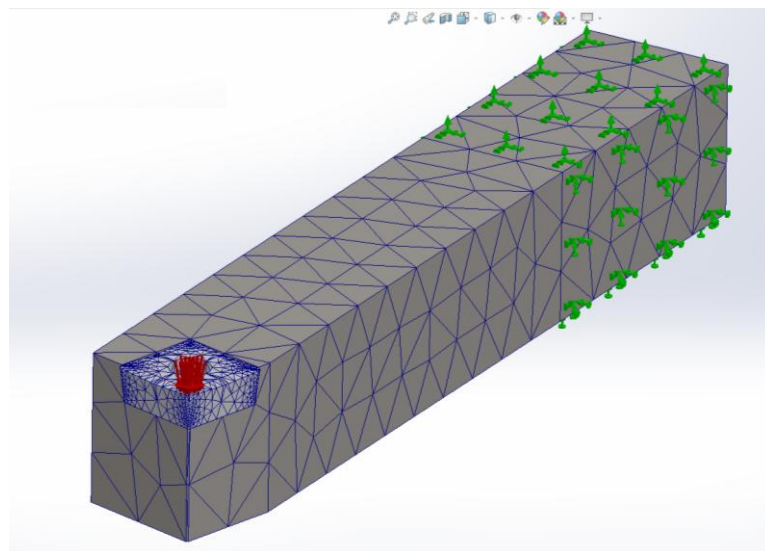


Рисунок 1 – Фіксація, навантаження та сітка SolidWorks Simulation

Епюра еквівалентних напружень за критерієм фон Мізеса показує, що максимальне напруження у моделі становить 372,5 МПа і зосереджене безпосередньо у зоні вершини ріжучої пластини – в місці контакту з оброблюваною заготовкою, куди прикладене навантаження (рис. 2). Це є фізично обґрунтованим результатом, оскільки саме вершина різця сприймає основне навантаження в процесі різання.

Додаткова концентрація напружень спостерігається також в зоні отвору під кріпильний гвинт пластини, що пояснюється геометричною концентрацією напружень у місці перерізу поперечного перерізу пластини.

Зона безпосереднього контакту пластини із заготовкою (вершина різця) перебуває під напруженням порядку 200-250 МПа (жовто-зелена зона на епюрі). Державка практично не навантажена – напруження в ній наближаються до нуля (синя зона), що підтверджує коректність прикладання навантаження та закріплення моделі.

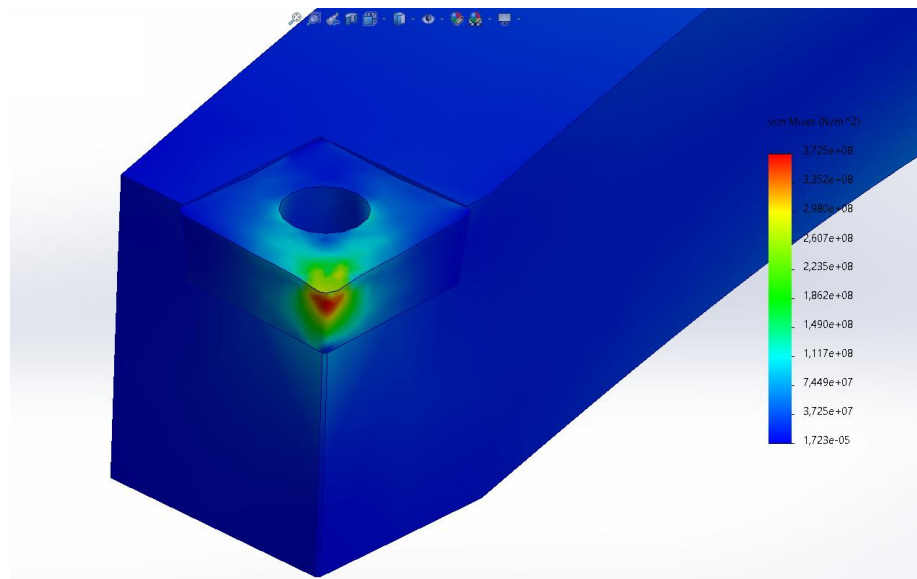


Рисунок 2 – Епюри напружень von Mises, різець ISCAR SSBCR 2020K-12

Запас міцності пластини визначається як відношення границі міцності матеріалу до максимального напруження:

$$n = \sigma_B / \sigma_{\max} = 1500 / 372,5 \approx 4,03.$$

Отриманий запас міцності є достатнім – для ріжучого інструменту зі твердого сплаву рекомендоване значення становить $n = 1,5-4,0$. Руйнування пластини за даних умов навантаження не відбувається.

В подальшому планується проведення досліджень для отримання даних з напружень, переміщень та деформацій для даного різця та різця з пластиною T15K6.

Список використаних джерел:

1. Дубенець В.Г., Хільчевський В.В., Савченко О.В. Основи методу скінченних елементів: Навчальний посібник. – Чернігів: ЧДТУ, 2007. – 288 с.
2. Овчаренко В.А., Подлесний С.В., Зінченко С.М. Основи методу кінцевих елементів і його застосування в інженерних розрахунках: Навчальний посібник. – Краматорськ: ДДМА, 2008. – 380 с.

UDC 621.9.08:621(914+941):621.454.2:004.94

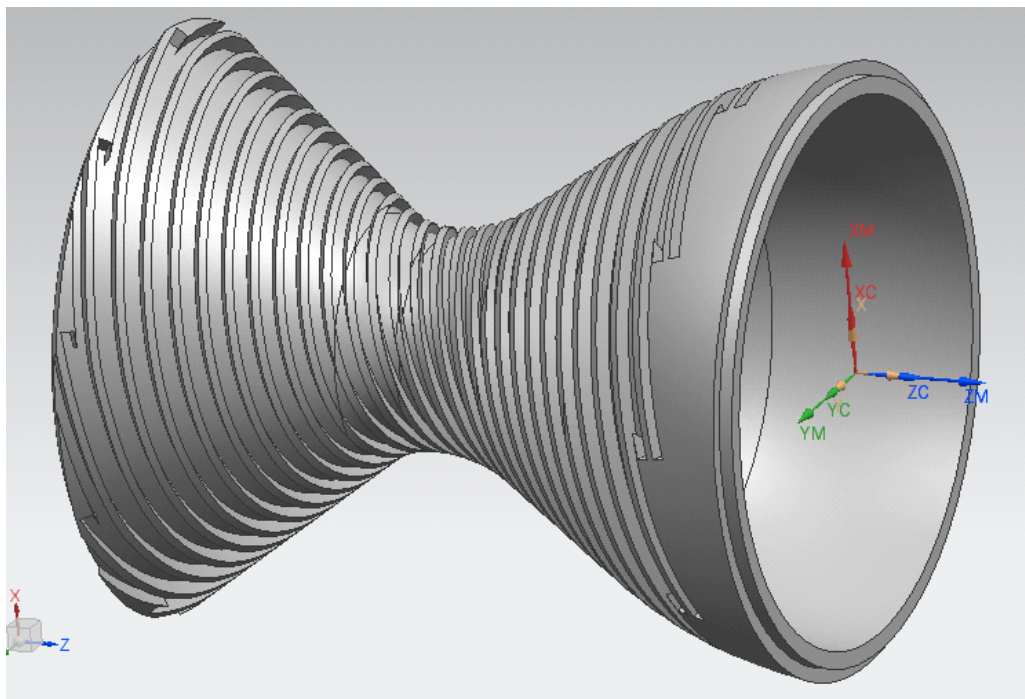
Voichyshen O., postgraduate student of specialty 131 (Engineering Technology and Materials Science, 131A-23-10

Scientific supervisor: Derbaba V.A., Candidate of Technical Sciences, Head of Department of Engineering Technology and Materials Science
(Dnipro University of Technology, Dnipro, Ukraine)

HIGHLIGHTING THE FEATURES OF LIQUID ROCKET ENGINE CASING MANUFACTURING TECHNOLOGY, TAKING INTO ACCOUNT THE MODERN CAPABILITIES OF CAD-CAM SYSTEMS, 5-AXIS CNC MACHINES, AND SPECIAL CUTTING SYSTEMS

This article describes the following scientific results:

1. For the first time, the planing process was adapted on a 5-axis CNC machine. The process of planing with a special cutting tool on a 5-axis CNC machine for machining screw surfaces of liquid engine (pic.1) housings was proposed.



Picture 1. CAD model of liquid engine shells (screw surfaces)

2. The principles of programming 5-axis CNC machines for planing using modern CAM-systems [1] have been developed for the first time.

3. A mathematical model of increasing the accuracy of the control program on a CNC machine [2] for processing the spiral surfaces of the shells of liquid rocket engines has been obtained for the first time.

4. CAM modeling of the cutting process was performed to obtain machining accuracy results.

The practical significance of the results described in the article:

1. A methodology for programming 5-axis CNC machines for machining spiral surfaces of liquid rocket engine housings by milling and planing was created and put into production.

2. The company introduced planing technology using a 5-axis CNC machine and special cutting tools.

3. A system for measuring and analyzing liquid jet engine shells was put into production.

4. A system for correcting the control program of a CNC machine was created and implemented to improve the accuracy of machining spiral surfaces of liquid rocket engine housings.

5. The cutting process has been implemented and adapted, considering special cutting tools and cutting modes while maintaining stability and productivity.

6. The post-processor and CNC machine settings have been adapted to the planing process.

Theoretical and practical achievements of the work were implemented at the following enterprises: State Enterprise “Production Association Yuzhny Machine-Building plant named after A.M. Makarov” (YUZHMAASH), State Enterprise “Yuzhnoye State Design Office named after M.K. Yangel” (YUZHNOYE SDO).

The introduction presents scientific novelty and practical significance, reveals the relevance of the study.

The main part analyzes the problems of manufacturing liquid rocket engine cases in modern production, methods of their manufacture and control, substantiates and adapts the method of modeling the planing process for machining spiral surfaces of liquid rocket engine cases. The method of programming 5-axis CNC machines for the planing process is described. A method of accuracy control in modeling the planing process is proposed.

A mathematical model for improving the accuracy of machining the screw surfaces of liquid rocket engine covers is developed, experimental studies on full-scale samples using the mathematical model are considered, methods for modeling and programming the planing process for machining the screw surfaces of liquid rocket engine covers are developed. The results of using the above methods in production are considered.

In general conclusions, recommendations for the practical use of the developed methods and results are proposed, and the results of theoretical and experimental studies are summarized.

References:

1. CAM-system URL:<https://www.autodesk.com/products/fusion-360/blog/computer-aided-manufacturing-beginners/> (date of application 25.05.2018)
2. CNC machine URL:<https://cncmachines.com/what-is-a-cnc-machine> (date of application 10.02.2014)
3. Liquid rocket engine URL:<https://www.grc.nasa.gov/www/k-12/airplane/lrockth.html> (date of application 13.05.2021)

Вахалін Є.Д., здобувач кафедри матеріалознавства

(Український державний хіміко-технологічний університет УДУНТ, м. Дніпро, Україна)

Ганкевич В.Ф., к.т.н., доцент кафедри інжинірингу та дизайну в машинобудуванні

(Національний технічний університет «Дніпровська політехніка», м.Дніпро, Україна)

СУЧАСНІ МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ ТА ПРОГНОЗУВАННЯ ТЕРМОЦИКЛІЧНОГО РУЙНУВАННЯ КОНСТРУКЦІЙНИХ МАТЕРІАЛІВ

Проблема забезпечення довговічності матеріалів та елементів конструкцій, що експлуатуються в умовах змінних температурних полів, залишається однією з найактуальніших у сучасному матеріалознавстві та інженерії. Термоциклічне руйнування, або термомеханічна втома (ТМВ), є складним багатофакторним процесом, який потребує розробки та вдосконалення методів його дослідження, кількісної оцінки та прогнозування. Складність цього завдання зумовлена необхідністю врахування взаємодії термічних напружень, механічних навантажень, повзучості матеріалу за високих температур та впливу навколишнього середовища, зокрема окиснення [1]. Як свідчать експериментальні дослідження, термоциклічне напруження призводить до суттєвого зменшення матеріалів внаслідок збільшення дефектності структури на різних структурно-масштабних рівнях – від макро- до мікрорівня [2].

Сучасний підхід до вивчення термомеханічної втоми базується на комплексному використанні експериментальних методів та математичного моделювання. Лабораторні випробування на термомеханічну втому проводяться на спеціалізованих випробувальних стендах, які дозволяють одночасно контролювати температурний цикл та механічне навантаження зразка [3]. Ключовим параметром таких випробувань є фазове співвідношення між температурним та механічним циклами. Як зазначається у фаховій літературі, за синфазного (in-phase) навантаження, коли максимум температури збігається з максимумом розтягу, переважаючим механізмом деградації стає повзучість матеріалу. Натомість за протифазного (out-of-phase) навантаження, за якого найвища температура припадає на момент максимального стиску, домінуючу роль відіграють процеси окиснення поверхні та втомне руйнування [4]. Це розмежування є принципово важливим для коректного моделювання реальних умов експлуатації деталей, наприклад, лопаток газових турбін чи елементів двигунів внутрішнього згоряння.

Паралельно з експериментальними дослідженнями активно розвиваються методи комп'ютерного моделювання процесів термоциклічного руйнування. Для прогнозування довговічності матеріалів використовуються два основних підходи: конститутивні та феноменологічні моделі. Конститутивні моделі базуються на детальному врахуванні мікроструктурних механізмів деградації матеріалу, таких як рух дислокацій, дифузійні процеси на границях зерен, кінетика росту оксидних шарів. Ці моделі є значно складнішими, проте їхнє застосування стає дедалі популярнішим завдяки вдосконаленню методів мікроскопії та глибшому розумінню фізики процесів руйнування. Феноменологічні моделі, навпаки, розглядають матеріал як "чорну скриньку" і встановлюють емпіричні залежності між параметрами навантаження (температура, напруження, кількість циклів) та моментом руйнування. Для обробки експериментальних даних при цьому широко застосовуються методи статистичного аналізу, такі як підрахунок циклів методом "дощу" (rainflow counting) та методи Монте-Карло, які дозволяють будувати криві втоми Велера (Woehler) або криві втоми зі змінною амплітудою (Gaßner) [4].

Важливим напрямком сучасних досліджень є вивчення кінетики росту втомних тріщин в умовах термоциклювання. Для цього застосовуються підходи механіки руйнування, зокрема, використання коефіцієнтів інтенсивності напружень та рівняння

Періса, яке пов'язує швидкість росту тріщини з розмахом коефіцієнта інтенсивності напружень. Однак, застосування цих методів в умовах нестаціонарних температурних полів значно ускладнюється через залежність механічних властивостей матеріалу від температури та наявності градієнтів напружень. Тому розробка скоригованих моделей, що враховують термомеханічну природу навантаження, є предметом активних наукових пошуків.

Особливу увагу в сучасних дослідженнях приділяють вивченню впливу термоциклювання на матеріали з гетерогенною структурою, зокрема на теплозахисні покриття та полімерні композиційні матеріали. Для таких систем розробляються специфічні методи випробувань, які дозволяють оцінити не лише загальну довговічність, але й стійкість міжфазних меж до термічних напружень. Незважаючи на значний прогрес у розумінні механізмів термоциклічного руйнування, досягнутий завдяки вдосконаленню методів експерименту та появі міжнародних стандартів випробувань, проблема повного та достовірного прогнозування довговічності матеріалів у реальних умовах експлуатації залишається відкритою. Її вирішення потребує подальшого вивчення складних синергічних ефектів пошкодження, розробки багаторівневих моделей руйнування та вдосконалення методів ідентифікації критичних параметрів стану матеріалу в процесі термоциклювання.

Список використаних джерел:

1. Moverare, J., Lancaster, R. J., Jones, J., Stekovic, S., & Whittaker, M. T. (2025). A Review of Recent Advances in the Understanding of Thermomechanical Fatigue Durability and Failure Mechanisms in Nickel-Based Superalloys. *Metallurgical and Materials Transactions A*, 56(4), 1115–1134. <https://doi.org/10.1007/s11661-025-07698-4>
2. Chacko, Z., Lucier, G. & Rabiei, A. Performance of composite metal foams under cyclic loading at elevated temperatures. *J Mater Sci* **60**, 19184–19203 (2025). <https://doi.org/10.1007/s10853-025-11516-y>
3. Jamshidi, Z., Hejazi, S. M., Sheikhzadeh, M., & Alirezazadeh, A. (2022). A review on critical aspects of thermal shocks and thermal cycles in fiber reinforced polymer composites. *Journal of Reinforced Plastics and Composites*, 42(13–14), 656–672. <https://doi.org/10.1177/07316844221136569>
4. Pakseresht, A., Sharifianjazi, F., Esmaeilkhani, A., Bazli, L., Reisi Nafchi, M., Bazli, M., & Kirubakaran, K. (2022). Failure mechanisms and structure tailoring of YSZ and new candidates for thermal barrier coatings: A systematic review. *Materials & Design*, 222, 111044. <https://doi.org/10.1016/j.matdes.2022.111044>

Золотаренко С.А., аспірант спеціальності 131 Прикладна механіка
Науковий керівник: Алексєєнко С.В., д.т.н., професор кафедри технологій
 машинобудування та матеріалознавства
 (Національний технічний університет «Дніпровська політехніка», м. Дніпро, Україна)

ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНЕ ВИЗНАЧЕННЯ ЧАСУ РЕВЕРБЕРАЦІЇ ЛАБОРАТОРНОГО ПРИМІЩЕННЯ ДЛЯ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ КОРЕКТНОСТІ АКУСТИЧНИХ ВИМІРЮВАНЬ

Час реверберації є одним із основних параметрів, що характеризують акустичні властивості замкнених приміщень та визначають умови поширення звукових хвиль у їх об'ємі. Цей параметр є визначальним під час проєктування концертних залів, студій звукозапису та лабораторій, у яких виконуються акустичні вимірювання [1]. Ревербераційна складова впливає на рівень звукового тиску та може спричиняти спотворення результатів інструментальних вимірювань.

У сучасних умовах підвищених вимог до точності акустичних досліджень визначення часу реверберації набуває особливої актуальності. Лабораторні приміщення, призначені для вимірювання шумових характеристик технічних систем і пристроїв, повинні забезпечувати мінімальний вплив відбитих хвиль на результати експерименту. Навіть за наявності звукопоглинального покриття акустичні умови камери визначаються її геометричними розмірами та частотною залежністю коефіцієнта поглинання матеріалу [2]. Тому для обґрунтованого використання лабораторної камери необхідно встановити частотний діапазон, у межах якого ревербераційна складова є незначною.

Метою роботи є експериментальне визначення часу реверберації лабораторної камери зі звукопоглинальним покриттям у формі пірамід та встановлення частотних меж її ефективного застосування для акустичних вимірювань.

Геометричні розміри камери становлять 4×4×3,2 м. Визначення часу реверберації передбачається виконати відповідно до положень ДСТУ EN ISO 3382-2 [3] із використанням шумоміра класу точності 1. Для формування стаціонарного звукового поля застосовується метод перерваного широкосмугового сигналу (рожевий шум). Після припинення збудження реєструється спад рівня звукового тиску в часі, за яким визначається інтервал зниження рівня на 20 або 30 дБ з подальшою екстраполяцією до 60 дБ.

Вимірювання виконуються у кількох просторово рознесених точках з подальшим усередненням результатів. Додатково здійснюється аналіз частотної залежності часу реверберації в октавних або третинооктавних смугах [4]. За результатами експерименту буде встановлено частотний діапазон, у якому значення часу реверберації є достатньо малими для забезпечення мінімального впливу відбитих хвиль на результати вимірювань. Отримані дані дозволять обґрунтувати межі застосовності лабораторного приміщення для вимірювання рівнів шуму технічних пристроїв.

Таким чином, визначення частотної залежності часу реверберації є необхідним етапом акустичної атестації лабораторної камери та забезпечує підвищення достовірності експериментальних вимірювань.

Список використаних джерел:

1. Jerlehag, C., Lee, P. J., Park, S. H., Jones, T., & Carroll, N. (2018). Acoustic environments of patient room in a typical geriatric ward. *Applied Acoustics*, 133, 186–193. <https://doi.org/10.1016/j.apacoust.2017.12.022>
2. Kuttruff, H. (2016). *Room acoustics* (6-те вид.). CRC Press.

3. ДП «Український науково-дослідний і навчальний центр проблем стандартизації, сертифікації та якості» (ДП «УкрНДНЦ»). *Акустика. Вимірювання акустичних параметрів приміщення. Частина 2. Час реверберації у звичайних приміщеннях* (ДСТУ EN ISO 3382-2:2022).

4. Svantek Sp. z o.o. (2022). *SV 971A Pocket-Size Sound Level Meter & Analyser: User Manual (Rev. 1.01)*. Warsaw, Poland.

Автомобільний транспорт

УДК 658.7:004.9

Гримало Б.В., аспірант спеціальності 184 Гірництво

Науковий керівник: Літвінова Я.В., к.т.н., доцент кафедри управління на транспорті

(Національний технічний університет «Дніпровська політехніка», м. Дніпро, Україна)

АДАПТАЦІЯ ПРОГРАМНО-АПАРАТНИХ КОМПЛЕКСІВ ТАКСІ ДЛЯ ЛОГІСТИКИ ВАНТАЖНИХ ПЕРЕВЕЗЕНЬ ОБ'ЄКТІВ КРИТИЧНОЇ ІНФРАСТРУКТУРИ

Сучасне безпекове середовище, що характеризується зростанням гібридних загроз та високоінтенсивних конфліктів, вимагає фундаментального перегляду підходів до логістичного забезпечення, особливо коли йдеться про об'єкти критичної інфраструктури. Традиційні доктрини, що спиралися на масивні, централізовані ланцюги постачання, відомі як концепція «залізних гір» (iron mountains), виявили свою критичну вразливість в умовах сучасної війни, де домінують високоточна зброя та тотальна прозорість поля бою [1]. Повномасштабне вторгнення Росії в Україну у 2022 році стало каталізатором, що прискорив відмову від жорстких ієрархічних структур на користь мережевих, децентралізованих систем, здатних до самоорганізації та швидкої адаптації [2]. У цьому контексті програмно-апаратні комплекси (ПАК), розроблені для індустрії райдхейлінгу (таксі на вимогу), такі як Uber, Uklon, Bolt та їхні вантажні аналоги (Uber Freight, Convoy), демонструють унікальний потенціал подвійного призначення. Їхня архітектура, розрахована на обробку мільйонів транзакцій у реальному часі, динамічну оптимізацію маршрутів та миттєве з'єднання попиту з пропозицією, стає технологічною основою для реалізації концепції «москітної логістики» [3]. Ця концепція передбачає заміну вразливих великих конвоїв та складів, мережею з тисяч малих транспортних засобів, що рухаються незалежно, але координуються єдиним цифровим алгоритмом.

Специфіка логістики для критичної інфраструктури (енергетика, водопостачання, охорона здоров'я) суттєво відрізняється від комерційних перевезень. Тут пріоритетом є не мінімізація вартості, а гарантія доставки, безпека вантажу та персоналу, а також дотримання суворих регламентів (HAZMAT, температурний режим).

Сфера енергетики при доставці трансформаторів, палива для генераторів та ремонтних бригад вимагає наявності транспортних засобів різної вантажопідйомності та прохідності.

Сфера охорони здоров'я при транспортуванні крові, медикаментів та процесу евакуації поранених потребує спеціалізованого транспорту та суворого контролю часу (ETA) [4].

Хімічна промисловість при перевезенні небезпечних речовин вимагає інтеграції з системами моніторингу витоків та спеціальної сертифікації водіїв [5].

Сучасні платформи райдхейлінгу (Uber, Lyft, Uklon, Bolt) – це високотехнологічні розподілені системи, здатні обробляти величезні масиви даних з мінімальною затримкою. Розуміння їхньої внутрішньої архітектури є ключем до оцінки можливості їх адаптації для критичних вантажних перевезень. Фундаментом будь-якої ride-hailing платформи є здатність швидко відповідати на запитання: «Які водії знаходяться поруч із замовленням?». Uber розробив і відкрив бібліотеку H3, яка розбиває земну поверхню на ієрархічну сітку шестикутників (гексагонів). Це дозволяє звести складні геометричні обчислення до простих операцій з індексами масивів. Для військової логістики це означає можливість миттєво визначати щільність транспорту в конкретному секторі (наприклад, у квадраті 1x1 км) і перенаправляти потоки [6].

Критична логістика не завершується фактом прибуття транспортного засобу, а потребує наскрізної інформаційної сумісності з процесами приймання, обліку та

внутрішньоскладського руху. На практиці цифрові платформи вантажних перевезень (зокрема Uber Freight) забезпечують обмін даними через **API** та **EDI** (Electronic Data Interchange) для передавання замовлень і статусів у режимі, близькому до реального часу [7]. Це дозволяє автоматично оновлювати статус запасів на складах електростанцій або лікарень при прибутті вантажу.

Безпосередня імплементація технологій райдхейлінгу у сферу критичної інфраструктури вимагає врахування специфіки вантажів, умов безпеки та операційних пріоритетів. Досвід України показав, що «уберизація» логістики можлива навіть у найскладніших умовах, але потребує гібридного підходу.

Для вирішення поставленої задачі пропонуємо концепцію «Москитної логістики». Цей термін, запозичений з військово-морської стратегії («москитний флот»), описує використання великої кількості малих, маневрених платформ для досягнення стратегічних цілей [8]. У контексті наземної логістики це означає відмову від великих колон та важких вантажівок на користь розсіяного флоту легкого комерційного транспорту (LCV) та пікапів.

Живучість через дисперсію. Знищення великого конвою призводить до втрати значного обсягу ресурсів. Втрата одного пікапа з генератором – це тактична, а не стратегічна невдача. Розосередження логістики робить її вкрай невідповідною ціллю для дорогих ракетних ударів противника [9].

Прохідність та швидкість. Малі транспортні засоби можуть використовувати шляхи, недоступні для фур (лісові дороги, пошкоджені мости), і значно швидше долати «останню милю» під загрозою обстрілів [10].

Список використаних джерел

1. Power Projection and the Logistics of Modern War – CSIS. URL: <https://www.csis.org/analysis/chapter-15-power-projection-and-logistics-modern-war>
2. Ti, R., & Kinsey, C. (2023). Lessons from the Russo-Ukrainian conflict: the primacy of logistics over strategy. Defence Studies, 23(3), 381–398. <https://doi.org/10.1080/14702436.2023.2238613>
3. Paul Schwartz, Anya Fink, Julian Waller, Michael Kofma (2023). Russian Military Logistics in the Ukraine War: Recent Reforms and Wartime Operations - CNA. URL: <https://www.cna.org/reports/2023/10/Russian-Military-Logistics-in-the-Ukraine-War.pdf>
4. Mosquito fleet invented by Ukrainian Cossacks? – Medium. URL: <https://medium.com/@zhyliayevv/mosquito-fleet-invented-by-ukrainian-cossacks-7cd738a9c5db>
5. Andrii Ryzhenko: Naval drones and 'Mosquito Fleet' as a strategic concept for Ukraine's maritime security - Centrum Balticum. URL: <https://surl.li/esejjc>
6. Logistic Lessons in the Russia-Ukraine War - The Cove - Australian Army. URL: <https://cove.army.gov.au/article/logistic-lessons-russia-ukraine-war>
7. Transportation management system. Uber Freight. URL: <https://www.uberfreight.com/en-US/tech/tms>
8. Russian Logistics and Sustainment Failures in the Ukraine Conflict – RAND. URL: https://www.rand.org/pubs/research_reports/RR2033-1.html
9. How Uklon helps in wartime. URL: <https://uklon.com.ua/en/news/how-uklon-helps-in-wartime/>
10. Digital Freight Matching Platforms: The Uberization of Logistics - Global Trade Magazine. URL: <https://www.globaltrademag.com/digital-freight-matching-platforms-the-uberization-of-logistics/>

Дудко А. Ю., аспірант спеціальності 274 Автомобільний транспорт
Науковий керівник: Кузьмінець М.П., д.т.н., професор, завідувач кафедри
комп'ютерної, інженерної графіки та дизайну
(Національний транспортний університет, м. Київ, Україна)

ОЦІНКА ЕФЕКТИВНОСТІ ТА ПЕРСПЕКТИВ РОЗВИТКУ ТЯГОВИХ БАТАРЕЙ ЕЛЕКТРОМОБІЛІВ

Ключові слова: електромобіль, тяговий акумулятор, літій-іонна батарея, енергетична щільність, циклічний ресурс, система керування батареєю.

Вступ. Активний розвиток електротранспорту у світі та в Україні спричиняє підвищені вимоги до тягових акумуляторів як основного енергетичного вузла електромобіля. Саме характеристики батареї – вартість, маса, енергоємність і довговічність визначають запас ходу, ефективність і загальні техніко-економічні показники транспортного засобу. Зростання кількості електромобілів в Україні актуалізує питання їх експлуатації, повторного використання та утилізації акумуляторів [1].

Мета дослідження. Провести порівняльну оцінку основних типів тягових акумуляторів за критеріями енергетичної щільності, ресурсу зарядно-розрядних циклів, рівня безпеки та експлуатаційних параметрів, а також визначити їх придатність для сучасних електромобілів.

Суть дослідження. До тягових батарей висуваються вимоги високої питомої енергоємності, здатності працювати в режимі глибокого розряду, тривалого терміну служби та стабільності характеристик у широкому температурному діапазоні [1].

Свинцево-кислотні акумулятори мають невисоку енергетичну щільність (30...50 Вт·год/кг), значну масу та потребують регулярного технічного обслуговування, що обмежує їх використання в сучасному електротранспорті [2].

Нікель-метал-гідридні (NiMH) батареї характеризуються кращими показниками енергетичної щільності (60...120 Вт·год/кг) і більшою стійкістю до перезаряду, однак поступаються літієвим аналогам за масогабаритними характеристиками, тому нині застосовуються обмежено [2].

Найбільш поширеними є літій-іонні (Li-ion) акумулятори з енергетичною щільністю 150...250 Вт·год/кг та ресурсом понад 2000 циклів. Їхні переваги – висока енергоємність, відсутність ефекту пам'яті та можливість швидкої зарядки. Водночас вони потребують ефективної системи керування батареєю (BMS) через ризик теплового розгону при порушенні умов експлуатації [3].

Літій-залізо-фосфатні (LiFePO₄) акумулятори характеризуються підвищеною термічною стабільністю, безпечністю та значним ресурсом (до 4000...6000 циклів). Їх енергетична щільність дещо нижча (120...180 Вт·год/кг), проте вони демонструють високу довговічність та стабільність роботи при підвищених температурах [3].

Літій-полімерні (Li-Po) акумулятори забезпечують значну енергетичну щільність і конструктивну гнучкість, проте потребують посиленого захисту через меншу термічну стабільність, що стримує їх широке застосування в електромобілях [3].

Серед провідних виробників літієвих батарей для електротранспорту варто відзначити Panasonic, Samsung SDI, LG Chem та CATL, які займають провідні позиції на світовому ринку.

Порівняльний аналіз свідчить, що літієві технології нині є найбільш перспективними завдяки оптимальному балансу між енергоємністю, довговічністю та експлуатаційною ефективністю [4].

Висновки. Тяговий акумулятор визначає ключові параметри електромобіля – запас ходу, економічність і надійність. Свинцево-кислотні та NiMH батареї поступово витісняються через нижчу енергетичну щільність і експлуатаційні обмеження. Літій-іонні технології залишаються домінуючими завдяки високим показникам енергоємності та швидкій зарядці. LiFePO₄-батареї вирізняються підвищеною безпечністю та довговічністю, що робить їх перспективними для масового використання. Подальший розвиток електромобілів пов'язаний із удосконаленням матеріалів електродів, зростанням енергетичної щільності та вдосконаленням систем керування батареями з метою підвищення ефективності й безпеки експлуатації.

Список використаних джерел

1. Олішевська В. Є., Олішевський Г. С., Іванова Г. П. Акумуляторні батареї електромобілів: технічні та екологічні аспекти. Наука та прогрес транспорту. 2025. № 2(110). С. 35–49. DOI: <https://doi.org/10.15802/stp2025/332155>.
2. Tarascon J. M., Armand M. Issues and challenges facing rechargeable lithium batteries. Natur. 2001. Vol. 414. P. 359–367. doi:10.1038/35104644.
3. Linden D., Reddy T. B. Handbook of Batteries. New York : McGraw Hill, 2021. 1430 p.
4. Nitta N., Wu. F., Lee J. T., Yushin G. Li-ion battery materials: present and future. Materials Today. 2015. Vol. 18(5). P. 252–264.

УДК 629.113

Дудко А.Ю., аспірант спеціальності 274 Автомобільний транспорт
Разбойніков О.О., канд. техн. наук., доцент кафедри автомобілів
(Національний транспортний університет, м. Київ, Україна)

АНАЛІЗ КОНСТРУКТИВНИХ ФАКТОРІВ СУЧАСНИХ ЕЛЕКТРОМОБІЛІВ, ЩО ВПЛИВАЮТЬ НА ЇХ ЗАПАС ХОДУ ТА ЕНЕРГОЕФЕКТИВНІСТЬ

Проведено порівняльний аналіз конструктивних факторів, що впливають на запас ходу та енергоефективність сучасних електромобілів. Дослідження проведено на прикладі п'яти найбільш популярних електромобілів на українському ринку 2025 року (табл. 1) [1].

Таблиця 1

Конструктивні параметри найбільш популярних електромобілів
на українському ринку 2025 року [1]

Модель	Повна маса, кг	Коефіцієнт аеродинамічного опору	Потужність електродвигуна, кВт	Ємність батареї, кВт·год	Запас ходу, км
Volkswagen ID. UNYX	2750	0,270	250	82,4	621
BYD Song Plus EV	2425	0,255	160	87	605
Zeekr 7X	2810	0,247	310	100	705
BYD Sea Lion 07	2705	0,280	230	80,6	610
BYD Leopard 3	2525	0,240	310	78,7	501

Відомо, що на запас ходу електромобіля суттєво впливає ємність його батареї [2]. Відповідно, проведено кореляційний аналіз [3] між ємністю батареї електромобілів та їх запасом ходу

$$r = \frac{\sum (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{\sqrt{\sum (x_i - \bar{x})^2 \cdot \sum (y_i - \bar{y})^2}} = 0,84,$$

де x_i – значення ємності батареї, кВт·год;
 y_i – значення запасу ходу, км;
 $\bar{x}$ – середнє значення ємності батареї, кВт·год;
 $\bar{y}$ – середнє значення запасу ходу, км.

За результатами розрахунку коефіцієнт Пірсона становить рівним 0,84. Зазначене підтверджує, що ємність батареї суттєво впливає на запас ходу електромобіля, але не є прямою залежністю ($r \neq 1$). Відповідно проведено кореляційний аналіз між іншими конструктивними параметрами електромобілів (табл. 1) та їх запасом ходу. Коефіцієнт Пірсона для визначення впливу повної маси електромобіля на запас його ходу становить рівним – 0,66; для впливу коефіцієнту аеродинамічного опору – 0,22; потужності електродвигуна – 0,021.

Для дослідження впливу конструктивних факторів зазначених електромобілів на їх енергоефективність проведено розрахунки питомої енергоефективності [3]. Результати розрахунків питомої енергоефективності наведено у табл. 2. За результатами розрахунків (табл. 2) виявлено, що найбільш енергоефективна модель: BYD Sea Lion 07 (~13,2 kWh/100 км); найменш енергоефективна – BYD Leopard3 (~15,7 kWh/100 км).

На основі проведених досліджень виявлено закономірності щодо впливу конструктивних параметрів на запас ходу та енергоефективність найбільш популярних електромобілів на українському ринку 2025 року:

- ємність батареї (чим більша батарея, тим потенційно більший запас ходу);
- повна маса електромобіля (чим більша маса тим більші витрати енергії на її прискорення та переміщення);
- коефіцієнт аеродинамічного опору (чим менший коефіцієнт аеродинамічного опору тим менші витрати енергії при русі на високих швидкостях);
- енергоефективність приводу – включає в себе потужність електродвигуна та його ефективність: електродвигуни з високою потужністю часто споживають більше енергії при агресивному водінні.

Таблиця 2

Результати розрахунків питомої енергоефективності п'яти найбільш популярних електромобілів на українському ринку 2025 року

Модель	Питома енергоефективність електромобіля (ємність батареї / запасу ходу), кВт·год / 100 км
Volkswagen ID. UNYX	13,3
BYD Song Plus EV	14,4
Zeekr 7X	14,2
BYD Sea Lion 07	13,2
BYD Leopard 3	15,7

Висновки. Проведено порівняльний статистичний аналіз конструктивних параметрів п'яти найбільш популярних електромобілів на українському ринку 2025 року (Volkswagen ID.UNYX, BYD Song Plus EV, Zeekr 7X, BYD Sea Lion 07 та BYD Leopard 3) з метою виявлення закономірностей формування їх запасу ходу. Досліджувався вплив ємності тягової батареї, повної маси автомобіля, коефіцієнта аеродинамічного опору та номінальної потужності електродвигуна на запас ходу та енергоефективність електромобіля. Коефіцієнт кореляції Пірсона між ємністю батареї та запасом ходу склав $r = 0,84$, що свідчить про найбільш суттєвий вплив цього параметру на запас ходу. Також на запас ходу впливає повна маса електромобіля. Значно менший вплив спостерігається від коефіцієнту аеродинамічного опору та потужності електродвигуна. При цьому, повна маса автомобіля виявляє менш виражений вплив, ніж ємність батареї, а аеродинамічний опір суттєво впливає на запас ходу та енергоефективність при середніх і високих швидкостях руху. Отримані результати підтверджують багатофакторну природу формування запасу ходу та енергоефективності електромобілів, що може бути використано при оптимізації їх конструкції.

Список використаних джерел

1. Ринок електромобілів в Україні зріс удвічі: названо ТОП-5 моделей 2025 року. *УНІАН інформаційне агентство*. URL: <https://www.unian.ua/economics/auto/elektromobili-nazvano-top-5-modeley-2025-roku-13252827.html> (дата звернення: 21.02.2026).
2. Energy efficiency trade-offs in small to large electric vehicles. *Springer Nature Link*. URL: <https://enveurope.springeropen.com/articles/10.1186/s12302-020-00307-8> (дата звернення: 22.02.2026).
3. Pearson's correlation coefficient. *Encyclopaedia Britannica*. URL: <https://www.britannica.com/topic/Pearsons-correlation-coefficient> (дата звернення: 24.02.2026).

УДК 621.43.019

Кривда В.В., к.т.н., завідувач кафедри автомобільного транспорту
Корніленко К.І., старший викладач кафедри автомобільного транспорту
Науковий консультант: Воронков О.І., д.т.н., професор кафедри автомобільного транспорту
(Національний технічний університет «Дніпровська політехніка», м. Дніпро, Україна)

ЕКСЕРГЕТИЧНА ОЦІНКА ВПЛИВУ РЕЦИРКУЛЯЦІЇ ВІДПРАЦЬОВАНИХ ГАЗІВ НА ЕФЕКТИВНІСТЬ ТА ЕКОЛОГІЧНІ ПОКАЗНИКИ ЧОТИРИТАКТНОГО ДВИГУНА

Підвищення енергетичної ефективності та зниження токсичності відпрацьованих газів поршневих двигунів внутрішнього згоряння є одним із ключових напрямів декарбонізації автомобільного транспорту. Незважаючи на значний прогрес у розвитку систем упорскування та керування згорянням, частка незворотних термодинамічних втрат у робочому циклі залишається суттєвою [1, 2].

Для оцінювання потенціалу вдосконалення робочого процесу доцільно застосовувати ексергетичний аналіз, який дозволяє визначити ступінь використання енергетичного потенціалу палива з урахуванням незворотностей. Ексергія палива визначається як:

$$E_{fuel} = m_f \cdot e_{ch}; \quad (1)$$

де m_f – маса палива за цикл;

e_{ch} – хімічна ексергія одиниці маси палива.

Тоді ексергетичний баланс двигуна може бути записаний у вигляді:

$$E_{fuel} = E_{ind} + E_{exh} + E_{loss} + E_{dest}; \quad (2)$$

де E_{ind} – індикаторна ексергія;

E_{exh} – ексергія відпрацьованих газів;

E_{loss} – втрати з охолодженням;

E_{dest} – знищена ексергія внаслідок внутрішніх незворотностей.

Знищена ексергія визначається через ентропійне виробництво:

$$E_{dest} = T_0 \cdot S_{gen}; \quad (3)$$

де T_0 – температура навколишнього середовища;

S_{gen} – ентропія, що генерується у циклі.

Одним із ефективних засобів впливу на термодинамічну структуру циклу є рециркуляція відпрацьованих газів (EGR). Введення частини відпрацьованих газів у впускний тракт призводить до зменшення максимальної температури згоряння, що, відповідно до механізму утворення термічних оксидів азоту, знижує інтенсивність утворення NO_x [3].

Результати розрахункового моделювання показали, що при збільшенні коефіцієнта рециркуляції α_{EGR} до 15...20 % максимальна температура циклу зменшується на 80...120 K, що забезпечує зниження питомих викидів NO_x до 25...30 %. Водночас спостерігається незначне зменшення індикаторного ККД через зростання тривалості згоряння та підвищення ентропійного виробництва.

Ексергетичний аналіз засвідчив, що оптимальна зона роботи двигуна відповідає області, у якій приріст знищеної ексергії компенсується зменшенням ексергії

відпрацьованих газів. За цих умов сумарний ексергетичний ККД зменшується не більше ніж на 1,5 %, тоді як екологічний ефект є суттєвим:

$$\eta_{ex} = \frac{E_{ind}}{E_{fuel}}; \quad (4)$$

Подальші дослідження доцільно спрямувати на поєднання ексергетичного аналізу з чисельним CFD-моделюванням структури температурних полів та локальних зон утворення NO_x , а також на інтеграцію результатів у систему інтелектуального керування гібридних силових агрегатів.

На рис. 1 представлено розрахункову залежність ексергетичного ККД двигуна від ступеня рециркуляції відпрацьованих газів.

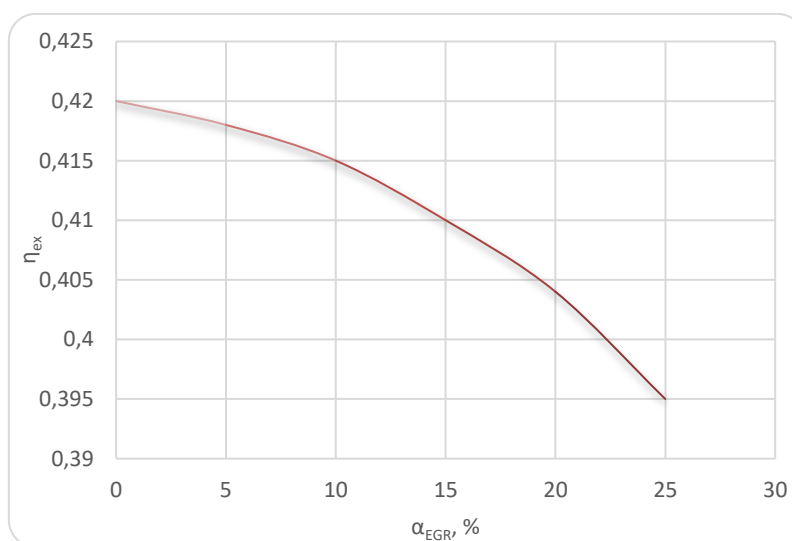


Рисунок 1 – Залежність ексергетичного ККД від ступеня EGR

Із зростанням коефіцієнта α_{EGR} спостерігається поступове зниження ексергетичного ККД η_{ex} , що пояснюється збільшенням ентропійного виробництва та зменшенням термодинамічного потенціалу робочого процесу. Водночас у діапазоні 10...20 % EGR зниження ефективності є помірним, що свідчить про доцільність застосування рециркуляції для зменшення NO_x за мінімальної втрати енергетичної ефективності. Отримані результати підтверджують доцільність інтеграції ексергетичного підходу при оптимізації параметрів рециркуляції у сучасних силових установках.

Список використаних джерел

1. Heywood J.B. Internal Combustion Engine Fundamentals 2nd Edition – Original PDF ebook: McGraw-Hill Education, 2019. 1030 p.
2. Bejan, Adrian Advanced engineering thermodynamics Wiley (2016). doi:10.1038/SREP04017
3. Kirkpatrick, Allan & Ferguson, Colin. (2016). Internal Combustion Engines: Applied Thermosciences,. 10.1002/9781119454564.

Мишалов Є.В., аспірант спеціальності J8 Автомобільний транспорт
Разбойніков О.О., канд. техн. наук., доцент кафедри автомобілів
(Національний транспортний університет, м. Київ, Україна)

ВПЛИВ ПІДВІСКИ НА БЕЗПЕКУ РУХУ АВТОМОБІЛЯ

У всіх країнах світу ведуться дослідження щодо підвищення рівня безпеки автомобіля. Ці роботи ведуться за двома напрямками: перший, спрямований на уникнення дорожньо-транспортної пригоди (ДТП), а другий – на максимальне зниження тяжкості її наслідків. За перший напрямок відповідає активна безпека автомобіля, а за другий – пасивна.

Активна безпека автомобіля є одним із ключових напрямів сучасного розвитку автомобілебудування. Її основною метою є запобігання виникненню дорожньо-транспортних пригод шляхом забезпечення стійкості, керованості та передбачуваності поведінки автомобіля в критичних умовах руху. Безпека руху напряму залежить від експлуатаційних властивостей автомобіля таких як керованість, маневреність, стійкість, динамічність тощо. Експлуатаційні властивості автомобіля формуються сукупністю його конструктивних параметрів (маса, колісна база, положення центру мас, жорсткість і демпфування підвіски, характеристики шин, ефективність гальмівної системи тощо), технічного стану вузлів, режимів руху та дорожньо-кліматичних умов [1]. Зміна будь-якого з цих факторів безпосередньо відображається на рівні активної безпеки.

Найбільш небезпечними з точки зору активної безпеки є перехідні режими руху, що виникають під час різкої зміни траєкторії, гальмування, наїзду на дефекти дорожнього покриття або їх поєднання. У таких умовах автомобіль перебуває у стані, що супроводжується зміною поперечних та вертикальних прискорень, перерозподілом динамічних навантажень між колесами автомобіля та коливаннями його підресорених та не підресорених мас. Саме у перехідних режимах формується потенційна загроза втрати стійкості або зниження ефективності роботи систем активної безпеки.

Підвіска автомобіля є одним із основних конструктивних елементів автомобіля, що формують його динамічну поведінку. Демпферні характеристики амортизаторів, жорсткість пружних елементів та кінематичні параметри напрямного пристрою підвіски впливають на швидкість затухання коливань кузова, величину крену та стабільність контакту шин з дорожнім покриттям. Обмеження по зчепленню шин накладає фізичну межу на можливості маневрування та гальмування незалежно від інших конструктивних параметрів [2, 3]. Тож конструктивні параметри підвіски (жорсткість пружних елементів, коефіцієнти демпфування, кінематика напрямного пристрою, положення центру крену тощо) визначають амплітуду коливань підресорених та непідресорених мас автомобіля, зміну кутів встановлення коліс та їх здатність зберігати оптимальну пляму контакту з дорогою, що дає можливість реалізувати його прискорення, зміну траєкторії чи гальмування, слідуючи бажанням та діям водія.

Список використаних джерел

1. Теорія експлуатаційних властивостей автомобіля : електронний ресурс. URL: <https://ir.stu.cn.ua/server/api/core/bitstreams/2333d160-1153-44c4-a741-038e690967e8/content> (дата звернення 15.02.2026)
2. Gillespie T. D. Fundamentals of Vehicle Dynamics. Warrendale, PA : SAE International, 1992. 470 с.
3. Jazar R. N. Vehicle Dynamics: Theory and Application. New York : Springer, 2008. 1015 с.

УДК 629.33:621.355:620.22

Олішевська С.О., доктор філософії (PhD), доцент кафедри будівництва, геотехніки і геомеханіки

Науковий керівник: Олішевська В. Є., к.т.н., доцент кафедри автомобільного транспорту

(Національний технічний університет «Дніпровська політехніка», м. Дніпро, Україна)

КОНСТРУКЦІЙНІ МАТЕРІАЛИ ДЛЯ ВИРОБНИЦТВА АКУМУЛЯТОРНИХ БАТАРЕЙ ЕЛЕКТРОМОБІЛІВ ТА ТЕНДЕНЦІЇ ЇХ РОЗВИТКУ

Вступ. Акумуляторна батарея є ключовим компонентом електромобіля, що визначає його запас ходу, час заряджання, енергетичну густину та безпечність експлуатації, масу і вартість [1]. Розроблення ефективних і високопродуктивних акумуляторних батарей для електромобілів ґрунтується на вдосконаленні різних компонентів, таких як анодні та катодні електроди, сепаратори й електроліти, виборі конструкційних матеріалів для їх виробництва.

Мета роботи: огляд і систематизація конструкційних матеріалів для виробництва акумуляторних батарей електромобілів, а також аналіз сучасних тенденцій їх подальшого розвитку.

Основна частина. Сучасні дослідження у розробці акумуляторних батарей електромобілів спрямовані на підвищення енергетичної густини батарей, скорочення часу заряджання, збільшення ресурсу роботи, підвищення безпеки експлуатації, зниження вартості виробництва.

Одним із найважливіших елементів акумуляторних батарей є анод. Найбільш поширеним матеріалом анодів є графіт, який характеризується стабільністю структури, відносно низькою вартістю та хорошими електрохімічними властивостями, але графіт має обмежену теоретичну ємність, що стимулює пошук нових матеріалів із кращими характеристиками. До перспективних матеріалів анодів належать: композиційні матеріали (металеві, на основі кремнію, полімерні, наноккомпозити); оксиди металів (TiO_2 , Co_3O_4 , Fe_2O_4 , NiO); наноструктуровані вуглецеві матеріали; матеріали на основі дисульфиду молібдену (MoS_2) [2]. Перспективними також є анодні матеріали на основі титан-ніобієвих оксидів, які забезпечують тривалий термін служби акумуляторних батарей.

Сьогодні найбільш поширеним типом акумуляторних батарей для електромобілів є літій-іонні батареї (Li-ion), які, у результаті пошуку матеріалу для катода, перетворилися на сімейство хімічних джерел струму, що відрізняються енергоємністю і параметрами режимів заряду/розряду: літій-залізо-фосфатні (LiFePO_4 , LFP); літій-марганцеві (LiMn_2O_4); літій-нікель-марганець-кобальт-оксидні (LiNiMnCoO_2 , NMC); літій-нікель-кобальт-алюміній-оксидні (LiNiCoAlO_2 , NCA); літій-полімерні (Li-Po); літій-титанатні ($\text{Li}_4\text{Ti}_5\text{O}_{12}$, LTO); нікель-кобальт-алюмінієві (NCA) [2-5]. Електроди можуть мати різну форму, але, як правило, вони являють собою фольгу у формі циліндра або довгастого пакета [1]. Перевагами літій-залізо-фосфатних акумуляторних батарей є підвищений діапазон робочих температур, тривалий термін служби, більш швидка зарядка [1]. Літій-марганцеві акумулятори (LiMn_2O_4) можуть забезпечити високий струм розряду [1, 2, 5]. Літій-нікель-марганець-кобальт-оксидні акумулятори (LiNiMnCoO_2 , NMC) мають непогану питому енергоємність і термін служби до 2000 циклів заряду/розряду, але струм віддачі у них невеликий [1, 5]. Літій-нікель-кобальт-алюміній-оксидні батареї (LiNiCoAlO_2 , або NCA) мають високу питому ємність і прийнятну вартість [1, 5]. Літій-полімерні акумуляторні батареї (Li-Po) мають високу енергетичну густину та тривалі цикли заряду/розряду, але є менш стабільними та безпечними, ніж LiFePO_4 . Застосування Li-Po-батарей обмежене через високу чутливість до займання [1, 5]. Літій-

титанатні акумулятори ($\text{Li}_4\text{Ti}_5\text{O}_{12}$, LTO) забезпечують 15000...20000 циклів, пожежобезпечні і стійкі до холоду [5]. Нікель-метал-гідридні акумуляторні батареї (NiMH) більші за об'ємом та мають меншу енергетичну густину, але більш безпечні та стійкі до перезарядки [1, 5].

Сепаратори виготовляють із поліолефінових матеріалів, зокрема поліетилену та поліпропілену [2]. Однак такі матеріали можуть мати обмежену термічну стійкість. У сучасних дослідженнях значна увага приділяється створенню нових типів сепараторів, зокрема: нанофібрових мембран; композитних полімерно-керамічних матеріалів; сепараторів із використанням графену. Такі матеріали характеризуються підвищеною механічною міцністю, кращою змочуваністю електролітом, високою пористістю та покращеною іонною провідністю.

Широкі можливості надають полімерні електроліти, які мають у своєму складі солі літію (LiBF_4 ; LiPF_6 ; LiAsF_6 , LiClO_4) і завдяки своїй пластичності дозволяють виготовляти літій-іонні акумулятори різної форми з великою внутрішньою поверхнею, що значно підвищує технологічні можливості виробництва акумуляторних батарей [2, 4].

Одним із перспективних напрямів є використання нових наноструктурованих матеріалів електродів, що дозволяє значно покращити рух іонів літію та підвищити ефективність електрохімічних процесів.

Також активно досліджуються твердоелектролітні акумулятори (solid-state batteries), які можуть забезпечити вищу безпеку, більшу енергетичну густину і довший термін служби порівняно з традиційними літій-іонними батареями. Наприклад, компанія «Honda» розробляє твердоелектролітні батареї, які до 2030 р. забезпечать проїзд до 1000 км на одному заряді, а після 2040 р. – до 1250 км [1, 5].

Висновки. Основними напрямками удосконалення сучасних акумуляторів є розроблення нових матеріалів анодів і катодів, удосконалення сепараторів та електролітів, а також підвищення стабільності електрохімічних процесів.

Перспективні матеріали, зокрема наноструктуровані композити, оксиди металів та нові полімерні системи, дозволяють підвищити ємність батарей, коефіцієнт корисної дії, енергетичну густину та довговічність. Подальший розвиток акумуляторних батарей сприятиме підвищенню ефективності електромобілів, збільшенню їх запасу ходу та зменшенню часу заряджання, зниженню вартості виробництва, забезпеченню високого рівня безпеки при експлуатації електромобілів.

Список використаних джерел:

1. Олішевська В. Є., Олішевський Г. С., Іванова Г. П. Акумуляторні батареї електромобілів: технічні та екологічні аспекти. *Наука та прогрес транспорту*. 2025. № 2(110). С. 35–49. DOI: <https://doi.org/10.15802/stp2025/332155>.
2. Koech A. K., Mwandila G., F. Mulolani F. A review of improvements on electric vehicle battery. *Heliyon*. 2024. Vol. 10. e34806. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2024.e34806>.
3. Багач Р. В. Дослідження акумуляторних блоків електромобілів та зарядних станцій на основі активного трифазного випрямляча струму. *Автомобіль і електроніка. Сучасні технології*. 2023. № 24. С. 62–71. DOI: <https://doi.org/10.30977/VEIT.2023.24.0.2>
4. Бажинов О. В., Кравцов М. М. *Небезпека транспортних засобів* : монографія. Харків : ЧП Стариченко Л. А., 2022. 160 с.
5. Salek F., Resalati S., Babaie M., Henshall P., Morrey D., Yao L. A Review of the Technical Challenges and Solutions in Maximising the Potential Use of Second Life Batteries from Electric Vehicles. *Batteries*. 2024. Vol. 10 (3). P. 1–40. DOI: <https://doi.org/10.3390/batteries10030079>.

Рибак І.П., доктор філософії, доцент кафедри виробництва, ремонту та матеріалознавства

(Національний транспортний університет, м. Київ, Україна)

ПЕРСПЕКТИВИ РОЗВИТКУ ВЕЛИКОВАНТАЖНОГО ТРАНСПОРТУ ТА РЕМОНТ В УКРАЇНІ У ВОЄННИЙ ЧАС

Ключові слова: великовантажний транспорт, ремонт, воєнний час, логістика, Україна, перспективи, інфраструктура, інновації.

Анотація. Тези аналізують перспективи розвитку великовантажного транспорту та його ремонту в Україні у воєнний час. Розглянуто основні виклики, що стоять перед галуззю, включаючи логістичні проблеми, руйнування інфраструктури та економічні труднощі. Визначено можливі шляхи розвитку через інновації, міжнародну допомогу та впровадження сучасних технологій. Досліджено стан ремонтних потужностей та їх адаптацію до умов війни.

Окрему увагу приділено питанню дефіциту запчастин та матеріалів для ремонту великовантажного транспорту, а також логістичним проблемам, що виникають у зв'язку з руйнуванням ключових транспортних вузлів. Аналізується можливість використання альтернативних маршрутів та нових підходів до транспортування вантажів, що можуть зменшити залежність від пошкоджених інфраструктурних об'єктів.

Вступ. Великовантажний транспорт відіграє ключову роль у забезпеченні економічної стабільності України, особливо у воєнний час. Війна значно вплинула на логістичні процеси, пошкоджено важливі транспортні шляхи, зменшено виробничі потужності, а ремонтна база потребує оновлення та адаптації до сучасних умов. Метою статті є аналіз сучасного стану та перспектив розвитку великовантажного транспорту та його ремонту в Україні в умовах війни. Через військові дії значно скоротилася кількість придатних для експлуатації транспортних засобів, що спричинило додаткове навантаження на існуючі логістичні маршрути. У багатьох регіонах країни пошкоджено стратегічно важливі дороги, мости та залізничні вузли, що значно ускладнює перевезення вантажів та постачання необхідних матеріалів. Крім того, дефіцит пального та запчастин стає серйозним викликом для ефективного функціонування галузі.

Основний матеріал. Великовантажний транспорт відіграє критично важливу роль у підтримці економічної стабільності країни, особливо під час війни. Військові дії в Україні кардинально змінили транспортну систему, що вимагає нових підходів до логістики та відновлення інфраструктури. Втрата значної кількості транспортних потужностей через знищення критичних об'єктів інфраструктури є однією з найбільш серйозних проблем, з якими зіштовхнулася галузь. Ці виклики відображаються не лише на внутрішніх перевезеннях, але й на міжнародному транспортному сполученні, що впливає на експортно-імпорتنі операції [1].

Зруйновані дороги, мости, залізничні вузли та складські приміщення істотно знижують пропускну здатність транспортної мережі України. Втрата цих ключових об'єктів ускладнила пересування великовантажного транспорту, що своєю чергою створює перешкоди для постачання гуманітарної допомоги, військової техніки та продовольчих товарів. Бойові дії також знищили низку підприємств, які раніше забезпечували ремонт та обслуговування транспортних засобів, що спричинило значні перебої в підтримці технічної справності вантажного транспорту [2].

В умовах війни, коли традиційні логістичні маршрути недоступні або пошкоджені, транспортна система України стикається з необхідністю пошуку нових шляхів для перевезень. Це, зокрема, включає переорієнтацію на морські та річкові перевезення, особливо через порти сусідніх країн, таких як Польща та Румунія. Але використання цих

альтернативних маршрутів пов'язане з додатковими викликами, такими як триваліший час доставки та вищі витрати на транспортування. Також зростає потреба в спеціалізованих транспортних засобах, здатних працювати в умовах пошкодженої інфраструктури або підвищеного ризику. Нестача спеціалізованого транспорту є однією з ключових проблем, оскільки наявний транспорт не завжди підходить для роботи в екстремальних умовах або для перевезення великогабаритних вантажів. Багато компаній змушені переобладнувати існуючі транспортні засоби, щоб вони могли витримувати підвищені навантаження, що призводить до збільшення витрат на експлуатацію та технічне обслуговування [3].

Ситуація ускладнюється дефіцитом запчастин, що виник через порушення логістичних ланцюгів та зупинку виробництва на багатьох заводах. Дефіцит матеріалів ускладнює можливість проведення регулярних ремонтів та технічного обслуговування великовантажного транспорту, що призводить до простоїв та зниження ефективності роботи. Підприємства, які забезпечують ремонт та технічне обслуговування, зіштовхуються зі значними труднощами у забезпеченні безперервності своєї діяльності через нестачу кваліфікованих кадрів. Велика кількість фахівців змушена була покинути зони активних бойових дій або була мобілізована до армії, що створює додатковий кадровий дефіцит. Державна підтримка може допомогти подолати цей виклик, включаючи створення програм підготовки нових спеціалістів для транспортної галузі. Держава розглядає можливість запуску спеціалізованих курсів для навчання майбутніх техніків та інженерів з ремонту великовантажного транспорту, а також надання фінансової підтримки підприємствам, що займаються відновленням техніки [4].

Інновації стають ключовим інструментом у вирішенні проблем, що виникли внаслідок війни. Автоматизація та цифровізація процесів ремонту та обслуговування великовантажного транспорту значно прискорюють ці процеси, дозволяючи ефективніше відновлювати транспортні засоби. Наприклад, впровадження дистанційного моніторингу технічного стану транспорту дозволяє оперативно виявляти несправності та планувати ремонтні роботи, що сприяє зниженню простоїв. Крім того, важливою тенденцією є перехід до використання альтернативних видів пального. В умовах обмеженого доступу до нафтопродуктів, великовантажний транспорт дедалі частіше використовує біодизель, електричні двигуни або інші альтернативні джерела енергії, що сприяє зменшенню залежності від традиційних паливних ресурсів та покращенню екологічних показників. Застосування дронів та автономного транспорту також набуває популярності, особливо у зонах активних бойових дій, де використання традиційних транспортних засобів є небезпечним. Автономні машини та дрони можуть виконувати логістичні завдання, не наражаючи на ризик водіїв, що значно підвищує безпеку перевезень [4].

Список використаних джерел

1. Аналітичний центр "Український транспорт". "Вплив війни на логістичні процеси України." 2022. URL: <https://www.unian.ua/economics/transport/logistika-ukrajini-pid-chas-viyni-vikliki-ta-perspektivi-12840282.html>
2. Європейський банк реконструкції та розвитку. "Фінансування транспортної галузі в Україні: виклики та перспективи" 2023. URL: <https://www.ebrd.com/home/news-and-events.html>
3. ООН. "Логістика та транспорт в умовах гуманітарної кризи." 2022. URL: https://razumkov.org.ua/images/2022/07/05/2022_ANALIT_ZAPIS.pdf
4. Державна служба статистики України. "Основні показники розвитку транспорту за 2021-2023 роки." 2023.

УДК 658.7:656.13

Луценко М.В., аспірантка спеціальності 141 Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка

(Національний технічний університет «Дніпровська політехніка», м. Дніпро, Україна)

РОЗРОБКА АЛГОРИТМУ ЗАМОВЛЕННЯ ДОСТАВКИ МАТЕРІАЛЬНИХ РЕСУРСІВ ДЛЯ ОБ'ЄКТІВ КРИТИЧНОЇ ІНФРАСТРУКТУРИ

У контексті триваючих загроз національній безпеці, зокрема в умовах воєнного стану, забезпечення безперебійного функціонування об'єктів критичної інфраструктури (ОКІ) є пріоритетом державної політики [1]. Автомобільний транспорт відіграє ключову роль у логістичному забезпеченні таких об'єктів, особливо в умовах порушення традиційних ланцюгів постачання [2]. При цьому сучасний стан проблеми безперебійного забезпечення матеріальними ресурсами центрів критичної інфраструктури (КІ) автомобільним транспортом в Україні характеризується як складний та багатофакторний [3]. Він визначається впливом повномасштабної війни, необхідністю адаптації до нових загроз, зношеністю транспортної мережі та активним процесом формування нової законодавчої бази. У наукових колах та експертному середовищі проблема розглядається крізь призму стійкості (resilience) логістичних ланцюгів, які підпадають під:

- прямі фізичні загрози: автомобільні шляхи, мости, паливні склади та транспорт є цілями атак ворога, що призводить до руйнування маршрутів, втрати ресурсів і загроз життю водіїв;

- руйнування інфраструктури: за даними досліджень [4], станом на червень 2024 року внаслідок бойових дій було пошкоджено тисячі кілометрів автомобільних доріг та сотні мостів. Це змушує розробляти альтернативні, часто довші та менш ефективні маршрути, що збільшує час та вартість доставки;

- проблеми з паливно-мастильними матеріалами (ПММ): хоча кризу 2022 року вдалося подолати, ризики атак на об'єкти паливної інфраструктури зберігаються, що вимагає диверсифікації джерел постачання та створення резервів [5];

- людський фактор: брак кваліфікованих водіїв через мобілізацію та міграцію створює додаткове навантаження на транспортні компанії [6];

- кіберзагрози: зважаючи на значний рівень цифровізації логістичних систем, кібератаки на системи управління транспортом, GPS-навігацію або бази даних можуть повністю паралізувати процес постачання [7].

Для вирішення зазначених загроз застосовуються моделі для оптимізації логістичних процесів в умовах невизначеності [8-10]. Основні напрямки досліджень включають:

- моделювання динамічних маршрутів - алгоритми, що дозволяють у реальному часі змінювати рух транспорту залежно від обстановки;

- управління ризиками - системи, які оцінюють імовірність збоїв у постачанні та пропонують альтернативи;

- децентралізація та дублювання - створення мережі менших складів замість одного центрального;

- інтеграція з військово-цивільними адміністраціями - тісна координація між перевізниками, об'єктами КІ та державними органами.

Таким чином, забезпечення безперебійної доставки ресурсів до центрів КІ в Україні вимагає системного, міждисциплінарного підходу, що поєднує інженерні, організаційні, інформаційні та безпекові рішення. Подальші дослідження мають бути спрямовані на підвищення стійкості логістичних систем, зокрема шляхом впровадження адаптивних моделей управління, цифрових технологій та механізмів міжвідомчої координації.

Для вирішення задачі доставки матеріальних ресурсів до об'єктів критичної інфраструктури пропонується розробити алгоритм, який являє собою структурований процес управління закупівлею та виконанням транспортних послуг для ОКІ (енергетичні системи, транспортні мережі, комунікації тощо), порушення функціонування яких створює значні ризики для національної безпеки, економіки й суспільства. Він базується на принципах управління ланцюгами постачань (SCM) у транспортній галузі з акцентом на ризики, кризи та оптимізацію процесів. Алгоритм інтегрує елементи ризик-менеджменту, моніторингу ринків і використання баз даних для підвищення надійності, ефективності та адаптивності в умовах невизначеності (VUCA). Сутність алгоритму полягає в автоматизованому циклі від реєстрації запиту на транспортні послуги до оцінки результатів з урахуванням зовнішніх факторів та інтеграцією з базою постачальників. Це не лінійний процес, а динамічна система, що мінімізує ризики (затримки, витрати, залежність від постачальників) шляхом моделювання, прогнозування та моніторингу. Алгоритм спрямований на забезпечення безперервності функціонування ОКІ, особливо в кризових ситуаціях, коли транспортні послуги є критичними для логістики, евакуації чи відновлення.

У процесі розробки алгоритму замовлення доставки матеріальних ресурсів до ОКІ доцільно враховувати енергетичний фактор як один із ключових параметрів функціонування системи. Стабільність енергопостачання безпосередньо впливає на роботу транспортної логістики, складської інфраструктури та цифрових систем управління перевезеннями. При цьому, енергооб'єкти (електричні станції, підстанції, системи розподілу) безпосередньо відносяться до ОКІ та потребують відповідних матеріальних ресурсів, особливо в умовах постійних атак, які здійснюються на енергетичну інфраструктуру. В такому контексті альтернативними енергетичними ОКІ стають гібридні системи розподіленої генерації окремих споживачів, які також вимагають доставки необхідних ресурсів з метою забезпечення енергонезалежності та функціоналу конкретних підприємств.

У межах алгоритму енергетичний компонент може враховуватися під час аналізу зовнішніх факторів та оцінки ризиків, зокрема через оцінку енергозабезпечення об'єктів отримання ресурсів, наявність резервних джерел живлення та стабільність енергопостачання на маршрутах транспортування. Це дозволяє своєчасно коригувати логістичні рішення та підвищувати надійність постачання.

Отже, технологічна трансформація логістики, започаткована в Україні, має глобальний потенціал. Вона пропонує модель стійкості, де цифрові технології перетворюють хаос війни на керовану, децентралізовану та ефективну систему.

Список використаних джерел

1. Герасименко, О. М. (2024). Загрози об'єктам критичної інфраструктури України в умовах воєнного стану. *Юридичний вісник Ужгородського національного університету*, (84), 39–45. <https://doi.org/10.24144/2307-3322.2024.84.3.39>
2. Малюта, Л., Рудан, В., & Балушевський, К. (2023). Проблеми та перспективи розвитку транспортної логістики України в умовах воєнного стану. *Економіка і організація управління*, (4), 112–118. <https://doi.org/10.35774/econa2023.03.153>
3. Васильців, Н. (2023). Трансформація та адаптація логістики до викликів в умовах воєнного стану. *Economy and Society*, (51), 45–51. <https://doi.org/10.32782/2524-0072/2023-55-78>
4. Філіпенко, Н., & Лукашевич, С. (2023). Безпека транспортного забезпечення як секторальна проблема стійкості критичної інфраструктури. *Наукові праці ХАІ*. <https://dspace.library.khai.edu/xmlui/handle/123456789/7310>
5. Плахотнюк, Р. (2024). Забезпечення стійкості критичної інфраструктури в Україні в умовах сучасних викликів. *Економічний простір*, (186), 102–109. <https://doi.org/10.30838/EP.195.47-54>

6. Hosseini, S. A., Mavi, R. K., & Macau, F. R. (2025). Supply chain resilience: A critical review of risk mitigation, robust optimisation, and technological solutions. *Journal of Supply Chain Management*, 61(2), 123–145 <https://doi.org/10.1007/s40171-025-00458-8>
7. Katsaliaki, K., Galetsi, P., & Kumar, S. (2020). Supply chain disruptions and resilience: A major review and future research agenda. *Annals of Operations Research*, 316(1), 1–38. <https://doi.org/10.1007/s10479-020-03912-1>
8. Madzik, P., et al. (2024). Resilience in supply chain risk management in disruptive world. *Annals of Operations Research*. <https://doi.org/10.1007/s10479-024-06126-x>
9. Myskiv, G., & Pasinovich, I. (2023). SUSTAINABLE DEVELOPMENT AND SOCIAL RESPONSIBILITY UNDER WAR CONDITIONS IN UKRAINE. *Journal of Lviv Polytechnic National University. Series of Economics and Management Issues*, 7(1), 21–36. <https://doi.org/10.23939/semi2023.01.021>
10. Nahirniak, V.-M., & Ivanov-Kostecky, S. O. (2025). Restoration of Ukraine's port infrastructure: Ways and challenges. *Scientific Bulletin of Lviv Polytechnic National University. Series: Architecture*, 7(3), 77–86. <https://doi.org/10.23939/sa2025.03.077>

Транспортні системи, енергомеханічні комплекси та гірничорудна інженерія

УДК 622.648: 621.867.7/.8

Yehorchenko R.R., PhD, Associate professor of the Department of Transport Systems and Energy Mechanical Complexes.

(Dnipro University of Technology, Dnipro, Ukraine)

NEW TECHNOLOGIES FOR MONITORING THE CONDITION OF MINE RAIL TRACKS

During the transportation of loads through underground mine workings by mine locomotives and ropeways, the rolling stock is subjected to dynamic loads that lead to increased rolling resistance, reduced haulage productivity, and decreased stability and service life of transport equipment [1].

Mine observations have shown that the main sources of impact on the rolling stock are changes in the geometry of the rail track, the parameters of which are determined by the following characteristics:

- track gauge;
- superelevation of one rail relative to the other;
- horizontal alignment of the track axis;
- vertical track profile.

The track gauge is measured as the horizontal distance between the inner faces of the rail heads in a plane perpendicular to the track axis. The rail superelevation is determined as the difference in height between the two rails. The horizontal alignment of the track axis is calculated as the averaged value of the lateral horizontal positions of the two rails, while the averaged difference in elevations of the rails defines the vertical profile.

In addition, the wear of the rail head has a significant influence on the wheel–rail interaction, leading to decreased mechanical strength, track degradation, and derailments of rolling stock [2]. This is especially critical for turnouts, where the degree of wear of metal components in the track superstructure is controlled using special templates, profile gauges, profilographs, track calipers, dividers, etc. These instruments were widely used until recently for monitoring the condition of mainline and mine railways; however, the measurement accuracy, productivity, and data recording methods remained insufficient.

The aim of this study is to justify the parameters of interaction between rolling stock and the elements of the rail track in order to develop mobile automated mine track-measurement systems that ensure timely diagnostics of the operational characteristics of underground transportation routes.

The concept of the study is based on the use of physical effects and modern technologies for rapid diagnostics of interaction parameters within the “rolling stock – rail track” system under complex mining and geological conditions of mine haulage.

For the first time, the interaction of rolling stock with a rail track of variable-sign profile is considered as an integrated transport-technological system whose parameters vary in time and space.

Under conditions of intensified mining operations, such problems can be solved by creating automated control systems for production processes. In this regard, the tasks of the present study include:

- analysis of factors determining the operational performance of mine rail transport;
- expert assessment of interaction conditions within the “rolling stock – rail track” system;
- development of a database of existing methods and tools for rapid control of rail track technical condition under uncertainty;

- formulation of recommendations for improving existing systems for diagnosing rail track parameters under complex operating conditions.

As a result of the research, a new method for measuring and recording the main parameters of the rail track has been proposed [3], based on the use of optical effects (Fig. 1).

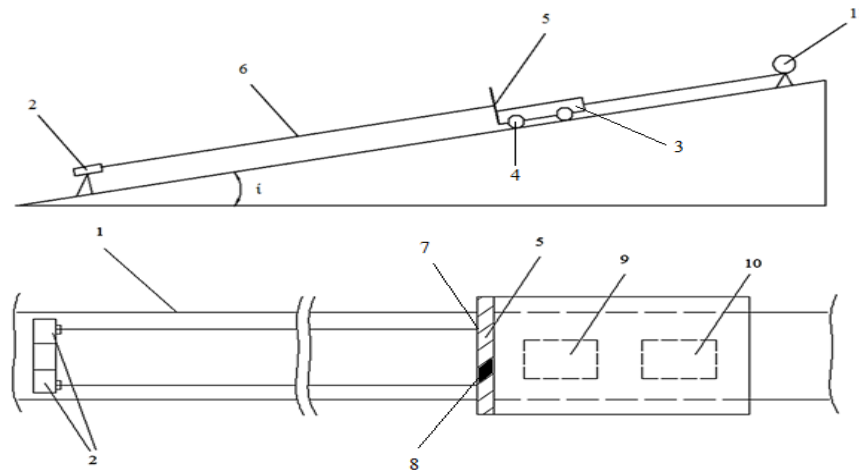


Fig. 1. Device for Determining the Profile of a Mine Rail Track:

- a) general view with the arrangement of emitters relative to the track, side view;
- b) same, top view.

The device operates as follows. The light source 2 (e.g., a laser emitter) is mounted in a fixed position on the rail track 1 and oriented so that the light beam 6 is parallel to the rail. The light-receiving screen 5 is mounted on the trolley 3, which is capable of moving along the rail track 1 on wheelsets 4 (for example, by means of a rope winch 11).

The screen consists of several photodetectors 8 positioned in front of an analog-to-digital converter 9 and a computing unit 10. The light-receiving screen 5, the analog-to-digital converter 9, and the computing unit 10 are connected in series. The analog-to-digital converter 9 and the computing unit 10 are designed in an explosion-proof configuration.

Measurement results are obtained in digital and graphical form on a personal computer.

The proposed device makes it possible to simplify the system and practically eliminate harmful vibrations, which in turn increases measurement accuracy and speed while reducing labor intensity and overall cost of the process.

References

Denyshchenko, A. V., Yurchenko, O. O., Novoseltsev, V. V. Fundamentals of Developing a Track-Measurement System for Coal Mine Workings. Collection of Scientific Papers of NMU, No. 38, 2012, pp. 89–94.

Bondarenko, L. N., Denyshchenko, A. V. Influence of the Rail-Head Radius and the Distance Between Locomotive Wheels on Rolling Resistance. Scientific Bulletin of NMU, No. 2, 2008, pp. 66–69.

Device for Determining the Profile of a Mine Rail Track. Priority decision of SE Ukrpatent No. 18583/ZA/17 of 24.07.2017 for application A 201706959. Authors: Denyshchenko O. V., Yehorchenko R. R.

UDC 622.063

**Herasymenko A.O., Ph.D., Assistant Professor of the Surface Mining and Rational
Subsolid Use Department**
(Dnipro University of Technology, Dnipro, Ukraine)

FORECASTING DYNAMIC LOADS ON MONORAIL DELIVERY WHEN DELIVERING LARGE-TONNAGE CARGO

Previous studies [1] have established that as a result of deformations of the mountain massif and dynamic loads, spatial changes occur in the mine monorail route, which leads to an increase in the force of impacts when passing through butt joints, deflection of monorail track links and, as a result, a decrease in the throughput of transport and technological systems.

According to the developed methodology [2] for software modeling of PDM operating modes, the data obtained from the research results served as the basis for modeling linear deformations of the PDM route and its nodal connections under the influence of dynamic loads during the transportation of large-tonnage cargo.

To redistribute dynamic loads from the central parts of the monorail supply chains to adjacent chains, a mobile lifting and transport system was developed for delivering large-tonnage loads in mining operations of complex configuration [3].

According to the modeling methodology, it is necessary to establish the initial loads, constraints and model mesh when using a mobile lifting and conveying system. The deflection is determined using the SolidWorks Simulation software package.

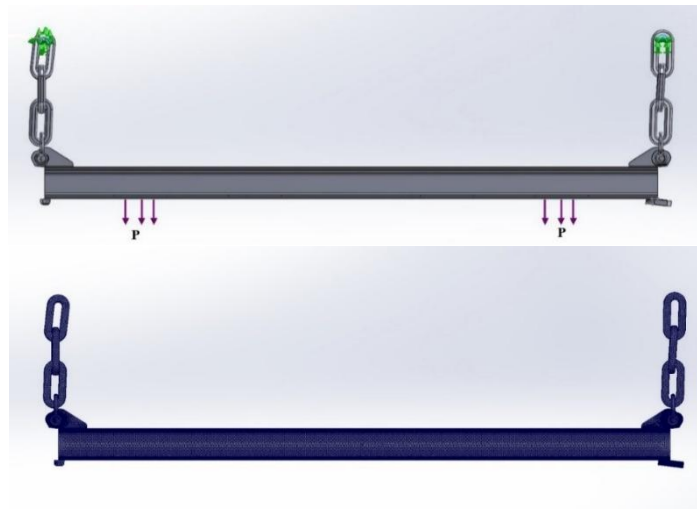


Figure 1 – Output constraints, loads and finite element mesh when using a mobile lifting and conveying system

Fig. 2 shows the deflection of the monorail beam when transporting large-tonnage cargo ($M \geq 8000$ kg) using a mobile lifting and conveying system.

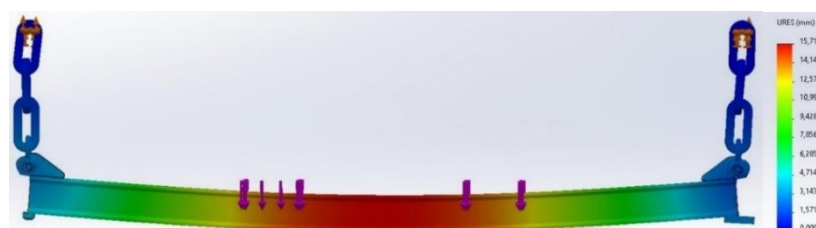


Figure 2 – Deflection of a monorail beam when transporting heavy loads using a mobile lifting and conveying system

According to the results [4] of modeling using the SolidWorks Simulation software package, it was established that by using the PTS it is possible to increase the load capacity from 7 to 16 tons. The results of studies of the deflection of monorail beams are shown in Fig. 3.

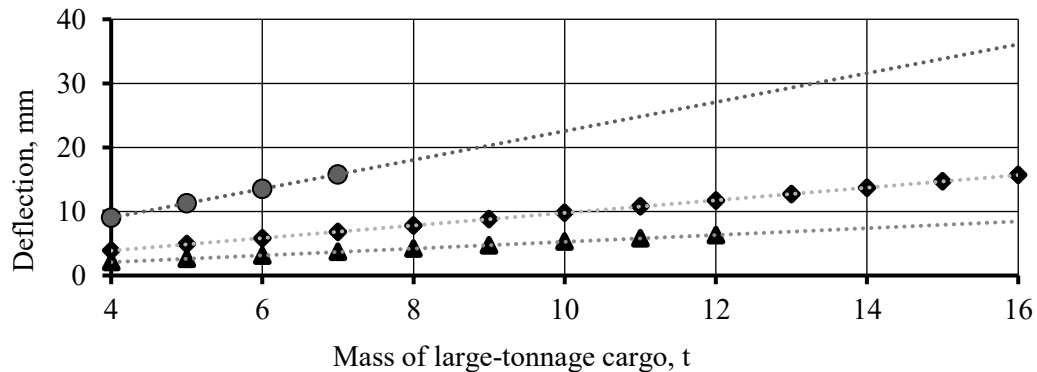


Figure 3 – Graphs of the prediction of the deflection of the monorail beam during transportation from the mass of a large-tonnage cargo

Analysis of the results of modeling the interaction conditions of monorail post elements shows that the deflection values of the monorail link are reduced when using the mobile lifting and conveying system for cargo delivery. At the same time, dynamic loads on the arch fastening are reduced accordingly.

The developed recommendations can be used in the design of new and reconstruction of existing preparatory workings taking into account modern requirements for suspended monorail transport, in order to increase the safety and reliability of underground infrastructure.

The proposed design solutions contribute to increasing the efficiency of mining operations by accelerating the preparation of excavation pillars, reducing the costs of repair and maintenance of fastening systems, and can be recommended for implementation in mines of Western Donbas and other regions with similar geomechanical conditions.

References

1. Shyrin L. M., Rastsvietaiev V. O., Koval O. I. Pidvyshchennia efektyvnosti roboty monoreikovykh dorih pid chas pidgotovky zapasiv vuhillia do ochysnoi vyimky : monohrafiia. – Dnipro : Natsionalnyi hirnychyi universytet, 2014. – 144 s.
2. Herasymenko A. O., Rastsvietaiev V. O., Shyrin A. L. Selection of the means of auxiliary transportation facilities and adaptation of their parameters to specific operation conditions // Naukovyi Visnyk Natsionalnoho Hirnychoho Universytetu. – 2023. – No. 2. – P. 40–46. – DOI: 10.33271/nvngu/2023-2/040.
3. Shyrin L. N., Herasymenko A. O., Shyrin A. L., Yehorchenko R. R., Koptovets O. M., Diachkov P. A., Iniutkin I. V. Pidionno-transportna systema dlia dostavky vantazhiv : zaiavka na vynakhid a202202487 vid 14.07.2022 (Ukraine). – Dnipro, 2022.
4. Shyrin L., Herasymenko A., Iniutkin I. Modelling the suspended monorail route stresses and deflections during the transport of heavy loads with use of diesel locomotives // Mining Machines. – 2023. – Vol. 41, No. 2. – P. 132–142. – DOI: 10.32056/KOMAG2023.2.5.

Геодезія та землеустрій

Берега О.Г., аспірант спеціальності G18 Геодезія та землеустрій

Науковий керівник: Даценко Л.М. д. геогр. н., професор кафедри геодезії, картографії та землеустрою

(Київський національний університет імені Тараса Шевченка, м. Київ, Україна)

ПОРІВНЯЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА DIGITALS ТА QGIS ДЛЯ ВИРІШЕННЯ ЗАДАЧ КОНТРОЛЬНОГО ГЕОДЕЗИЧНОГО ЗНІМАННЯ

За своєю суттю контрольне геодезичне знімання (КГЗ) є детальним топографічним зніманням території, яке виступає обов'язковою процедурою верифікації параметрів новозбудованих об'єктів класів наслідків СС2 та СС3. Виконання цих робіт є необхідним етапом для подальшого введення об'єкта в експлуатацію через Єдину державну систему у сфері будівництва (ЄДЕССБ). Результати звітності формуються в системі координат УСК-2000 BL і подаються виключно у двох цифрових форматах: векторному (архів .zip із файлами .shp, .shx, .dbf) та растровому (GeoTIFF). Додатково до системи завантажуються координати меж об'єкта у форматі .geojson, що містять відомості про його площу, висоту та спосіб отримання даних. Ефективність та якість підготовки такої специфічної документації та її відповідність вимогам ЄДЕССБ залежать від вибору програмного забезпечення для виконання камеральних робіт. [1-2]

Для порівняння було обрано Digital та QGIS через ряд переваг програмних засобів, зокрема Digital через глибоку інтеграцію з вітчизняними стандартами та обмінними файлами, QGIS - як потужна безкоштовна ГІС для роботи з форматами.

Digital. Програма поєднує в собі потужний картографічний редактор з елементами геоінформаційної системи (ГІС). Програма використовується у сферах геодезії, картографії та землеустрою. Digital дозволяє виконувати повний цикл робіт, починаючи з обробки польових вимірювань, закінчуючи створенням цифрових топографічних карт та звітних документів. Дозволяє працювати з стереоскопічним зніманням за аеро- та космічними знімками, створювати ортофотоплани, будувати цифрові моделі рельєфу (ЦМР) та TIN моделі. Наявна бібліотека умовних позначень для топографічних карт масштабів (від 1:500 до 1:10000) з використанням офіційних класифікаторів та умовних позначень. Рідним форматом програми є DMF (Digital Map File), проте вона підтримує імпорт та експорт у понад два десятки форматів, включаючи DXF/DWG (AutoCAD), SHP (ArcGIS) та GeoJSON. [3]

Digital має внутрішнє програмне середовище на основі спрощеної мови програмування (Digital Script). Скрипти дозволяють записувати сценарії виконання складних завдань за допомогою програмного коду, створювати власні кнопки на панелях інструментів для виклику специфічних функцій, яких немає в стандартному інтерфейсі, автоматизувати роботу з об'єктами, реагуючи на події (наприклад, автоматичне створення рамок, розрахунок площ або нумерація точок).

Для вирішення задач на камеральному етапі контрольного геодезичного знімання вимагається додаткове налаштування шаблону карти згідно з вимогами Порядку ведення ЄДЕССБ. Фінальним етапом є збереження об'єктів топографічного плану КГЗ в форматі шейп-файлу та додаткове налаштування системи координат (встановлення УСК-2000 BL (EPSG:5561)) в QGIS з подальшим перезбереженням його в шейп та архівування в .zip архів. Також часто створюють geojson об'єкта будівництва, хоча така можливість наявна і в Digital. Теоретично можна уникнути етапу експорту даних до QGIS, проте в такому випадку постає питання більш глибокого налаштування Digital. Слід зауважити, що повноцінна ГІС дає більше можливостей роботи з геопросторовими об'єктами та форматами даних, а тому QGIS добре підходить для вирішення задач КГЗ. [3]

QGIS – це повністю безкоштовна геоінформаційна система з відкритим вихідним кодом, що розповсюджується за ліцензією GNU GPL та є частиною проєктів фонду OSGeo. Програмне забезпечення надає широкі можливості для оброблення, аналізу та візуалізації геопросторових даних, а також для створення різноманітної картографічної продукції. Користувачі можуть вільно формувати складні багат шарові карти, застосовуючи при цьому різні картографічні проєкції. QGIS забезпечує роботу з широким спектром растрових і векторних форматів, а також підтримує інтеграцію з просторовими базами даних, зокрема PostGIS, Spatialite та MySQL. Така універсальність досягається завдяки використанню бібліотек GDAL та OGR, що відповідають за оброблення геоданих. [4]

Розширення функціоналу QGIS здійснюється шляхом розробки плагінів на базі Python (PyQGIS) та бібліотеки Qt. Базова архітектура включає файли metadata.txt, __init__.py та mainPlugin.py, що через API забезпечують маніпулювання даними, геометричний аналіз та виконання фонових завдань. Графічний інтерфейс, створений у Qt Designer, інтегрується в меню та панелі інструментів програми. Для спрощення розробки плагіну використовують Plugin Builder, Plugin Reloader. [4]

Плагін GeoAI суттєво розширює аналітичний потенціал QGIS, інтегруючи методи штучного інтелекту та глибинного навчання безпосередньо в інтерфейс програми без необхідності написання коду. Плагін додає інструменти для автоматизованого пошуку та завантаження знімків, генерації навчальних даних, а також тренування моделей для сегментації об'єктів (будівель, водойм), класифікації покриття. [5]

Обидві програми мають свої переваги для забезпечення ефективного камерального етапу контрольного геодезичного знімання. Digitals зручний тим, що вже містить готові українські класифікатори та умовні знаки, тому не потребує складних налаштувань на початку. Водночас QGIS виграє за рахунок гнучкості: через розробку плагінів на Python у ньому можна автоматизувати рутинні задачі та навіть використовувати штучний інтелект. Хоча для QGIS потрібно самостійно створити бібліотеку умовних позначень, його відкритість дозволяє повністю налаштувати робочий процес під вимоги КГЗ шляхом створення плагіну та використання зовнішніх бібліотек Python.

Список використаних джерел:

1. Деякі питання забезпечення функціонування Єдиної державної електронної системи у сфері будівництва : Постанова Каб. Міністрів України від 23.06.2021. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/681-2021-n#Text> (дата звернення: 30.01.2026).
2. Береза О. Г. Загальні положення контрольного геодезичного знімання. *«Молодь: наука та інновації»* : XIII Міжнар. науково-техн. конф. студентів, аспірантів та молодих вчен., м. Дніпро. Дніпро, 2025. С. 240–241.
3. Програмне забезпечення для цифрової картографії та землеустрою Digitals. *ТОВ "Аналітика"*. URL: <https://vinmap.net/>. (дата звернення: 30.01.2026).
4. PyQGIS Developer Cookbook. *QGIS*. URL: https://docs.qgis.org/3.40/en/docs/pyqgis_developer_cookbook/index.html.
5. GeoAI: Artificial Intelligence for Geospatial Data. *GeoAI*. URL: <https://opengeoai.org/> (дата звернення: 30.01.2026).

УДК 528.44:336.22

Крамаренко О.Р., аспірант спеціальності G18 Геодезія та землеустрій

Науковий керівник: Пілічева М. О., к.т.н, доцент, доцент кафедри земельного адміністрування та геоінформаційних систем

(Харківський національний університет міського господарства імені О.М. Бекетова, м. Харків, Україна)

ОЦІНКА ВПЛИВУ ПОХИБКИ ПОЗИЦІОНУВАННЯ GNSS-ПРИЙМАЧІВ НАВІГАЦІЙНОГО КЛАСУ ПРИ ФОРМУВАННІ ПОЛІГОНІВ ЗАБРУДНЕНИХ ТЕРИТОРІЙ НА ОПОДАТКУВАННЯ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ ЗЕМЕЛЬ

Актуальність дослідження зумовлена інтенсивним розвитком сфери протимінної діяльності в Україні та безпрецедентними масштабами просторового формування нових полігонів імовірно забруднених (ІЗТ) та забруднених територій (ЗТ). Наявність значних інструментальних похибок при фіксації координат меж таких об'єктів створює суттєві ризики для економічної стабільності деокупованих територіальних громад внаслідок потенційного та необґрунтованого вилучення великих масивів кадастрових ділянок сільськогосподарського призначення із системи оподаткування.

В рамках виконання заходів з протимінної діяльності, активно проводяться роботи з нетехнічного обстеження земель сертифікованими операторами протимінної діяльності. За їх результатами формуються полігони ІЗТ та ЗТ. Формування меж цих полігонів зазвичай здійснюється з використанням GNSS-приймачів навігаційного класу, для якого в польових умовах характерна автономна просторова похибка позиціонування, що в середньому становить ± 3 м.

Згідно з чинним податковим законодавством України [1], земельні ділянки, що класифіковані як ІЗТ або ЗТ, звільняються від сплати земельного податку. Оскільки базовою одиницею обліку є кадастрова ділянка, навіть мінімальне просторове накладення (перетин) полігону забруднення на її межі фактично призводить до вилучення всієї площі ділянки з бази оподаткування. Таким чином, просторова похибка вимірювань трансформується у прямі фінансові втрати місцевих бюджетів.

Метою дослідження є розробка та порівняння двох концептуальних геоінформаційних моделей оцінки економічних втрат місцевих бюджетів, спричинених просторовою невизначеністю меж полігонів ІЗТ/ЗТ.

Для формалізації впливу GNSS - похибки запропоновано два методи моделювання просторової невизначеності [2]: метод суцільної полігональної буферизації та метод дискретних точкових буферів.

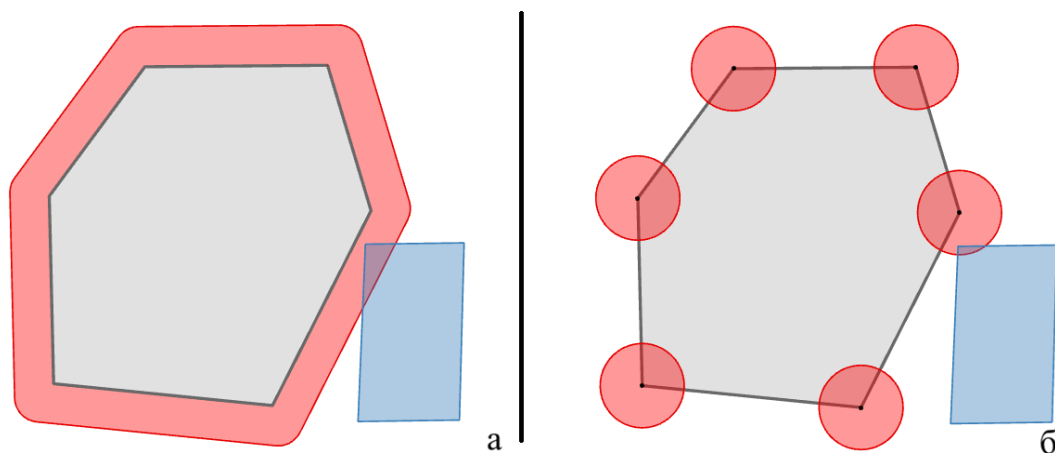


Рисунок 1 – Порівняння геоінформаційних моделей просторової невизначеності: а) суцільна полігональна буферизація; б) дискретна буферизація поворотних точок

Метод 1. Суцільна полігональна буферизація. Цей підхід передбачає рівномірне розширення всієї площі полігону забруднення назовні. Нехай S – базовий полігон забрудненої території. Зона просторової невизначеності (B_{poly}) визначається як:

$$B_{poly} = \{x \in \mathbb{R}^2 \mid d(x, S) \leq \varepsilon\}$$

де $d(x, S)$ – найкоротша відстань від точки x до межі полігону S .

Цей метод формує песимістичний сценарій, оскільки враховує зсув не лише поворотних точок, а й лінійних відрізків між ними, що призводить до максимальної оцінки кількості помилково залучених кадастрових ділянок.

Метод 2. Дискретна буферизація поворотних точок (вузлів). Даний підхід більш точно відображає логіку польових вимірювань, де оператор фіксує координати дискретними точками (вершинами). Нехай межа полігону S задається множиною поворотних точок $V = \{v_1, v_2, \dots, v_n\}$. Тоді зона просторової невизначеності (B_{nodes}) формується як об'єднання локальних буферних зон навколо кожної зафіксованої вершини:

$$B_{nodes} = \bigcup_{k=1}^n \{x \in \mathbb{R}^2 \mid d(x, v_k) \leq \varepsilon\}$$

Цей метод ігнорує зсув лінійних сегментів контуру, фокусуючись виключно на інструментальній похибці у точках фіксації. Він формує консервативний сценарій оцінки, відсікаючи кадастрові ділянки, які перетинаються лише з лінійними межами полігону поза радіусом похибки поворотних точок.

Ідентифікація помилково звільнених від податку ділянок в обох методах здійснюється за допомогою алгоритму топологічного оверлею [2]. Кадастрова ділянка C_i вважається такою, що втрачає статус оподатковуваної виключно через інструментальну похибку, якщо одночасно виконуються дві умови: відсутність перетину з базовим полігоном ($C_i \cap S = \emptyset$) та наявність перетину із зоною невизначеності ($C_i \cap B \neq \emptyset$).

Запропонована двоваріантна геоінформаційна методологія дозволяє кількісно оцінити діапазон фінансових втрат місцевих бюджетів. Метод суцільної буферизації визначає верхню межу економічних ризиків, тоді як метод дискретних буферів забезпечує більш точну, консервативну оцінку, наближену до специфіки збору просторових даних у протимінній діяльності. Розроблена теоретична база алгоритмізована мовою Python (ArcPy) та підготовлена для подальшої апробації на верифікованих масивах даних операторів протимінної діяльності.

Список використаних джерел:

1. Податковий кодекс України : Закон України від 02.12.2010 № 2755-VI. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2755-17> (дата звернення: 25.02.2026).
2. Карпінський Ю. О., Лященко А. А., Лазоренко-Гевель Н. Ю. Основи ГІС. Стандартизація географічної інформації : навч. посіб. Київ : КНУБА, 2021. 152 с. URL: https://library.knuba.edu.ua/books/15_1_21_3.pdf (дата звернення: 25.02.2026).

Кухар М.А., к.т.н., кафедра земельного адміністрування та геоінформаційних систем

(Харківський національний університет міського господарства імені О.М. Бекетова, м. Харків, Україна)

КАТЕГОРІАЛЬНЕ ВІДОБРАЖЕННЯ ПРОСТОРОВО-ЧАСОВОГО ПОЗИЦІОНУВАННЯ В СИСТЕМІ GNSS

Більшість випадків реалізації та використання супутникових технологій в геодезії для виконання топографічних та інженерних робіт характеризується застосуванням GNSS в базовому (класичному) концепті. Він найчастіше мислиться як система з трьох компонентів:

- супутники (джерело сигналу часу та навігаційних даних);
- базова станція (референс-приймач на точці з відомими координатами);
- ровер чи польовий приймач (той, що визначає координати невідомої точки).

Тобто, використовується мережа базових станцій, які представляють фізичне та інформаційно-цифрове втілення системи геодезичних координат високої точності на землі для визначення множини точок земної поверхні через положення та сигнал супутників та портативного обладнання геодезиста.

Розуміння цієї системи, вміння працювати з ровером та розуміння геодезичних методів достатнє для виконання технічних геодезичних задач в роботі геодезиста [1-2].

Цю систему можна відобразити за допомогою теорії категорій, представивши елементи GNSS-вимірювань як взаємозв'язок об'єктів та морфізмів між ними. Ці елементи відповідають складовим системи та процесам. У такій інтерпретації супутники, базові станції, ровери розглядаються як об'єкти категорії, а технологічні операції вимірювання, синхронізації, корекції та обчислення – як морфізми. З огляду на те, що GNSS-вимірювання містять паралельні інформаційні потоки та множинні складові елементи, категоріальне моделювання є зручним способом формалізації структури процесу та контролю його коректності через ідею комутативності діаграм

Категоріальне відображення класичної GNSS-концепції представляється категорією T , яка включає об'єкти та морфізми (рис. 1):

S – це множина станів еталонного атомного годинника супутника – це, умовно, ідеальна шкала часу, де елемент $t_s \in S$ – це точний реальний час відправлення сигналу;

B – це множина станів часу внутрішнього кварцового годинника базової станції, де елемент $t_b \in B$ – це стан годинника бази.

R – це множина станів часу внутрішнього годинника ровера, де елемент $t_r \in R$ – це стан годинника ровера.

$f_1: S \rightarrow R$ – це морфізм, який описує процес, коли супутник відправляє сигнал з часом роверу і ровер намагається підлаштувати свій локальний час під час S . Результатом є синхронізований стан годинника ровера з годинником супутника $f_1(t_s) = t_r$;

$f_2: S \rightarrow B$ – це морфізм, який описує процес, коли супутник відправляє сигнал з часом базовій станції і базова станція порівнює свій локальний час з часом S . Результатом є обчислений синхронізований стан годинника бази $f_2(t_s) = t_b$;

$f_3: B \rightarrow R$ – це морфізм, який описує процес, коли базова станція відправляє сигнал з поправками до часу супутника роверу і ровер враховує поправки, підлаштовуючи свій локальний час під час S . Результатом є синхронізований стан годинника ровера з годинником супутника $f_3(t_b) = t_r$;

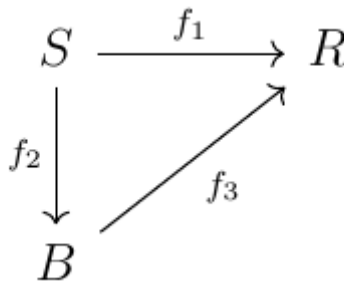


Рисунок 1 – Комутативна діаграма застосування GNSS в базовому (класичному) концепті

Варто зазначити, що комутативність даної діаграми (рис. 1) відображається саме в просторі інформаційної зв'язності та часової синхронізації, де кінцевою метою обох шляхів є досягнення єдиного системного часу – спільна обробка даних від ровера та бази дозволяє реалізувати метод просторово-часового диференціювання, компенсувати похибки і перейти до точного позиціювання. В подальших дослідженнях будуть розглянуті інші елементи системи.

Список використаних джерел:

1. Hamza, V., Stopar, B., Sterle, O. & Pavlovčič-Prešeren, P. (2024). Observations and positioning quality of low-cost GNSS receivers: a review. GPS Solutions. 28(3), Art. 149. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10291-024-01686-8>
2. Ashby, N. (2003). Relativity in the Global Positioning System. Living Reviews in Relativity. 6(1), Art. 1. URL: <https://askuswhatever.com/wp-content/uploads/2022/05/Ashby-Relativity-in-the-Global-Positioning-System-2003.pdf>

УДК 332.64:711.4

Жук О.В., аспірантка спеціальності G18 Геодезія та землеустрій**Науковий керівник: Штерндок Е.С., к.т.н., доцент кафедри земельного адміністрування та геоінформаційних систем***(Харківський національний університет міського господарства ім. О.М. Бекетова, м. Харків, Україна)***ЕКСПЕРТНА ОЦІНКА ЗЕМЕЛЬ У СИСТЕМІ УПРАВЛІННЯ ТЕРИТОРІЯМИ**

Сучасні процеси реформування земельних відносин та децентралізації управління в Україні зумовлюють підвищення ролі експертної оцінки земель у системі прийняття управлінських рішень. Земельні ресурси є базовим просторовим елементом розвитку територій, матеріальною основою розміщення виробничої, житлової та соціальної інфраструктури, а також важливим джерелом формування місцевих бюджетів. У цих умовах експертна оцінка земель набуває комплексного значення, виходячи за межі виключно фіскального інструменту.

Вартість земельної ділянки формується під впливом системи взаємопов'язаних чинників, що охоплюють природні характеристики території, рівень її інженерного забезпечення, транспортну доступність, функціональне зонування, містобудівні регламенти та соціально-економічну активність. Земля, як просторово локалізований ресурс, не може розглядатися ізольовано від середовища, у якому вона функціонує. Саме тому експертна оцінка повинна враховувати не лише поточний стан території, а й перспективи її розвитку.

Особливого значення набуває взаємозв'язок між планувальними рішеннями та трансформацією вартісних характеристик земель. Розроблення та реалізація містобудівної документації, зміна функціонального призначення території, будівництво об'єктів інженерно-транспортної інфраструктури або створення нових центрів ділової активності безпосередньо впливають на рівень попиту на земельні ділянки. У результаті відбувається перерозподіл економічної цінності в межах території, що відображається у зміні її інвестиційної привабливості.

У системі управління територіями експертна оцінка земель виконує декілька взаємодоповнюючих функцій. По-перше, вона забезпечує формування обґрунтованої податкової бази та визначення розміру орендної плати. По-друге, виступає інструментом регулювання структури землекористування шляхом економічного стимулювання або обмеження певних видів діяльності. По-третє, слугує аналітичною основою для стратегічного планування розвитку громади, дозволяючи оцінювати економічні наслідки реалізації просторових рішень.

Важливим напрямом удосконалення системи оцінювання є інтеграція економічного аналізу з просторовими даними. Використання геоінформаційних технологій створює можливості для комплексної обробки інформації про територію, виявлення закономірностей розміщення вартості земель та моделювання сценаріїв її зміни залежно від альтернативних варіантів розвитку. Такий підхід сприяє підвищенню прозорості управлінських рішень та зменшенню ризиків неефективного використання земельних ресурсів.

У сучасних умовах особливої актуальності набуває питання забезпечення збалансованості між економічними інтересами та принципами сталого розвитку. Надмірна концентрація комерційної забудови або інтенсивне використання території без урахування екологічних обмежень може призвести до короткострокового зростання вартості земель, однак у довгостроковій перспективі зумовити погіршення якості середовища та зниження соціальної привабливості території. Тому експертна оцінка

земель повинна враховувати не лише показники ринкової кон'юнктури, а й довгострокові стратегічні цілі розвитку громади.

Системний підхід до експертної оцінки передбачає розгляд вартості земель як результату взаємодії управлінських рішень, просторової організації території та соціально-економічних процесів. У цьому контексті доцільно трактувати оцінювання як інструмент зворотного зв'язку, що дозволяє коригувати стратегію територіального розвитку залежно від отриманих результатів. Така позиція сприяє переходу від фрагментарного управління земельними ресурсами до комплексної моделі просторово-економічного регулювання.

Отже, експертна оцінка земель у системі управління територіями виступає важливим механізмом забезпечення ефективного використання простору, підвищення інвестиційної привабливості та зміцнення фінансової спроможності територіальних громад. Її розвиток повинен базуватися на поєднанні економічних методів аналізу з інструментами просторового планування та сучасними інформаційними технологіями, що забезпечить формування обґрунтованої та довгостроково орієнтованої політики територіального розвитку.

Список використаних джерел:

1. Земельний кодекс України (2001). Закон України від 25.10.2001 № 2768-III (зі змінами та доповненнями).
2. Про оцінку земель (2003). Закон України від 11.12.2003 № 1378-IV (зі змінами).
3. Про регулювання містобудівної діяльності (2011). Закон України від 17.02.2011 № 3038-VI (зі змінами).
4. Кабінет Міністрів України (2021). Методика нормативної грошової оцінки земельних ділянок : затверджено постановою від 03.11.2021 № 1147.
5. Дорош, Й.М. (2018). Економіка землекористування :навчальний посібник. Київ : Аграрна наука. 312 с.
6. Палеха, Ю.М. (2017). Грошова оцінка земель населених пунктів : теоретико-методологічні засади та практика застосування. Київ : Профі. 276 с.
7. Третяк, А.М. & Третяк, В.М. (2019). Управління земельними ресурсами : теорія та практика. Київ : Аграрна наука. 354 с.

Причина Д. О., здобувачка спеціальності 193 Геодезія та землеустрій

Науковий керівник: Сопова Н. В., старший викладач кафедри управління земельними ресурсами, геодезії та кадастру

(Державний біотехнологічний університет, м. Харків, Україна)

ЕКОЛОГО-ЕКОНОМІЧНІ ОСНОВИ РАЦІОНАЛЬНОГО ВИКОРИСТАННЯ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ ЗЕМЕЛЬ НА ТЕРИТОРІЇ ДНІПРОПЕТРОВСЬКОЇ ОБЛАСТІ

Раціональне використання сільськогосподарських земель у Дніпропетровській області, одному з ключових аграрних регіонів України, є комплексною проблемою, що поєднує екологічні та економічні аспекти в умовах посиленого антропогенного та воєнного навантаження. Область характеризується високим рівнем освоєння земельних ресурсів: сільськогосподарські угіддя займають понад 80 % території, з яких значну частку становить рілля на чорноземах типових та звичайних [4]. Водночас інтенсивне землеробство, промислове забруднення (зокрема в Криворізькому та Дніпровському районах), наслідки підризу Каховської ГЕС та бойових дій призвели до активізації деградаційних процесів, зокрема водної та вітрової ерозії, втрати гумусу, локального забруднення важкими металами та порушення структури ґрунтів [2; 3].

Еколого-економічний підхід до землекористування базується на принципі сталого розвитку, де максимізація економічної ефективності (зростання врожайності, рентабельності виробництва зернових, олійних та технічних культур) не повинна суперечити збереженню та відтворенню родючості ґрунтів [4]. Цей підхід реалізується через точне картографування, моніторинг земель за допомогою геоінформаційних систем (GIS), супутникових даних (Sentinel) та аерофотознімання дронами, що дозволяє виявляти ерозійно-небезпечні ділянки, оцінювати ступінь деградації та обґрунтовувати перерозподіл земель. Зокрема, у степовій зоні області посилення ерозійних процесів після 2023 року пов'язане з порушенням водно-повітряного режиму через відсутність зрошення на значних площах, що вимагає впровадження ґрунтозахисних сівозмін, контурного землеробства та агролісомеліорації [2].

Економічна складова раціонального використання земель проявляється в підвищенні вартості сільськогосподарських угідь та активізації земельного ринку, де Дніпропетровська область демонструє високі показники обігу земель [1]. Водночас екологічні втрати від деградації (щорічні втрати гумусу, ерозія верхнього шару) знижують довгострокову рентабельність, що робить необхідним інтеграцію механізмів економіко-екологічного регулювання [5].

Розробка цифрових моделей рельєфу, еколого-економічне обґрунтування проектів землеустрою, інтеграція даних кадастру з екологічними мережами та створення регіональних програм рекультивації порушених земель дозволяють оптимізувати сівозміни, зменшити тиск на деградовані ділянки та підвищити врожайність на 20–30 % за умови збереження екологічної стійкості [4; 5]. Перспективним є впровадження регіональної програми на 2026–2030 роки з акцентом на зелений перехід, кооперативні форми господарювання та відновлення післявоєнних ушкоджень відповідно до принципів ЄС [5].

Таким чином, раціональне використання сільськогосподарських земель Дніпропетровської області вимагає системної інтеграції геодезичних методів моніторингу та планування з еколого-економічними принципами сталого розвитку. Це забезпечить не лише продовольчу безпеку та конкурентоспроможність регіону, але й збереження природного потенціалу для майбутніх поколінь в умовах посилених викликів кліматичних змін та воєнного періоду.

Список використаних джерел:

1. Земельний ринок в Україні: стан та тенденції (2021–2025): аналітич. звіт / Київ. шк. економіки; за ред. Т. О. Мілашевич. Київ, 2025. 68 с.
2. Вплив війни на стан українських ґрунтів. Результати аналізу: звіт / Екодія; за ред. О. М. Кравченко. Київ, 2023. 112 с.
3. Soil Cover of Ukraine in the Conditions of Hostilities: State, Challenges, Activities for Soil Restoration / O. V. Kovalenko et al. *Ukrainian Journal of Ecology*. 2024. Vol. 14. № 2. P. 45–58. DOI: 10.15421/2024_567.
4. Стратегія розвитку Дніпропетровської області на період до 2027 року (оновлена редакція) / Дніпропетров. обл. держ. адміністрація. Дніпро, 2025. 248 с.
5. Звіт про стратегічну екологічну оцінку плану заходів на 2024–2027 роки: звіт / Дніпропетров. обл. держ. адміністрація; за ред. О. І. Петренко. Дніпро, 2023–2025. 156 с.

УДК 332.23:349.41(477.53)

Савчук О.В., студентка спеціальності 193 Геодезія та землеустрій

Науковий керівник: Сєдов А.О., ст. викладач кафедри управління земельними ресурсами, геодезії та кадастру

(Державний біотехнологічний університет, м. Харків, Україна)

ОРГАНІЗАЦІЯ ТА ПРОВЕДЕННЯ ЗЕМЕЛЬНИХ ТОРГІВ З ПРОДАЖУ ПРАВА ОРЕНДИ У ФОРМІ АУКЦІОНУ НА ТЕРИТОРІЇ СКОРОХОДІВСЬКОЇ ТЕРИТОРІАЛЬНОЇ ГРОМАДИ ПОЛТАВСЬКОГО РАЙОНУ ПОЛТАВСЬКОЇ ОБЛАСТІ

Правову основу придбання громадянами та юридичними особами земельних ділянок та прав на них на конкурентних засадах становить Конституція України, відповідно до якої громадяни, юридичні особи та держави набувають і реалізують право власності на землю виключно відповідно до закону [1]. Земельний кодекс України [2] встановлює загальне правило, відповідно до якого земельні ділянки державної чи комунальної власності або права на них (оренда, суперфіцій, емфітевзис), у тому числі з розташованими на них об'єктами нерухомого майна державної або комунальної власності, підлягають продажу окремими лотами на конкурентних засадах (земельних торгах), крім випадків, встановлених ч. 2-3 ст. 134 Земельного кодексу України [2].

Земельний кодекс України до 2021 року передбачав проведення земельних торгів через аукціони. Такі аукціони з продажу земельних ділянок проводились у вигляді підняття табличок зі ставками та іншими подібними діями, які не лише не відповідали сучасним умовам, а й містили низку корупційних факторів, серед яких: вплив зацікавлених осіб на результати торгів, фальсифікація результатів земельних торгів шляхом виставлення «спаринг-партнера», внесення неправдивої інформації про земельний лот з метою уникнення конкурентної процедури аукціону, непрозорість проведення земельних торгів та обмеження громадського контролю за ними тощо.

Задля зміни такої корупційної практики продажу та передачі в користування землі, у 2021 році було впроваджено більш сучасний, прозорий та ефективний механізм – електронні земельні торги, а саме прийняття Закону України «Про внесення змін до деяких законодавчих актів України щодо продажу земельних ділянок та прав на них через електронні аукціони» від 18.05.2021 року [3] та Постанови Кабінету Міністрів України № 1013 «Деякі питання підготовки до проведення та проведення земельних торгів для продажу земельних ділянок та набуття прав користування ними (оренди, суборенди, суперфіцію, емфітевзису».

Адміністратором електронної торгової системи є державне підприємство «Prozorro. Продажі», яке належить до сфери управління Міністерства економіки України.

Земельні аукціони відбуваються в режимі реального часу в Інтернеті на електронному майданчику «Prozorro. Продажі», який є державним підприємством, що адмініструє електронну торгову систему, а також слугує центральною базою даних для електронних торгів [3].

Доступ до електронної торгової системи надається організатору (сільській, селищній, міській раді) на підставі укладеного ним договору про організацію та проведення земельних торгів з оператором електронного майданчика протягом робочого дня після проходження організатором реєстраційних процедур [3].

На даний час Скороходівська селищна рада Полтавського району Полтавської області вже не один рік співпрацює з оператором майданчика ПП «Регіональний центр аукціонів».

За період з 2022 року по 2026 рік організатором було проведено 33 аукціони з продажу права оренди земельних ділянок з різним цільовим призначенням, які успішно завершилися [4].

На рисунку 1 наведені результати найуспішніших електронних аукціонів Скороходівської селищної ради з сайту Прозоро. Продажі [4].

↓ ЕКСЕЛЬ

Топ 3 завершених аукціонів з найвищим доходом

Ідентифікатор аукціону	Аукціон	Дохід	% зростання ціни	Кількість учасників	Посилання на портал
LRE001-UA-20251001-69993	Право оренди на земельну ділянку площею 13,8000 га (рілля)	345,20 тисяч	337,06%	5	Посилання
LRE001-UA-20251001-55292	Право оренди на земельну ділянку площею 13,8000 га (рілля)	320,00 тис.	317,38%	5	Посилання
LRE001-UA-20250813-69642	Право оренди на земельну ділянку площею 9,3800 га (рілля)	275,00 тис.	403,14%	5	Посилання

Рисунок 1 Найуспішніші електронні аукціони

Результати проведених торгів ще раз підтверджують ефективність проведення продажу права оренди через електронні аукціони. Спостерігається конкуренція, особливо це стосується земель сільськогосподарського призначення, що забезпечує вагомий внесок до бюджету селищної ради.

Попри позитивну динаміку процедура передачі права оренди земельних ділянок через аукціони потребує вдосконалення. На мою думку, потрібно збільшити рівень перевірок потенційних покупців, також переглянути перелік земельних ділянок, які передаються в оренду без проведення земельних торгів.

Список використаних джерел:

1. Конституція України : Закон України від 28.06.1996 № 254к/96-ВР: станом на 1 січня 2024 р. / Верховна Рада України. Чинний. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/254%D0%BA/96-%D0%B2%D1%80> (дата звернення: 17.02.2026).
2. Земельний кодекс України : Закон України від 25 жовт. 2001 р. № 2768-III : станом на 1 січня 2025 р. / Верховна Рада України. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2768-14> (дата звернення: 17.02.2026).
3. Про внесення змін до деяких законодавчих актів України щодо продажу земельних ділянок та набуття права користування ними через електронні аукціони : Закон України від 18.05.2021 № 1444-IX. *Відомості Верховної Ради України*. 2021. № 38-39. Ст. 320.
4. Prozorro. Продажі. Електронні земельні торги. URL: <https://prozorro.sale> (дата звернення: 17.02.2026).

УДК 528.8.04/528.481

Панчишин Д.І., Третяк І.О., студенти спеціальності 193 Геодезія та землеустрій
Науковий керівник: Нестеренко С.В., к.т.н., доцент, доцент кафедри автомобільних доріг, геодезії та землеустрою
(Національний університет «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка», м. Полтава, Україна)

INSAR ДЛЯ МОНІТОРИНГУ ДЕФОРМАЦІЙ ТЕРИТОРІЙ

У сучасних умовах зростання техногенного навантаження на довкілля, активізації природних небезпек та розвитку інфраструктури питання точного й оперативного моніторингу деформацій земної поверхні набуває особливої актуальності. Несвоєчасне виявлення зсувів, осідань чи тектонічних рухів може призвести до значних економічних втрат, руйнування інженерних споруд та навіть людських жертв. Традиційні наземні геодезичні методи (нівелювання, тахеометрія, GNSS-спостереження) забезпечують високу точність, проте вони обмежені у просторі, трудомісткі та не дозволяють отримати повну картину змін на великих територіях [1]. У цьому контексті дистанційні методи, зокрема інтерферометрія SAR (InSAR), відкривають нові можливості для глобального та локального моніторингу. Інтерферометрія SAR (InSAR) базується на аналізі фазової різниці між двома або більше радарними знімками однієї території. Це дозволяє визначати зміни відстані між антеною та поверхнею Землі з точністю до міліметрів. Основним продуктом є інтерферограма, де кожен піксель містить інформацію про фазові зміни, що відображають деформації або особливості рельєфу [2]. Для виділення саме деформацій застосовують диференціальну інтерферометрію DInSAR, а для довготривалого моніторингу — метод постійних розсіювачів PSInSAR. До переваг SAR для моніторингу деформацій можна віднести: незалежність від погодних умов і освітлення, висока просторова роздільна здатність, глобальне покриття

Диференціальна інтерферометрія SAR (DInSAR) – це розвиток класичного InSAR, який дозволяє виділити саме деформації поверхні, відокремивши їх від топографічного ефекту. Для цього з інтерферограми віднімається топографічна фаза, отримана або з цифрової моделі рельєфу (DEM), або з додаткового SAR-знімка, залишаючи лише фазу, пов'язану з деформацією між датами зйомки [3]

Інтерферометрія постійного розсіювання PSInSAR – дозволяє дистанційно вимірювати зміщення земної поверхні та споруд з міліметровою точністю на великих територіях протягом тривалого часу [2]. В якості контрольних пунктів використовуються точки зі стабільними характеристиками відбиття радіосигналу. Щільність таких точок зазвичай низька на незабудованих заліснених територіях, а також на крутих місцевостях, що звернені до радарних датчиків. В таких випадках для моніторингу можуть застосовуватися штучні кутові відбивачі, які встановлюються на стабільну точку вимірювання (PS) з відомими координатами [4]. На карти швидкостей деформації PSI іноді можуть впливати нахили, які можуть бути спричинені некомпенсованими орбітальними помилками або некомпенсованими низькочастотними атмосферними ефектами [2]. Перевірити отримані результати можна наземними геодезичними методами, проте лише на ті періоди, коли були виконані контрольні знімання. Так як перевагами радіолокаційної інтерферометрії є можливість виконання моніторингу протягом минулого тривалого періоду, то доповненням і контрольною перевіркою може бути лише аналогічний супутниковий метод. В такому випадку достатньо змінити напрям знімання з висхідної на низхідну орбіти. Оскільки супутники рухаються по різних траєкторіях і сканують об'єкт під різними кутами, то це дозволяє виконати повторні виміри, змінивши напрям знімання з висхідної на низхідну орбіти. При

висхідній орбіті (Ascending) супутник рухається з півдня на північ та вектор вимірювання спрямований під певним кутом падіння зі зміщенням у бік сходу. У низхідній орбіті (Descending) супутник рухається з півночі на південь. Вектор вимірювання спрямований під подібним кутом, але зі зміщенням у бік заходу. Метод полягає в тому, що осідання або підняття впливає на зміну фази сигналу на обох орбітах однаково. Водночас горизонтальний рух у напрямку «Схід-Захід» викликає протилежні зміни фази: об'єкт наближається до радару на висхідній орбіті та віддаляється від нього на низхідній (або навпаки) [5]. Отримання результатів з двох орбіт супутників дуже важливо для моніторингу гребель та насипів, де деформація часто має складний характер (наприклад, осідання гребеня та горизонтальний зсув укосів). Використання обох орбіт також дозволяє уникнути помилкових інтерпретацій, пов'язаних з геометричними спотвореннями (тіні, накладання) та тепловим розширенням конструкцій, яке може по-різному проявлятися вранці та ввечері під час прольоту супутника.

Інтерферометрія SAR (InSAR) є потужним інструментом для моніторингу деформацій земної поверхні. Її інтеграція з класичними геодезичними методами створює комплексну систему контролю, що забезпечує своєчасне виявлення небезпечних процесів, мінімізацію ризиків та ефективне управління територіями. Використання даних з різних орбіт підвищує надійність результатів та дозволяє отримати повну картину деформацій.

Список використаних джерел:

1. Нестеренко, С.В., Шарий, Г.І., Щепак, В.В., Ткаченко, І.В. & Трифонова, А.С. (2023). Геоматичний моніторинг екологічних загроз на техногеннонавантажених територіях. *Землеустрій, кадастр і моніторинг земель: науково-виробничий журнал*. 2, С. 26–44. DOI: <http://dx.doi.org/10.31548/zemleustriy2023.02.03>
2. Persistent Scatterer Interferometry: A review / M. Crosetto et al. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*. 2016. Vol. 115. P. 78–89. URL: <https://doi.org/10.1016/j.isprsjprs.2015.10.011>
3. Differential interferometric synthetic aperture radar for tide modelling in Antarctic ice-shelf grounding zones. *TC - Recent*. URL: <https://tc.copernicus.org/articles/13/3171/2019/>.
4. Garthwaite M. On the Design of Radar Corner Reflectors for Deformation Monitoring in Multi-Frequency InSAR. *Remote Sensing*. 2017. Vol. 9, no. 7. P. 648. URL: <https://doi.org/10.3390/rs9070648>
5. Hanssen R.F. Radar interferometry. Data interpretation and error analysis. 2001. URL: <https://repository.tudelft.nl/record/uuid:a83859d5-c034-427e-b6a9-114c4b008d19>

УДК 332.3:711.4(477)

Скretchko B. B., аспірант спеціальності 193 «Геодезія та землеустрій»

(Львівський національний університет ветеринарної медицини та біотехнологій імені С.З. Гжицького м. Львів, Україна)

РОЛЬ КОМПЛЕКСНИХ ПЛАНІВ ПРОСТОРОВОГО РОЗВИТКУ ТЕРИТОРІЙ ТЕРИТОРІАЛЬНИХ ГРОМАД У ФОРМУВАННІ ЕФЕКТИВНОЇ СИСТЕМИ ЗЕМЛЕУСТРОЮ

В умовах реалізації реформи децентралізації та оновлення системи управління земельними ресурсами особливого значення набуває впровадження комплексного плану просторового розвитку території територіальної громади, який запроваджений Законом України «Про регулювання містобудівної діяльності» [1]. Запровадження такого виду містобудівної документації стало важливим етапом інтеграції землеустрою та просторового планування на місцевому рівні.

Комплексний план просторового розвитку території громади є стратегічним документом, який визначає функціональне призначення територій, параметри забудови, обмеження у використанні земель, а також перспективи розвитку інженерної та транспортної інфраструктури. Його впровадження створює передумови для формування цілісної системи управління земельними ресурсами в межах громади, що поєднує містобудівні, екологічні, економічні та соціальні аспекти розвитку.

Запровадження комплексних планів просторового розвитку територій територіальних громад забезпечує системну синхронізацію кадастрових і містобудівних даних через узгодження відомостей державний земельного кадастру та містобудівного кадастру, що підвищує повноту й достовірність інформації про земельні ділянки та обмеження у їх використанні; формує єдину систему функціонального зонування території громади, у межах якої чітко визначаються допустимі види використання земель і параметри забудови, що мінімізує конфлікти землекористування та правові колізії; а також забезпечує прозорість прийняття управлінських рішень, оскільки комплексний план виступає нормативною та просторовою основою для надання земельних ділянок, зміни їх цільового призначення, планування інфраструктурного розвитку й формування інвестиційних пропозицій [2].

На нашу думку, роль комплексних планів просторового розвитку території громади у формуванні ефективної системи землеустрою проявляється у декількох ключових напрямках:

1. Забезпечується узгодженість документації із землеустрою та містобудівної документації. Тривалий час в Україні існувала проблема фрагментарності планувальних документів, що призводило до суперечностей у прийнятті управлінських рішень. Комплексний план інтегрує дані про земельні ділянки, функціональне зонування, обмеження у використанні земель, природоохоронні території та об'єкти інженерної інфраструктури, що сприяє системності землеустрою.

2. Створюються умови для раціонального та економічно обґрунтованого землекористування. Визначення пріоритетних напрямів розвитку території дозволяє оптимізувати структуру угідь, зменшити конфлікти землекористування, підвищити інвестиційну привабливість громади та забезпечити прозорість земельних відносин.

3. комплексний план виступає інструментом екологічної безпеки. Врахування природних обмежень, охоронних зон, прибережних захисних смуг, територій із підвищеною ерозійною небезпекою сприяє збереженню земельних ресурсів та запобіганню їх деградації. Таким чином, землеустрій набуває не лише регуляторної, а й природоохоронної функції.

4. Посилюється цифровізація управління земельними ресурсами. Інтеграція даних Державний земельний кадастр із містобудівним кадастром та геоінформаційними системами забезпечує достовірність просторової інформації, оперативність прийняття рішень та підвищує прозорість управління землями комунальної власності.

Водночас ефективність реалізації комплексних планів залежить від методичного забезпечення, професійної підготовки фахівців із землеустрою, належного фінансування та інституційної спроможності органів місцевого самоврядування. Необхідним є удосконалення механізмів моніторингу реалізації планувальних рішень та їх адаптації до змін соціально-економічних умов.

Незважаючи на значний потенціал розробки комплексних планів просторового розвитку територій громад як інструменту модернізації системи землеустрою, їх практичне впровадження супроводжується низкою суттєвих викликів. Серед ключових проблем – недостатнє фінансування розроблення планувальної та землевпорядної документації, що обмежує можливості громад у забезпеченні належної якості матеріалів; нестача кваліфікованих фахівців у сфері просторового планування, землеустрою та геоінформаційних систем на місцевому рівні; неузгодженість та фрагментарність інформаційних баз даних, що ускладнює інтеграцію кадастрової й містобудівної інформації; а також потреба у масштабній цифровізації процесів землеустрою та управління територіальними ресурсами. Подолання зазначених проблем вимагає комплексної державної підтримки, удосконалення нормативно-методичного забезпечення, підвищення професійної спроможності органів місцевого самоврядування та активного впровадження сучасних геоінформаційних технологій у практику управління розвитком територій [3].

Отже, комплексні плани формують якісно нову модель землеустрою на рівні територіальної громади, що базується на стратегічності, системності та екологічній збалансованості розвитку. Вони орієнтують управління земельними ресурсами на довгострокову перспективу, поєднуючи цілі соціально-економічного зростання з просторовими можливостями території. Системність підходу проявляється у врахуванні екологічних, економічних і соціальних чинників під час прийняття рішень щодо використання земель, що дозволяє уникати фрагментарності планування.

Просторова узгодженість забезпечується гармонізацією розміщення виробничих об'єктів, житлової забудови, рекреаційних зон та природоохоронних територій, мінімізуючи конфлікти землекористування. Водночас екологічна обґрунтованість комплексних планів передбачає врахування встановлених обмежень у використанні земель, охоронних зон, прибережних захисних смуг та інших територій з особливим режимом використання, що сприяє збереженню природного середовища та формуванню безпечного простору для життєдіяльності населення.

Список використаних джерел:

1. Про регулювання містобудівної діяльності: Закон України від 17.02.2011 р. № 3038-VI. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/3038-17#Text>
2. Територіально-просторове планування землекористування: навч. посібник. За заг. ред. професора А.М. Третьяка. Третьяк А.М., Третьяк В.М., Прядка Т.М., Третьяк Н.А. Біла Церква: «ТОВ «Білоцерківдрук», 2022. 168 с. ISBN 978-617-7367-93-1
3. Землекористування та просторове планування у територіальних громадах Полтавської області: монографія / за заг. ред. д.геогр.н. проф. С. М. Шевчука. Полтава: ПДАУ, 2025. 210 с.

Князев Є. К., аспірант спеціальності 073 Менеджмент

Науковий керівник: Домбровська О. А., к.е.н., доцент кафедри управління земельними ресурсами, геодезії та кадастру

(Державний біотехнологічний університет, м. Харків, Україна)

МЕХАНІЗМ УПРАВЛІННЯ ЕКОЛОГІЧНО ЗБАЛАНСОВАНИМ ЗЕМЛЕКОРИСТУВАННЯМ ТЕРИТОРІАЛЬНИХ ГРОМАД

У сучасних умовах децентралізації, трансформації земельних відносин та посилення антропогенного навантаження на природні ресурси особливої ваги набуває формування ефективного механізму управління екологічно збалансованим землекористуванням територіальних громад. Інтенсивне сільськогосподарське використання земель, деградаційні процеси ґрунтів, фрагментація територій, зростання площ еродованих земель і недосконалість просторового планування зумовлюють необхідність переходу до екологічно орієнтованої моделі землекористування.

Концепція екологічно збалансованого землекористування ґрунтується на принципах сталого розвитку, сформульованих у доповіді World Commission on Environment and Development «Our Common Future» [1], а також положеннях глобальної програми United Nations «Agenda 21» [2].

В українському правовому полі засади збалансованого використання земель визначені у Законах України «Про землеустрій» [3], «Про охорону земель» [4] та Цілях сталого розвитку України на період до 2030 року [5].

Екологічно збалансоване землекористування може бути забезпечене лише за умови активного впровадження досягнень науково-технічного прогресу та переорієнтації економічної системи на екологічні засади розвитку на державному, регіональному і місцевому рівнях. Сталий розвиток у сфері використання земель передбачає не тільки підвищення ефективності залучення земельних ресурсів у господарський обіг, а й формування дієвої інституційної структури управління земельними ресурсами, створення сприятливого управлінського середовища та становлення таких суспільних відносин, які забезпечують раціональне функціонування екосистем із дотриманням балансу між екологічними, економічними та соціальними інтересами [6].

Механізм управління екологічно збалансованим землекористуванням територіальної громади пропонується розглядати як систему взаємопов'язаних елементів:

- Нормативно-правовий блок – регламентація режимів використання земель, встановлення обмежень та сервітутів, екологічних стандартів.

- Інституційний блок – діяльність органів місцевого самоврядування, виконавчих структур, землепорядних та екологічних служб.

- Економічний блок – земельний податок, орендна плата, екологічні платежі, компенсаційні механізми, стимулювання впровадження ґрунтозберігаючих технологій.

- Просторово-планувальний блок – комплексні плани просторового розвитку територій громад, зонування, формування екомережі.

- Інформаційно-аналітичний блок – використання даних державного земельного кадастру, геоінформаційних систем, екологічного моніторингу.

Ключові інструменти реалізації механізму управління екологічно збалансованим землекористуванням територіальних громад охоплюють розроблення та впровадження комплексних планів просторового розвитку як базового документа стратегічного територіального планування, проведення інвентаризації земель із обов'язковою оцінкою їх екологічного стану та ступеня деградаційних процесів, моделювання альтернативних сценаріїв землекористування (екологічно пріоритетного, збалансованого та

інтенсивного) з метою прогнозування наслідків управлінських рішень, встановлення науково обґрунтованого оптимального співвідношення сільськогосподарських, лісових, природоохоронних та забудованих угідь, формування природоохоронного каркасу території як просторової основи екологічної стабільності громади, а також впровадження цифрових моделей управління земельними ресурсами на основі геоінформаційних систем, кадастрових даних та інструментів моніторингу, що забезпечують підвищення прозорості, ефективності та екологічної орієнтованості прийняття управлінських рішень [7].

Функціонування механізму управління екологічно збалансованим землекористуванням територіальних громад ґрунтується на принципі екологічного пріоритету, що передбачає домінування вимог охорони земель і збереження природних екосистем над короткостроковими економічними вигодами; принципі комплексності та системності, який забезпечує узгоджене врахування екологічних, соціальних і економічних чинників у межах єдиної просторової та управлінської моделі; принципі наукової обґрунтованості управлінських рішень, що базується на використанні результатів моніторингу, земельно-оціночних матеріалів, геоінформаційних технологій і прогнозного моделювання; принципі публічності та участі громадськості, який гарантує відкритість даних, прозорість процедур планування та залучення жителів громади до прийняття рішень; а також принципі економічної зацікавленості суб'єктів землекористування, що передбачає створення стимулів для впровадження екологічно безпечних технологій, раціонального використання земельних ресурсів і відповідального ставлення до довкілля [8].

Формування механізму управління екологічно збалансованим землекористуванням територіальних громад є необхідною умовою реалізації стратегічних цілей сталого розвитку на локальному рівні. Інтеграція інструментів землеустрою, екологічного моніторингу, цифрових технологій та економічних стимулів дозволяє забезпечити раціональне використання земельних ресурсів, мінімізувати екологічні ризики та створити передумови для довгострокового територіального розвитку.

Список використаних джерел:

1. World Commission on Environment and Development. Our Common Future. Oxford: Oxford University Press, 1987.
2. United Nations. Agenda 21: Programme of Action for Sustainable Development. New York: United Nations, 1992.
3. Про землеустрій: Закон України від 22.05.2003 р. № 858-IV. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/858-15#Text>
4. Про охорону земель: Закон України від 19.06.2003 р. № 962-IV. <https://zakon.rada.gov.ua/go/962-15>
5. Про Цілі сталого розвитку України на період до 2030 року: Указ Президента України від 30.09.2019 р. № 722/2019 <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/722/2019#Text>
6. Прядка Т.М, Дребот О.І., Комарова Н.В. (2024) Сталий (збалансований) розвиток землекористування - базова основа формування земельного устрою України. *Агроекологічний журнал*. № 3. С. 18- 25. <https://doi.org/10.33730/2077-4893.3.2024.311177>
7. Домбровська О. А., Князев Є. К. (2024). Теоретичні основи управління еколого збалансованим землекористуванням територіальних громад. *Журнал з менеджменту, економіки та технологій*. № 3.С. 70-83. DOI: 10.69803/3083-6034-2024-3-70

УДК 332.64:711.4

Жук О.В., аспірантка спеціальності G18 Геодезія та землеустрій

Науковий керівник: Штерндок Е.С., к.т.н., доцент кафедри земельного адміністрування та геоінформаційних систем

(Харківський національний університет міського господарства ім. О.М. Бекетова, м. Харків, Україна)

ЕКСПЕРТНА ОЦІНКА ЗЕМЕЛЬ У СИСТЕМІ УПРАВЛІННЯ ТЕРИТОРІЯМИ

Сучасні процеси реформування земельних відносин та децентралізації управління в Україні зумовлюють підвищення ролі експертної оцінки земель у системі прийняття управлінських рішень. Земельні ресурси є базовим просторовим елементом розвитку територій, матеріальною основою розміщення виробничої, житлової та соціальної інфраструктури, а також важливим джерелом формування місцевих бюджетів. У цих умовах експертна оцінка земель набуває комплексного значення, виходячи за межі виключно фінансового інструменту.

Вартість земельної ділянки формується під впливом системи взаємопов'язаних чинників, що охоплюють природні характеристики території, рівень її інженерного забезпечення, транспортну доступність, функціональне зонування, містобудівні регламенти та соціально-економічну активність. Земля, як просторово локалізований ресурс, не може розглядатися ізольовано від середовища, у якому вона функціонує. Саме тому експертна оцінка повинна враховувати не лише поточний стан території, а й перспективи її розвитку.

Особливого значення набуває взаємозв'язок між планувальними рішеннями та трансформацією вартісних характеристик земель. Розроблення та реалізація містобудівної документації, зміна функціонального призначення території, будівництво об'єктів інженерно-транспортної інфраструктури або створення нових центрів ділової активності безпосередньо впливають на рівень попиту на земельні ділянки. У результаті відбувається перерозподіл економічної цінності в межах території, що відображається у зміні її інвестиційної привабливості.

У системі управління територіями експертна оцінка земель виконує декілька взаємодоповнюючих функцій. По-перше, вона забезпечує формування обґрунтованої податкової бази та визначення розміру орендної плати. По-друге, виступає інструментом регулювання структури землекористування шляхом економічного стимулювання або обмеження певних видів діяльності. По-третє, слугує аналітичною основою для стратегічного планування розвитку громади, дозволяючи оцінювати економічні наслідки реалізації просторових рішень.

Важливим напрямом удосконалення системи оцінювання є інтеграція економічного аналізу з просторовими даними. Використання геоінформаційних технологій створює можливості для комплексної обробки інформації про територію, виявлення закономірностей розміщення вартості земель та моделювання сценаріїв її зміни залежно від альтернативних варіантів розвитку. Такий підхід сприяє підвищенню прозорості управлінських рішень та зменшенню ризиків неефективного використання земельних ресурсів.

У сучасних умовах особливої актуальності набуває питання забезпечення збалансованості між економічними інтересами та принципами сталого розвитку. Надмірна концентрація комерційної забудови або інтенсивне використання території без урахування екологічних обмежень може призвести до короткострокового зростання вартості земель, однак у довгостроковій перспективі зумовити погіршення якості середовища та зниження соціальної привабливості території. Тому експертна оцінка

земель повинна враховувати не лише показники ринкової кон'юнктури, а й довгострокові стратегічні цілі розвитку громади.

Системний підхід до експертної оцінки передбачає розгляд вартості земель як результату взаємодії управлінських рішень, просторової організації території та соціально-економічних процесів. У цьому контексті доцільно трактувати оцінювання як інструмент зворотного зв'язку, що дозволяє коригувати стратегію територіального розвитку залежно від отриманих результатів. Така позиція сприяє переходу від фрагментарного управління земельними ресурсами до комплексної моделі просторово-економічного регулювання.

Отже, експертна оцінка земель у системі управління територіями виступає важливим механізмом забезпечення ефективного використання простору, підвищення інвестиційної привабливості та зміцнення фінансової спроможності територіальних громад. Її розвиток повинен базуватися на поєднанні економічних методів аналізу з інструментами просторового планування та сучасними інформаційними технологіями, що забезпечить формування обґрунтованої та довгостроково орієнтованої політики територіального розвитку.

Список використаних джерел:

1. Земельний кодекс України (2001). Закон України від 25.10.2001 № 2768-III (зі змінами та доповненнями).
2. Про оцінку земель (2003). Закон України від 11.12.2003 № 1378-IV (зі змінами).
3. Про регулювання містобудівної діяльності (2011). Закон України від 17.02.2011 № 3038-VI (зі змінами).
4. Кабінет Міністрів України (2021). Методика нормативної грошової оцінки земельних ділянок : затверджено постановою від 03.11.2021 № 1147.
5. Дорош, Й.М. (2018). Економіка землекористування :навчальний посібник. Київ : Аграрна наука. 312 с.
6. Палеха, Ю.М. (2017). Грошова оцінка земель населених пунктів : теоретико-методологічні засади та практика застосування. Київ : Профі. 276 с.
7. Третяк, А.М. & Третяк, В.М. (2019). Управління земельними ресурсами : теорія та практика. Київ : Аграрна наука. 354 с.

Андропова В.В., ст. лаборант кафедри геодезії

Науковий керівник: Трегуб Ю.Є. к.т.н. доцент кафедри геодезії

(Національний технічний університет «Дніпровська політехніка», м. Дніпро, Україна)

ТРАНСФОРМАЦІЯ ФУНКЦІОНАЛЬНИХ ЗОН ВИКОРИСТАННЯ РЕКРЕАЦІЙНИХ ЗЕМЕЛЬ У ПЕРІОД ВІЙНИ

Функціональне зонування рекреаційних територій є інструментом просторового планування, що забезпечує баланс між рекреаційним використанням, екологічною безпекою та соціальними потребами населення.

Війна в Україні суттєво вплинула на використання земель рекреаційного призначення. Рекреаційні території зазнають руйнувань і деградаційних процесів, забруднюються вибухонебезпечними предметами, а також часто виникає необхідність зміни цільового призначення для потреб оборони, розміщення фортифікаційних споруд, створення військових полігонів, складів та логістичних об'єктів, розміщення підрозділів ЗСУ. Також **землі рекреаційного призначення використовують** для розміщення тимчасових укриттів, об'єктів цивільного захисту та потреб забезпечення життєдіяльності населення в умовах воєнного стану.

Проаналізувавши нормативно-правові акти [1-3] регулювання земель рекреаційного призначення, встановлено, що чинне законодавство не визначає чітких критеріїв віднесення земельних ділянок до цієї категорії. Така невизначеність ускладнює процес правового застосування земель, створює колізії під час прийняття управлінських рішень і може сприяти використанню цих земель не за їх цільовим призначенням.

Додатковою проблемою є невідповідність між фактичним станом територій і даними Державного земельного кадастру, що ускладнює управління земельними ресурсами та стратегічне планування територій у післявоєнному відновленні. Відсутність системного геодезичного моніторингу пошкоджень і змін функціонального використання територій знижує ефективність прийняття управлінських рішень на рівні територіальних громад.

Актуальні виклики та обмеження у використанні функціональних зон рекреаційних земель у період воєнного стану:

- порушення функціонального зонування. У межах рекреаційних територій передбачено чітке зонування: заповідна зона, зона регульованої рекреації, зона стаціонарної рекреації, господарська зона. Наразі всі ці зони можуть використовуватись для розміщення військових об'єктів, використання заповідних територій для фортифікацій;
- безпосереднє фізичне руйнування територій, мінування та вибухонебезпечні предмети, забруднення ґрунтів і водних ресурсів, лісові пожежі та втрата біорізноманіття, порушення природних ландшафтів і гідрологічного режиму;
- зміна пріоритетів використання рекреаційних територій через пріоритет оборони та безпеки, гуманітарні потреби та розміщення внутрішньо переміщених осіб, економічна переорієнтація територій;
- правові проблеми спрощення процедур та ризик зловживань, колізії між земельним та природоохоронним законодавством, проблеми зміни цільового призначення земель, проблеми екологічної відповідальності, відсутність механізмів післявоєнного відновлення;
- втрата безпечного простору для відпочинку, психологічне здоров'я населення, розміщення внутрішньо переміщених осіб, соціальна нерівність у доступі.

Вирішення зазначених проблем потребує реалізації комплексу заходів та міждисциплінарного підходу.

Насамперед необхідно удосконалити нормативно-правове регулювання земельних питань. Розробити чіткі критерії віднесення земель до категорії рекреаційних, а також запровадити законодавчо визначений механізм тимчасової зміни функціонального використання земель із фіксацією строків та умов повернення до попереднього статусу. Доцільним є проведення інвентаризації рекреаційних земель із застосуванням сучасних ГІС-технологій та даних дистанційного зондування Землі з метою виявлення пошкоджень, деградації та зон обмеженого використання. Необхідним кроком буде актуалізація кадастрових даних. Оскільки внесення до кадастрової системи відомостей про фактичний стан ділянок, обмеження у використанні та тимчасову трансформацію функціонального призначення є вкрай важливим. Потрібно розробляти проекти землеустрою щодо рекультивациі пошкоджених територій, відновлення зелених зон та створення безпечних просторів для відпочинку населення. Пріоритетом має стати інтеграція принципів сталого розвитку та екологічної безпеки.

Вирішення окреслених проблем потребує комплексного підходу, який передбачає вдосконалення законодавства, впровадження механізмів тимчасової трансформації функціонального використання із гарантіями повернення до попереднього статусу, проведення інвентаризації та геодезичного моніторингу, актуалізацію кадастрових даних і розроблення проєктів післявоєнної рекультивациі та відновлення.

Реалізація цих заходів сприятиме збереженню рекреаційного потенціалу територій, забезпеченню екологічної безпеки та формуванню передумов для сталого розвитку громад у післявоєнний період.

Список використаних джерел

1. Земельний кодекс України : Закон України від 25.10.2001 № 2768-III (зі змін. та допов.).
2. Про землеустрій : Закон України від 22.05.2003 № 858-IV (зі змін. та допов.).
3. Про Державний земельний кадастр : Закон України від 07.07.2011 № 3613-VI (зі змін. та допов.).
4. Третяк А. М., Третяк В. М., Курильців Р. М. Землеустрій в Україні: теорія, методологія та практика : монографія. – Херсон : Олді-Плюс, 2018. – 650 с.
5. Дорош О. С. Правове регулювання використання земель рекреаційного призначення в Україні // Землеустрій, кадастр і моніторинг земель. – 2020. – № 2. – С. 24–30.
6. Курильців Р. М., Перхач О. Л. Моніторинг земель із застосуванням ГІС-технологій в умовах трансформації територій // Геодезія, картографія і аерофотознімання. – 2022. – Вип. 96. – С. 35–42.

УДК 528:332.3:004

Гой В.В., д.е.н., викладач кафедри земельного адміністрування та геоінформаційних систем

Харів В. В., здобувач спеціальності G18 Геодезія та землеустрій

Науковий керівник: Мамонов К.А., д.е.н., професор кафедри земельного адміністрування та геоінформаційних систем

(Харківський національний університет міського господарства імені О.М. Бекетова, м. Харків, Україна)

ПРОСТОРОВЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ВИКОРИСТАННЯ ЗЕМЕЛЬ ЖИТЛОВОЇ ТА ГРОМАДСЬКОЇ ЗАБУДОВИ РЕГІОНІВ

Використання земель (ВЗ) житлової та громадської забудови регіонів має важливого значення для держави, оскільки вони виконують важливу соціальну, економічну, інвестиційну функцію – забезпечення життєдіяльності населення. Поряд з цим, за останні роки спостерігається зниження ефективності землекористування земель житлової та громадської забудови регіонів, де поглиблюються негативні явища, пов'язані з агресивними бойовими діями. Одним із важливих напрямів підвищення ефективності землекористування є зростання рівня їх просторового забезпечення.

Питання формування просторового забезпечення й визначення елементів ВЗ житлової й громадської забудови регіонів вирішуються у розробках науковців [1–3].

Узагальнюючи існуючі теоретико-методичні підходи, у систематизації нормативно-правового забезпечення виокремлені просторові чинники, що формують просторове забезпечення. Зокрема, до групи локальних просторових факторів формування й використання геопросторового моніторингу використання земель житлової та громадської забудови відносяться:

- рівні саморегулювання у сфері топографо-геодезичної і картографічної діяльності (*GMLRPD111*);
- державного регулювання у сфері топографо-геодезичної і картографічної діяльності (*GMLRPD112*);
- ефективності здійснення топографо-геодезичної і картографічної діяльності (*GMLRPD113*);
- нормативно-правового забезпечення (*GMLRPD114*);
- технічного й технологічного забезпечення топографо-геодезичної і картографічної діяльності (*GMLRPD115*);
- функціонування картографо-геодезичного фонду (*GMLRPD116*);
- користування топографо-геодезичними і картографічними матеріалами та даними (*GMLRPD117*);
- фінансування топографо-геодезичної і картографічної діяльності (*GMLRPD118*);
- забезпечення охорони геодезичних пунктів (*GMLRPD119*);
- державного геодезичного нагляду (*GMLRPD1110*);
- відповідальності за порушення законодавства у сфері топографо-геодезичної і картографічної діяльності (*GMLRPD1111*);
- забезпечення просторовою інформацією напрямів розробки та реалізації проектів із відбудови житлової та громадської забудови (*GMLRPD1112*); просторового забезпечення земель, що застосовуються для відбудови житлової та громадської забудови (*GMLRPD1113*);
- індекс змін щільності територій за регіонами (*GMLRPD1114*).

Визначені методи і рівні оцінки локальних просторових факторів використання земель житлової та громадської забудови (табл. 1).

Таблиця 1

Методи і рівні оцінки локальних просторових факторів використання земель житлової та громадської забудови

Локальні просторові чинники	Методи: експертний (Е) аналітичний (А)	Рівні оцінки: регіональний (Р) загальний (З)
<i>GML_{RPD111}</i> ; <i>GML_{RPD112}</i> ; <i>GML_{RPD114}</i> ; <i>GML_{RPD116}</i> ; <i>GML_{RPD117}</i> ; <i>GML_{RPD118}</i> ; <i>GML_{RPD1110}</i> ; <i>GML_{RPD1111}</i>	Е	З
<i>GML_{RPD113}</i> ; <i>GML_{RPD115}</i> ; <i>GML_{RPD119}</i> ; <i>GML_{RPD1112}</i> ; <i>GML_{RPD1113}</i>	Е	Р
<i>GML_{RPD1114}</i>	А	Р

Таким чином, у результаті дослідження визначені просторові чинники, що впливають на ВЗ житлової та громадської забудови. Це дозволило сформувати кількісну основу для їх моніторингу, підвищити ефективність прийняття рішень.

Список використаних джерел:

1. Булакевич, С.В., Качановський, О.І. & Русіна, Н.Г. (2023) Проблеми інформаційного забезпечення системи моніторингу земель в Україні. Молодий вчений. 4 (116), С. 8–12. URL: <https://molodyivchenyi.ua/index.php/journal/article/view/5801/5672>
2. Андрєєв, С.М., Горелик, С.І., Нечаусов, А.С. & Саул-Гозе, Д.К. (2022) Застосування геоінформаційних технологій для побудови картографічних моделей небезпечних метеорологічних явищ. Системи управління, навігації та зв'язку. 1(67), С. 4–12. URL: <https://journals.nupp.edu.ua/sunz/article/view/2433/1902>
3. Мамонов, К. Гой, В. & Штерндок, А. (2024) Геопросторовий моніторинг використання земель об'єднаних територіальних громад. Технічні науки та технології. 1(35), С. 311–318. URL: <http://tst.stu.cn.ua/article/view/303072/295136>

УДК 528:332.3:681.518.3:352

Штерндок Е.С., к.т.н., доцент кафедри земельного адміністрування та геоінформаційних систем

Войтенко О.Р., здобувач спеціальності G18 Геодезія та землеустрій

Науковий керівник: Штерндок Е.С., к.т.н., доцент кафедри земельного адміністрування та геоінформаційних систем

(Харківський національний університет міського господарства імені О.М. Бекетова, м. Харків, Україна)

ТЕХНОЛОГІЯ ФОРМУВАННЯ ГЕОІНФОРМАЦІЙНОЇ СИСТЕМИ ОБЛІКУ І КОНТРОЛЮ ЗА ВИКОРИСТАННЯМ ЗЕМЕЛЬНИХ РЕСУРСІВ ТЕРИТОРІАЛЬНИХ ГРОМАД

Сучасні умови формування й реалізації земельних відносин територіальних громад (ТГ) визначаються гальмуванням рівня ефективності використання земельних ресурсів (ЗР), зниженням повноти й достовірності їх обліку, відсутністю механізму забезпечення контролю. Для вирішення представлених проблем запропоновано застосовувати технологію формування геоінформаційної системи обліку і контролю за використанням земельних ресурсів.

Визначення напрямів та особливостей обліку і контролю за використанням земельних ресурсів, формування інструментарію їх здійснення представлені у роботах [1–3].

Виокремлені показники формування обліку і контролю за використанням земельних ресурсів ТГ:

- загальна площа території громади (*acur₁₁*);
- індекс змін питомої ваги структурних компонентів земельного фонду (*acur₁₁₈*);
- розташування й кількість еколого орієнтованих об'єктів (*acur₁₁₉*);
- рівні використання землі житлової та громадської забудови (*acur₂₈*);
- використання земель сільськогосподарського призначення (*acur₂₉*);
- землі промисловості, транспорту, зв'язку, енергетики та іншого призначення (*acur₂₁₀*);
- земель лісгосподарського призначення (*acur₂₁₁*);
- земель водного господарства (*acur₂₁₂*);
- інших земель (*acur₂₁₃*);
- формування коштів загального бюджету, що впливають на використання земельних ресурсів (*acur₂₁₄*);
- використання коштів загального бюджету, що впливають на використання земельних ресурсів (*acur₂₁₅*);
- формування коштів спеціального бюджету (*acur₂₁₆*);
- використання коштів спеціального бюджету (*acur₂₁₇*);
- використання земельних ресурсів екологічних об'єктів (*acur₂₂₀*);
- забезпечення екологічної безпеки у системі використання земельних ресурсів (*acur₂₂₁*).

На основі показників обліку та контролю використання ЗР територіальних громад, запропоновано технологію формування й використання геоінформаційної системи для прийняття обґрунтованих управлінських рішень. Схема представленої технології висвітлена на рис. 1. Технологія формування геоінформаційної системи обліку та контролю за використанням земельних ресурсів ТГ включає збір та обробку інформації, яка узагальнюється в інформаційно-аналітичному (IAS) та нормативно-правовому (RLS)

забезпеченні. На цьому етапі застосовується методи систематизації та узагальнення інформації, інструментарій штучного інтелекту.

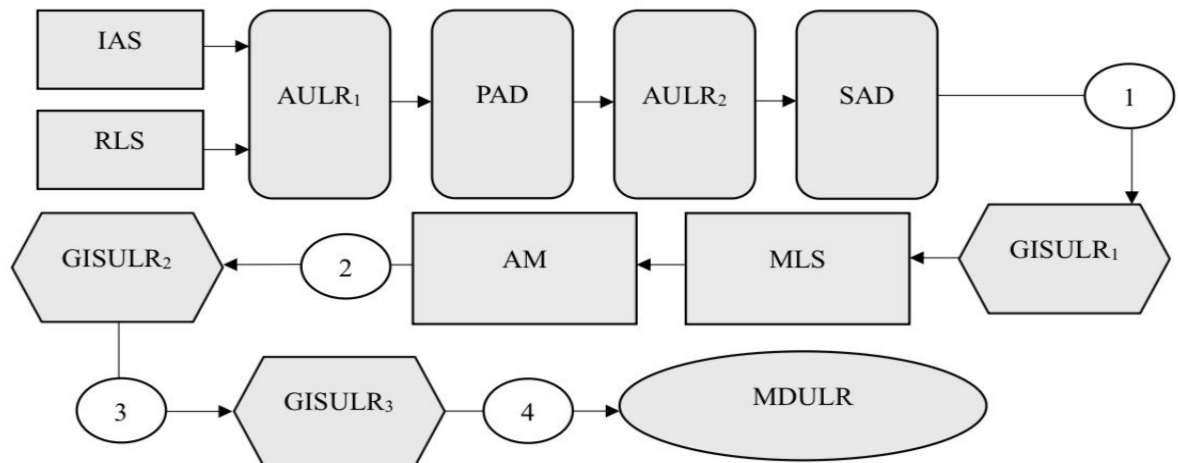


Рисунок 1 – Технологія формування геоінформаційної системи обліку та контролю за використанням земельних ресурсів територіальних громад

На основі отриманої інформації щодо використання ЗР здійснюється первинний їх облік (AULR₁) та документування (PAD). Причому особливого значення має удосконалення системи первинного документування та розробки облікових форм в електронному вигляді. Формування інформаційної системи обліку (AULR₂) для розробки узагальнюючих облікових документів (SAD). Це дозволило сформувати геоінформаційне забезпечення використання земельних ресурсів (GISULR₁) і побудувати (1) геоінформаційний блок. Кількісний геоінформаційний блок (2) складається з багаторівневої системи показників (MLS) і методу оцінки (AM). Це надало можливості побудувати геоінформаційне забезпечення використання земельних ресурсів (GISULR₂) для здійснення контрольних функцій. Геоінформаційний блок (3) визначається геоінформаційним забезпеченням (GISULR₃), де будуються геоінформаційні контрольні карти використання ЗР. Геоінформаційний блок (4) формує управлінські рішення щодо використання ЗР територіальної громади.

Таким чином, запропонована технологія формування геоінформаційної системи обліку та контролю за використанням земельних ресурсів ТГ, яка базується на застосуванні сучасного інструментарію геоінформаційних систем, штучного інтелекту, математичного та геопросторового моделювання, що дозволяє підвищити повноту, достовірність обліку та контролю за землекористуванням.

Список використаних джерел:

1. Мамонов, К.А., Канівець, О.М. & Фролов, В.О. (2025) Геодезичне забезпечення використання земель регіонів. Автомобільні дороги і дорожнє будівництво. 118(2), 124–128. URL: http://publications.ntu.edu.ua/avtodorogi_i_stroitelstvo/118.2/124.pdf
2. Tahir, Z., Haseeb, M., Mahmood, S.A., Batool, S., Abdullah-Al-Wadud, M., Ullah, S. & Tariq A. (2025) Predicting land use and land cover changes for sustainable land management using CA-Markov modelling and GIS techniques. Scientific Reports. 15, 1–23. URL: <https://www.nature.com/articles/s41598-025-87796-w>
3. Проніна, О.В. (2016) Управління земельними ресурсами в умовах децентралізації. Держава та регіони. Серія: Державне управління. 1(53), 122–125.

Батура М. В., аспірант спеціальності 193 Геодезія та землеустрій

Науковий керівник: Грещук Г. І., д.е.н., професор, завідувачка кафедри права

(Львівський національний університет ветеринарної медицини та біотехнологій імені С.З. Гжицького (Північний кампус, м. Дубляни))

ІНВЕНТАРИЗАЦІЯ ЗЕМЕЛЬ ТЕРИТОРІАЛЬНИХ ГРОМАД ЯК ОСНОВА ЇХ ЕФЕКТИВНОГО ВИКОРИСТАННЯ В РИНКОВИХ УМОВАХ

В Україні на сьогодні, навіть в умовах військового стану, продовжується земельна реформа та поглиблюються процеси децентралізації. Після передачі земель державної власності в комунальну громадам відкрились значні економічні можливості, але також постали проблеми, які пов'язані із низьким рівнем актуальних відомостей про земельні ресурси. Ефективність функціонування ринку земель на пряму залежить від чіткості та повноти інформації про земельні ресурси. Як зазначається в роботі Третяка А. М. [1], формування ринкового земельного середовища потребує не тільки закріплення прав на юридичному рівні, а також систему землевпорядного забезпечення, де інвентаризація виступає в ролі первинного інструменту верифікації активів.

Сьогодні велика кількість земель використовується без належних оформлених прав, навіть враховуючи постійний процес інвентаризації земель, який продовжується навіть під час військового стану. Така проблема призводить до втрат бюджетів громад. Дослідження проблем в інвентаризації земель, як інструмента для наповнення Державного земельного кадастру є важливим та пріоритетним, адже повнота кадастрових відомостей є важливим аспектом в привабливості інвестицій та прозорості на ринку [2]. Тому дослідження, розробка та провадження дієвих механізмів інвентаризації є важливою задачею, яка забезпечить сталий розвиток громад у ринкових умовах.

На сьогодні інвентаризації земель це не лише захід спрямований на вимірювання та встановлення меж, але ще й інструмент для легалізації земельних ресурсів, що в подальшому дозволяє ввести їх в ринкових обіг. Механізм інвентаризації в управлінні громади можна розбити на етапи. Першим кроком є верифікація даних Державного реєстру речових прав та Державного земельного кадастру. Потрібно враховувати вимоги Національної інфраструктури геопросторових даних, яка дозволяє інтегрувати різні відомості в одну систему [3]. Зведення в одну систему прибирає проблему у виникненні накладання меж, що є важливим для гарантій права власності. Другим кроком потрібно вважали технологічне забезпечення. Для підвищення ефективності проведення робіт, потрібно переходити від традиційних методів до сучасних геодезичних методів. В таблиці 1 наведена різниця між традиційними та сучасними методами інвентаризації. Враховуючі дані таблиці 1, видно що сучасний метод дозволяє пришвидшити виконання робіт, зекономити бюджетні кошти, які і так обмежені через війну, а також створити нову інформаційну основу для керування земельними ресурсами громади. В ринкових умовах це дозволяє оперативніше реагувати на попит та залучати інвестиції.

Також важливим кроком є результат інвентаризації, а саме створення інвестиційного паспорту території, в якому громада може чітко визначити площі земель для оренди, провести та навести актуально нормативно-грошову оцінку та забезпечити автоматизацію нарахувань податків. Також враховуючі військовій дії на території України є важливим дослідження та облік пошкоджених земель, для їх тимчасової консервації та послідовного відновлення.

Таблиця 1

Порівняльна характеристика методів інвентаризації

Показник	Традиційні методи	Сучасний метод	Ефект від використання сучасного методу
Тип даних	Векторна модель	Комплексна геопросторова модель	Зрозуміліша візуалізація території громади
Швидкість робіт	Низька (до декількох десятків гектарів на день)	Висока (від 100 га за день)	Прискорення робіт та формування лотів на аукціон
Об'єктивність	Вибіркова	Суцільна (фіксується стан всієї території)	Виявлення прихованих порушень
Доступність для інвесторів	Потребує спеціальних програм для перегляду креслень	Наочні результати (ортофотоплани) на публічних порталах громади/держави	Підвищення прозорості та довіри
Вартість	Висока через трудовитрати	Оптимальна при великих площах	Економія бюджету громади та можливість охопити всю територію громади за короткий термін

Інвентаризація земель є основою землевпорядного механізму керування земельними активами громади в ринкових умовах. Впровадження та застосування інноваційних методів дозволяє створити нову та актуальну інформаційну базу земельних активів. Такий ефективний землеустрій є запорукою залучення інвестицій та сталого розвитку територій, що в свою чергу забезпечує стабільне наповнення бюджету громад

Список використаних джерел:

1. Третяк А. М. Землеустрій в Україні: теорія, методологія : монографія / А. М. Третяк. - Херсон : Грін Д. С., 2013. – 650 с.
2. Мартин А. Г. Регулювання ринку земель в Україні : монографія. Київ : Аграр Медіа Груп, 2011. – 254 с.
3. Закон України «Про Національну інфраструктуру геопросторових даних» від 13.04.2020 №554-IX. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/554-20#Text>

Науки про Землю

Битько Ю.М., аспірант спеціальності 103А Науки про Землю

Науковий керівник: Рудаков Д.В., проф. каф. гідрогеології та інженерної геології
(Національний технічний університет «Дніпровська політехніка», м. Дніпро, Україна)

АНАЛІЗ ВІДКРИТИХ ГЛОБАЛЬНИХ ДЖЕРЕЛ КЛІМАТИЧНИХ ТА ГІДРОЛОГІЧНИХ ДАНИХ ДЛЯ ДОСЛІДЖЕНЬ РІЧКОВИХ СИСТЕМ

Використання відкритих глобальних наборів даних є ключовим напрямом сучасних досліджень водних систем, особливо в умовах недостатньої густоти наземних спостережень. Реаналізи клімату, супутникові вимірювання та глобальні бази спостережень забезпечують можливість оцінювання водного балансу, інфільтрації, змін рівнів поверхневих вод і морфометрії водозборів. Метою даного дослідження є оцінка придатності відкритих джерел (NASA POWER/MERRA-2, NOAA GHCN-Daily, Copernicus DEM та супутникової альтиметрії Copernicus Land) для гідрологічних досліджень із акцентом на походження, точність і обмеження.

Глобальні кліматичні дані сервісу NASA POWER формуються на основі реаналізу MERRA-2, який поєднує атмосферне моделювання з великою кількістю наземних і супутникових спостережень. Це дозволяє отримувати довгі безперервні ряди температури, опадів і радіаційних параметрів, необхідних для оцінювання водного балансу та випаровування. Просторова роздільна здатність становить близько $0,5^\circ$, що відповідає приблизно 50 км. За результатами порівнянь зі станційними даними середня похибка температури становить близько 2°C при високій кореляції (R^2 близько 0,95–0,97), тоді як для опадів середньоквадратична похибка може досягати 3–4 мм/добу [1]. Модель схильна згладжувати екстремальні зливи та інколи генерувати слабкі фонові опади. У гідрологічних застосуваннях це означає, що реаналіз добре підходить для оцінювання довгострокових тенденцій і компонент водного балансу, але потребує локальної корекції при розрахунках інфільтрації.

Станційні кліматичні спостереження, представлені базою NOAA GHCN-Daily, залишаються найбільш надійним джерелом фактичних даних. Типова похибка вимірювання температури на метеостанціях становить приблизно $0,2\text{--}0,3^\circ\text{C}$, а для опадів — кілька відсотків залежно від типу опадоміра та погодних умов. Водночас довгі часові ряди можуть містити негомогенності, пов'язані зі змінами обладнання або методики вимірювань. Просторове покриття мережі також є нерівномірним, що обмежує можливість прямої екстраполяції результатів на великі території [2]. Незважаючи на це, станційні дані залишаються еталоном при оцінюванні точності реаналізів і супутникових ресурсів.

Супутникові дані Copernicus Land Monitoring Service дозволяють аналізувати рівневий режим великих водойм на основі радарної альтиметрії. Для відкритих водних поверхонь сучасні методи обробки альтиметричних даних забезпечують вертикальну точність порядку 0,08–0,1 м, тоді як для середніх за розміром озер похибка може зростати до 0,2–0,3 м [3]. Частота спостережень зазвичай становить від кількох днів до кількох тижнів, що обмежує аналіз короткочасних змін, але є достатнім для вивчення сезонної та багаторічної динаміки водних запасів. Ці дані важливі як індикатор взаємодії поверхневих і підземних вод та змін водного балансу на регіональному рівні.

Цифрова модель рельєфу (ЦМР) Copernicus DEM забезпечує глобальне поле висот із просторовим кроком близько 30 м і середньою вертикальною похибкою приблизно 4–6 м, яка на рівнинних територіях часто зменшується до 2–3 м [4]. Така точність істотно покращує результати морфометричного аналізу порівняно з попередніми відкритими моделями. Разом із тим, модель описує поверхню разом із рослинністю та забудовою, що може призводити до локальних відхилень у визначенні

вододілів і напрямків стоку. Незважаючи на це, Copernicus DEM став базовим інструментом геоінформаційного аналізу водозборів і моделювання поверхневого стоку.

Практичне застосування відкритих даних включає їх комплексне використання в геоінформаційних і гідрологічних моделях. Реаналізи забезпечують просторову безперервність кліматичних параметрів, станційні дані використовуються для їх уточнення, а DEM дозволяє відтворити структуру водозборів і маршрути поверхневого стоку. У ГІС на основі DEM виконуються розрахунки напрямків стоку, акумуляції потоку та делімітація басейнів, що створює основу для оцінювання інфільтрації. Часові ряди рівня води за супутниковими даними доповнюють ці розрахунки, дозволяючи простежити зміни водних запасів у часі та зіставити їх з кліматичними чинниками (рис. 1).

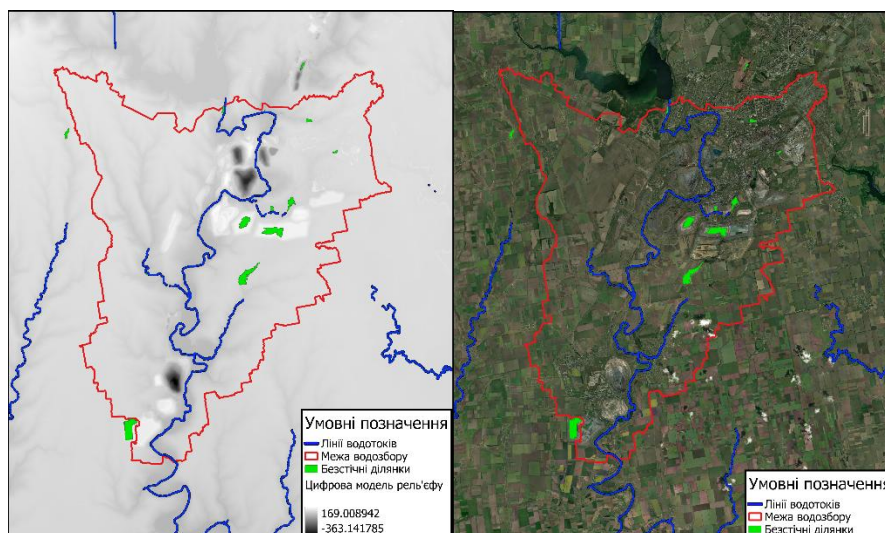


Рис. 1. ЦМР Copernicus DEM (та похідні моделювання) частини басейну р. Інгулець у порівнянні з космічними знімками

Перевагою використання відкритих глобальних даних є відтворюваність досліджень. Доступність джерел дозволяє повторювати розрахунки, порівнювати результати між різними регіонами та поступово накопичувати узгоджені оцінки змін гідросфери. Це важливо в умовах кліматичних змін, коли потрібно аналізувати довгі часові ряди і регулярно уточнювати моделі. У цьому сенсі відкриті дані фактично формують спільну інформаційно-дослідницьку базу.

З точки зору аналізу поверхневих та підземних вод це означає перехід від локальних описових оцінок до просторово узгодженого аналізу. Поєднання кліматичних реаналізів, цифрових моделей рельєфу та супутникових спостережень дозволяє розглядати водозбір як єдину систему, в якій кліматичні, поверхневі та підземні процеси взаємопов'язані, що робить можливим аналіз довгострокових змін підземного живлення і формування прогностичних оцінок.

Таким чином, використання відкритих глобальних даних не лише розширює інформаційну базу, а й змінює методологію досліджень. Формується комплексний підхід, що інтегрує різні джерела та враховує їх точність і обмеження, що дозволяє отримувати надійніші оцінки водного балансу та довгострокових змін водних ресурсів.

Список використаних джерел

1. NASA Prediction of Worldwide Energy Resources.
URL: <https://power.larc.nasa.gov/docs/methodology/meteorology/assessment/#meteorological-data-assessment-process> (дата звернення: 25.02.2026)
2. NOAA. URL: <https://www.ncei.noaa.gov/products/land-based-station/global-historical-climatology-network-daily> (дата звернення: 25.02.2026)

3. Liibusk, A., Kall, T., Rikka, S., Uiboupin, R., Suursaar, Ü., & Tseng, K.-H. (2020). Validation of Copernicus Sea Level Altimetry Products in the Baltic Sea and Estonian Lakes. Remote Sensing, 12(24), 4062. <https://doi.org/10.3390/rs12244062>
4. Digital Elevation Models Compared: SRTM, ALOS, Copernicus DEM, and When to Use Each. URL: <https://offnadir-delta.com/blog/digital-elevation-models-dem-comparison>
(дата звернення: 25.02.2026)

Андрєєв С.С., керівник гуртка

Гамбурян Д.С., вихованка гуртка «Географічне краєзнавство»

(Комунальний заклад «Харківський обласний центр туризму, краєзнавства, спорту та екскурсій учнівської молоді» Харківської обласної ради, м. Харків, Україна)

ДИСТАНЦІЙНЕ ЗОНДУВАННЯ ЗЕМЛІ В СИСТЕМІ ЕКОЛОГІЧНОГО МЕНЕДЖМЕНТУ ТЕРИТОРІЙ

Еволюція антропогенного впливу на біосферу в ХХІ столітті набула безпрецедентних масштабів, що висуває жорсткі вимоги до точності та оперативності екологічного моніторингу. Традиційні методи наземних досліджень, попри їхню високу верифікаційну здатність, стикаються з обмеженнями щодо масштабованості, дискретності спостережень та значних часових затрат. У цьому контексті дистанційне зондування Землі (ДЗЗ) [1] постає не просто як допоміжний інструмент, а як фундаментальна наукова методологія, що дозволяє інтегрувати просторово-часові дані у цілісну систему екологічного менеджменту територій. Сучасна наука розглядає ДЗЗ як ключовий механізм забезпечення об'єктивності в управлінні природними ресурсами та мінімізації екологічних ризиків.

Актуальність використання космічних та аерофотознімальних технологій зумовлена необхідністю переходу від констатації екологічних збитків до стратегічного прогнозування стану екосистем. Наукова новизна підходу полягає у синергії методів радіометрії, спектроскопії та комп'ютерного моделювання. Використання багатоспектральних сенсорів дозволяє виявляти зміни в екосистемах на стадіях, коли вони ще не візуалізуються людським оком [2]. Зокрема, аналіз спектральної відбивної здатності рослинності у ближньому інфрачервоному діапазоні надає можливість оцінювати фізіологічний стрес фітоценозів, спричинений як кліматичними аномаліями, так і техногенним забрудненням.

Система сучасного екологічного менеджменту, інтегрована з інструментами ДЗЗ, базується на трьох концептуальних рівнях:

1. Рівень глобальної та регіональної діагностики, який передбачає використання супутникових систем (Sentinel [3], Landsat [4]) дозволяє здійснювати безперервний моніторинг ландшафтного різноманіття, детектувати транскордонні перенесення забруднювачів та оцінювати динаміку земного покриття;
2. Рівень локального оперативного управління, реалізується шляхом застосування безпілотних авіаційних комплексів, оснащених гіперспектральними камерами та лідарами [5], дає змогу деталізувати стан окремих об'єктів від хвостосховищ промислових підприємств до міських рекреаційних зон;
3. Рівень аналітичного прогнозування – побудова цифрових моделей рельєфу та використання ГІС-технологій, що дозволяє моделювати сценарії розповсюдження надзвичайних ситуацій, таких як повені, лісові пожежі або інфільтрація токсичних речовин у підземні води.

Одним із найважливіших аспектів наукового застосування ДЗЗ є розрахунок вегетаційних та ландшафтних індексів. Нормалізований відносний індекс рослинності (NDVI) став стандартом для оцінки біопродуктивності територій. Однак сучасний екологічний менеджмент потребує складніших рішень, таких як EVI [6] для територій з високою біомасою або NDWI [7] для моніторингу вологості ґрунтів та стану водних об'єктів. Ці параметри є критично важливими для агропромислового сектору та лісового господарства, оскільки вони дозволяють здійснювати диференційоване управління територіями, зменшуючи використання пестицидів та оптимізуючи водоспоживання.

Для промислово навантажених регіонів, зокрема Придніпровського промислового вузла, ДЗЗ забезпечує незамінні дані щодо деформації земної поверхні, за допомогою методу радарної інтерферометрії InSAR [8], в районах інтенсивного видобутку корисних копалин. Це дозволяє запобігати руйнуванню інфраструктури та екологічним катастрофам, пов'язаним із просіданням ґрунту. Крім того, тепловий моніторинг дає змогу ідентифікувати приховані вогнища самозаймання на териконах та звалищах, а також відстежувати термальне забруднення водою внаслідок скидів охолоджувальних вод енергетичних об'єктів.

Сучасний етап розвитку ДЗЗ неможливий без залучення алгоритмів машинного навчання. Обробка масивів даних, отриманих із супутників, потребує автоматизації процесів класифікації та детектування змін. Нейронні мережі дозволяють з точністю понад 90% ідентифікувати типи землекористування, виявляти незаконні вирубки або несанкціоновані кар'єри [9]. Це, в свою чергу, перетворює екологічний менеджмент на проактивну систему, де час реакції на порушення природоохоронного законодавства скорочується до годин, а не тижнів.

Отже, слід зазначити, що дистанційне зондування Землі є домінуючим вектором розвитку сучасних екологічних систем управління. Перехід до використання високодетальних цифрових даних [10] дозволяє забезпечити сталий розвиток територій, балансуючи між економічними інтересами та екологічною безпекою. Перспективи подальших досліджень полягають у створенні інтегрованих платформ моніторингу, які поєднуюватимуть супутникові дані, наземні сенсори IoT та інтелектуальні системи підтримки прийняття рішень. Це забезпечить створення надійної наукової бази для екологічного менеджменту нового покоління, здатного ефективно відповідати на виклики сучасності.

Список використаних джерел

1. Campbell J. B., Wynne R. H. Introduction to Remote Sensing. 6th ed. New York : Guilford Press, 2022. 658 p.
2. Huete A. R. A soil-adjusted vegetation index (SAVI). *Remote Sensing of Environment*. 1988. Vol. 25, Iss. 3. P. 295–309.
3. Copernicus: Sentinel-2. The ESA Optical High-Resolution Mission for Land Monitoring. URL: <https://sentinel.esa.int/web/sentinel/missions/sentinel-2> (дата звернення: 12.12.2025).
4. USGS. Landsat Missions: Imaging the Earth Since 1972. URL: <https://www.usgs.gov/landsat-missions> (дата звернення: 11.09.2025).
5. Colomina I., Molina P. Unmanned aerial systems for photogrammetry and remote sensing: A review. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*. 2014. Vol. 92. P. 79–97.
6. Kuenzer C., Dech S. Theoretical Background of Remote Sensing. *Remote Sensing Time Series*. Cham : Springer, 2015. P. 1–35.
7. Gao B. C. NDWI — A normalized difference water index for remote sensing of vegetation liquid water from space. *Remote Sensing of Environment*. 1996. Vol. 58, Iss. 3. P. 257–266.
8. Ferretti A. Satellite InSAR Data: Reservoir Monitoring from Space. Cambridge : Cambridge University Press, 2014. 180 p.
9. Lary D. J., Alavi A. H., Gandomi A. H., Walker A. L. Machine learning in geosciences and remote sensing. *Geoscience Frontiers*. 2016. Vol. 7, Iss. 1. P. 3–10.
10. Gorelick N., Hancher M., Dixon M. Google Earth Engine: Planetary-scale geospatial analysis for everyone. *Remote Sensing of Environment*. 2017. Vol. 202. P. 18–27.

УДК 553.04:663.64 (477.87)

Руднів О.В., ст. гр. 103-24-2

Науковий керівник: Інкін О.В., д.т.н., професор кафедри гідрогеології та інженерної геології

(Національний технічний університет «Дніпровська політехніка», м. Дніпро, Україна)

ПАРАМЕТРИЗАЦІЯ ВІДБОРУ ТА ОЦІНКА ЕКСПЛУАТАЦІЙНИХ ЗАПАСІВ МІНЕРАЛЬНИХ ВОД НЕЛІПИНСЬКОГО РОДОВИЩА

Неліпінське родовище мінеральних вод знаходиться у Закарпатській області на відстані 1 км на схід від м. Сваляви у заплаві р. Латориці. Згідно із заявкою ТОВ «Прогрес» необхідно затвердити експлуатаційні запаси підземних вод для промислового розливу в кількості приблизно 25 м³/доб.

В геологічній будові родовища приймають участь утворення верхньої підсвіти чорноголовської світи палеоцену-еоцену, які формують просту монокліналь з падінням шарів на південь під кутом 45–50°. Внутрішня будова родовища достатньо складна внаслідок наявності ряду дрібніших порушень. Породи розбиті системою різноорієнтованих тріщин, як відкритих, так і залікованих. В полі розвитку глинистих порід спостерігаються дзеркала ковзання. Тріщинуватість розвинута нерівномірно. Як в плані, так і в розрізі зустрічаються ділянки цілком монолітних порід. Вірогідно, в процесі регіональних стискаючих тектонічних рухів, міцні щільні пісковики, внаслідок своєї непластичності, не зім'ялися в складки, а розбилися на блоки. Зазнали руйнування і більш крупнозернисті різновиди порід всередині блоків. З цими тріщинними системами пов'язані вуглекислі мінеральні води. Наповненість тріщин продуктами діяльності гідротермальних розчинів різко знижує їх колекторні властивості, про що свідчать в цілому низькі значення фільтраційних параметрів і дебетів свердловин в межах родовища.

В районі м. Свалява родовища вуглекислих вод об'єднуються спільністю свого геолого-структурного положення. Всі вони розташовані в межах Заломської луски, яка, своєю чергою, є структурним елементом Зворської луски Поркулецької структурно-фаціальної зони. Приурочені родовища до складно побудованої великої монокліналі ускладненої складчастістю більш високого порядку і розривними порушеннями різного типу, як подовжніми, так і поперечними до загальнокарпатського простягання. Водовмісними є тріщинуваті пісковики чорноголовської світи, які простягаються зі сходу на захід смугою шириною до 1500 м, розбитою на окремі блоки та обмеженою з півночі та сходу глинистою товщею яловичорської світи крейдового віку, з півдня та заходу – флішовими та суттєво глинистими верствами палеогену.

Відповідно до стратиграфічного розрізу, в межах ділянки досліджень виділяються [1]: водоносний горизонт в сучасних алювіальних утвореннях заплав; водоносний горизонт в алювіальних відкладах першої надзаплавної тераси; підземні води спорадичного поширення в відкладах чорноголовської світи. Вуглекислі мінеральні води приурочені до тріщинуватих зон пісковиків, які характеризуються анізотропією фільтраційних властивостей. За складністю геологічної будови це родовище віднесене до 3-ої групи.

Води Неліпінського родовища вуглекислі гідрокарбонатні натрієві з мінералізацією 2,0–3,3 г/дм³. Вміст діоксиду вуглецю 500–1200 мг/дм³, одноборної кислоти 10–60 мг/дм³. Температура води – 10–17 °С. Вміст нормованих компонентів та сполук не перевищує граничнодопустимих концентрацій для лікувально-столових вод.

Оцінка запасів мінеральних вод ділянки зі складними геологічними умовами зводилась до обґрунтування оптимальної кількості води, відбір якої дозволів розробляти родовище з постійним в часі хімічним складом. Для обґрунтування запасів проводилась

дослідно-експлуатаційна відкачка протягом 2,5 років у двох різних режимах: переривчастому з дебітом $0,88 \text{ дм}^3/\text{с}$ – перший етап досліду, та цілодобовому з дебітом $0,21 \text{ дм}^3/\text{с}$ – другий етап досліду [1].

Обробка дослідної інформації виконана на основі часового простеження відновлення рівня після інтенсивного водовідбору та приведеного зниження рівня останньої стадії робіт в дослідній свердловині № 2д (рис. 1). Як графік відновлення рівня, так і зниження, представлені двома частинами прямих, які з'єднані плавним коротким проміжком [2]. Перша частина графіків відповідає періоду псевдостационарної фільтрації. Друга частина – визначається водовіддачею основної маси тріщин, але спостерігається постійне підживлення, що пов'язано з залученням до роботи системи додаткових тріщинних систем. Більш-менш прямолінійна форма II частини графіку відповідає умовам квазістационарної фільтрації, тому для розрахунків коефіцієнтів водопровідності застосовується метод Джейкоба [3], згідно з котрим коефіцієнт водопровідності дорівнює $0,92 \text{ м}^2/\text{доб}$.

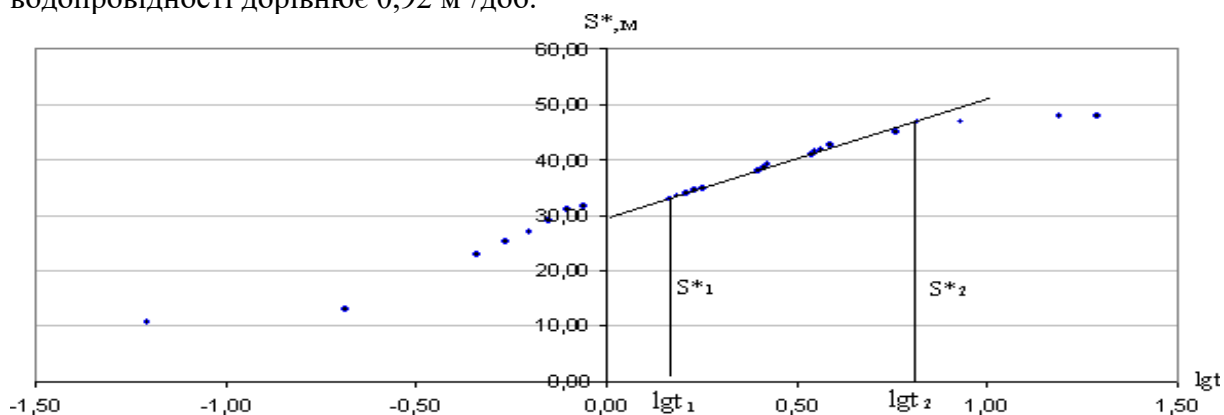


Рисунок 1 – Графік часового простеження відновлення рівня мінеральних вод Неліпинського родовища

Складні гідрогеологічні умови родовища не дозволяють розробити розрахункової фільтраційної схеми для оцінки експлуатаційних запасів мінеральних вод [4]. Обґрунтування запасів проводиться на основі довготривалої другої стадії дослідно-експлуатаційної відкачки гідравлічним методом на основі емпіричної залежності між дебітом і зниженням рівня води. Результати спостережень за кількісними показниками режиму мінеральних вод в процесі відкачки були основним вихідним матеріалом при підрахунку експлуатаційних запасів.

Експлуатаційні запаси мінеральних вод по свердловині № 2д підраховані гідравлічним методом в кількості $18,1 \text{ м}^3/\text{доб}$ і за ступенем вивченості віднесені до категорії В. Експлуатаційні запаси мінеральних вод по свердловині № 1сд прийняті за досягнутим дебітом в кількості $6 \text{ м}^3/\text{доб}$ і за ступенем вивченості віднесені до категорії С₁. Сумарні експлуатаційні запаси по двох категоріях (В+С₁) складають $24,1 \text{ м}^3/\text{доб}$.

Список використаних джерел:

1. Звіт про гідрогеологічне вивчення. Результати пошуково-розвідувальних робіт з підрахунком експлуатаційних запасів мінеральних вод ділянки Неліпинського родовища Свалявського району Закарпатської області станом на 1.07.2006 р. 88 с.
2. Інструкція із застосування запасів і ресурсів корисних копалин державного фонду надр до родовищ мінеральних підземних вод (2002). Київ. 49 с.
3. Інструкція до змісту, оформлення та порядок подання до ДКЗ України матеріалів геолого-економічної оцінки родовищ мінеральних підземних вод (2003). Київ. 55 с.
4. ДСТУ 878-93. Води мінеральні питні. Технічні умови. Держстандарт України (1994). Київ. 88 с.

Андрєєв С.С., керівник гуртка

Матвієнко Д.Є. вихованець гуртка «Географічне краєзнавство»

(Комунальний заклад «Харківський обласний центр туризму, краєзнавства, спорту та екскурсій учнівської молоді» Харківської обласної ради, м. Харків, Україна)

МОНІТОРИНГ ДЕГРАДАЦІЇ ЗЕМЕЛЬНИХ РЕСУРСІВ ВНАСЛІДОК ТЕХНОГЕННОГО ВПЛИВУ

На сучасному етапі антропогену трансформація літосфери під впливом індустріальної діяльності досягла масштабів, що загрожують цілісності глобальних біогеохімічних циклів. Деградація земельних ресурсів, спричинена техногенезом, є багатофакторним процесом, що охоплює фізичну деструкцію, хімічну токсемію та структурно-функціональний розпад ґрунтових екосистем. Для України, яка традиційно поєднує потужний агропромисловий потенціал із високою концентрацією гірничо-металургійних комплексів, а нині стикається з безпрецедентним військовим техногенезом, розробка та впровадження прецизійних систем моніторингу є питанням національної екологічної безпеки.

Актуальність дослідження зумовлена необхідністю переходу від констатуючого моніторингу до прогностично-превентивних моделей управління земельними ресурсами. Традиційні методи контролю стану ґрунтів часто не враховують кумулятивний ефект від тривалого техногенного навантаження та синергію між різними типами забруднювачів. Сучасний науковий дискурс вимагає інтеграції методів дистанційного зондування, геоінформаційного моделювання та нанохімічного аналізу для отримання цілісної картини деградаційних процесів.

Ефективна система моніторингу в 2025 році базується на ієрархічній структурі збору даних. Перший рівень, макроскопічний, реалізується через використання супутникових систем, зокрема, програм Copernicus [1] та Landsat [2], що дозволяють за допомогою вегетаційних індексів (NDVI, EVI, SAVI) [3, 4] ідентифікувати аномалії у стані фітоценозів, які є первинними індикаторами ґрунтового стресу.

Другий рівень, мезоскопічний, включає застосування безпілотних авіаційних комплексів, оснащених мультиспектральними камерами. Що, в свою чергу, дозволяє здійснювати детальне картування ерозійних процесів, просідань земної поверхні над шахтними полями та виявлення локальних осередків хімічного забруднення з субметровою точністю.

Третій рівень, мікроскопічний, полягає у безпосередньому лабораторному аналізі ґрунтових проб. У сучасних умовах критичне значення має визначення біодоступних форм важких металів, таких як Pb, Cd, Cr, Ni, Zn, а не лише їх валового вмісту, що дозволяє оцінити реальний ризик транслокації токсикантів у трофічні ланцюги.

Центральне місце у структурі техногенного впливу посідає гірничодобувна галузь. Процес видобутку корисних копалин супроводжується відчуженням значних територій під кар'єри та відвали. Гідродинамічне порушення водоносних горизонтів призводить до осушення прилеглих територій або, навпаки, до їх підтоплення мінералізованими шахтними водами. Це ініціює процеси вторинного засолювання та осолонцювання, що докорінно змінює фізико-хімічні константи ґрунтів.

Особливої уваги потребує проблема хімічної деградації в зонах впливу металургійних та хімічних підприємств. Аеротехногенні викиди, що містять сполуки сірки та азоту, викликають стійке підкислення ґрунтів. Зниження показника рН призводить до деструкції ґрунтового поглинального комплексу, вимивання катіонів кальцію та магнію, що, у свою чергу, дестабілізує структуру ґрунту та знижує його протиерозійну стійкість.

Специфікою моніторингу в сучасних реаліях України є вивчення наслідків військового впливу. Механічне порушення ґрунтового покриття внаслідок вибухів призводить до перемішування генетичних горизонтів, що фактично знищує родючий шар. Хімічне забруднення продуктами детонації (тротил, гексоген) та залишками паливно-мастильних матеріалів створює довгострокові зони екологічного лиха. Особливу складність становить моніторинг земель [5], забруднених залишками металевих фрагментів снарядів, які під дією корозії стають постійним джерелом надходження важких металів у ґрунтовий розчин.

Сучасний моніторинг неможливий без використання ГІС-технологій. Створення динамічних цифрових моделей деградації дозволяє не лише фіксувати поточний стан, а й моделювати сценарії розвитку ситуації на десятиліття вперед. Використання методів кригінгу та просторової інтерполяції дає змогу будувати карти ізоліній концентрацій забруднювачів [6], що є необхідним для зонування територій за ступенем екологічного ризику. Крім того, інтеграція даних моніторингу в єдині державні кадастрові системи забезпечує прозорість прийняття управлінських рішень щодо рекультивації та консервації деградованих земель.

Результати моніторингу мають слугувати науковим підґрунтям для проектів рекультивації. Класична схема, яка включає технічний та біологічний етапи, повинна доповнюватися методами фіторе mediaції – використанням специфічних видів рослин-гіперакумуляторів для вилучення токсикантів із ґрунту. Моніторинг у цьому контексті відіграє роль інструменту оцінки ефективності відновлювальних робіт, дозволяючи корегувати внесення меліорантів та добрив залежно від динаміки очищення ґрунтового профілю.

Отже, моніторинг деградації земельних ресурсів в умовах інтенсивного техногенезу є складною мультидисциплінарною задачею. Лише поєднання інноваційних методів дистанційного аналізу з фундаментальними геохімічними дослідженнями дозволяє сформувати об'єктивну базу даних для збереження земельного фонду. Розробка та впровадження автоматизованих систем постійного контролю за станом ґрунтів є ключовим кроком до сталого землекористування та забезпечення екологічного добробуту майбутніх поколінь. Наукова актуальність цієї теми лише зростатиме, вимагаючи нових підходів до інтерпретації великих даних та міжсекторальної взаємодії науковців, держави та бізнесу.

Список використаних джерел:

1. The Copernicus Program: Reference Documents and Sentinel-2 User Handbook / European Space Agency (ESA). 2023. URL: <https://sentinel.esa.int/web/sentinel/user-guides/sentinel-2-msi> (дата звернення: 05.02.2026).
2. Landsat 9 Data Users Handbook / U.S. Geological Survey (USGS). 2022. URL: <https://www.usgs.gov/landsat-missions/landsat-9-data-users-handbook> (дата звернення: 12.02.2026).
3. Rouse J. W., Haas R. H., Schell J. A., Deering D. W. Monitoring Vegetation Systems in the Great Plains with ERTS. *NASA/GSFC Publications*. 1974. 371 p.
4. Huete A. R. A Terrestrial Vegetation Index (EVI) for Iterative Global Monitoring. *Remote Sensing of Environment*. 2021. Vol. 253. P. 112–120.
5. World Atlas of Desertification: Rethinking Land Degradation and Sustainable Land Management / European Commission, Joint Research Centre (JRC). Luxembourg : Publications Office of the European Union, 2018. 230 p.
6. Právělie R. Exploring the heavy metal pollution of soils and its monitoring and remediation strategies in European industrial areas. *Environmental Reviews*. 2021. Vol. 29. P. 101–120.

UDC 504.054:355

Bohadorova L. M., PhD in Geography Associate Professor at the Department of Hotel, Restaurant, and Tourism Business

(Kherson State Agrarian and Economic University, Ukraine, Kherson)

Khorenzhenko I. M., a higher education student of the first (bachelor's) level of higher education, specialty 103. Earth Sciences

(Kherson State Agrarian and Economic University, Ukraine, Kherson)

FEATURES OF THE POST-WAR RECONSTRUCTION OF SOME COMPONENTS OF THE ENVIRONMENT OF UKRAINE

At this point in time, the war in Ukraine has already caused significant damage to the environment, but given that it continues to cause destruction, it is impossible to accurately predict the further consequences of the war. At the same time, given the significant destruction and degradation of natural subsystems, an adequate assessment of the financial costs and the degree of destruction caused to various components of the environment is necessary.

After the war, it is important to develop regulatory and legal support for the protection and restoration of the natural environment and take into account the following aspects: development of clear instructions for post-war restoration of the natural environment; adaptation of environmental policy to the requirements of legislation on the protection of natural resources of the EU; development and implementation of legislative acts that would reflect a scheme for compensating Ukraine for damages caused by hostilities on its territory.

One of the important components of the environment that will require priority restoration is water bodies. It should be noted that both freshwater and marine ecosystems are important, as they all play an important role in economic, food and environmental aspects. It is important to restore not only the pre-war natural state, but also to rebuild water infrastructure in accordance with the best global practices and European Union standards [1 - 2].

No less important is the restoration of forests after the war, because they not only provide clean air, but also perform protective functions in terms of soil conservation and are an important component of the woodworking industry of Ukraine. Forests in Ukraine have suffered greatly from fires, shelling and active hostilities in their territories, so their restoration will take many years. In view of this, it is necessary to ensure a number of measures, in particular:

1. development of a single national system for monitoring and managing forest fires, which can be used at all territorial levels: national, regional and local;
2. use of successful international practices in training personnel in the field of forestry;
3. scientific and practical research and justification of the consequences of the war for the forests of Ukraine at all levels, in particular the impact of fires, socio-economic consequences, and the impact on climate change and air quality;
4. in the regions affected by the war, development of remote monitoring systems for the forecast of forest management and forest restoration;
5. demining of forests and implementation of training initiatives for training personnel in handling explosive objects and ensuring their safety;
6. ensuring gradual reforestation in accordance with the degree of risk of the territories, the largest areas of forest destruction.

Also, one of the important aspects of post-war reconstruction is the fight against garbage and household waste, because during the period of military operations, waste management systems were significantly damaged. The situation is also aggravated by the accumulation of waste related to the war, the chaotic accumulation of landfills in ecologically important areas and in forests [3]. Also, a large amount of garbage accumulates in large cities. In this context,

it is important to ensure the implementation of the following series of urgently needed measures:

1. expansion of online monitoring systems to track the accumulation of landfills, solid waste and asbestos;
2. identification of the most vulnerable areas, in particular residential areas in large cities and areas affected by hazardous industrial waste;
3. assessment of the total volume of landfills and reconstruction of infrastructure solutions for waste removal;
4. ensuring secondary consumption and production with zero waste in the context of ensuring sustainable post-war development;
5. assessment of the impact of long-term accumulation on soil structure, in order to ensure the safety of construction and land use.

Given that a large number of natural reserve objects of both national and global importance have been damaged or completely destroyed in Ukraine, their reconstruction is important. This is important for several reasons. First, these territories are unique and affect the preservation of biodiversity. Second, the presence of such territories provides a positive microclimate in the country and to some extent affects the quality of life of the population. Third, the restoration of these territories will affect both domestic and international tourism, which will provide a positive economic effect for Ukraine [4].

Another area of post-war restoration is the land fund of Ukraine. This is the component of the environment that has suffered the most. Given the movement of military equipment, explosions, mining and other types of impacts, there has been a significant degradation of various types of land in the structure of the land fund. Of course, the restoration of the land fund will be long, which is associated with the loss and significant degradation of fertile soil layers and disruption of their structure, but provided that the measures are “correctly” developed, it is quite possible.

Therefore, the post-war restoration of the environment of Ukraine should be considered as a long-term, phased and complex process that combines ecological, economic, social and management approaches. A feature of this process is the need for synchronous restoration of various components of the natural environment, since water, land, forest resources, atmospheric air and natural ecosystems are closely interconnected.

References

1. Melnychenko, S. H., Bohadorova, L. M., Okhremenko, I. V. Doslidzhennia zarubizhnykh praktyk zapobihannia eutrofikatsii vodoim: dosvid dlia Ukrainy. *Tavriiskyi naukovyi visnyk. Seriia: Silskohospodarski nauky*. 2023. No. 123. Pp. 372–377. DOI: <https://doi.org/10.32782/2226-0099.2023.132.47> [in Ukrainian]
2. Melnychenko, S. H. Intelektualni ta tsyfrovi tekhnolohii upravlinnia vodnymy resursamy v Ukraini v konteksti povoiennoho vidnovlennia. *Zdobutky ekonomiky: perspektyvy ta innovatsii*. 2024. No. 7. DOI: <https://doi.org/10.5281/zenodo.16522216> [in Ukrainian].
3. Riabchyn, O. M. Evoliutsiia kontseptsii Build Back Better: vid vidbudovy pislia stykhiinykh lykh do zelenykh ta povoiennykh planiv vidnovlennia ekonomiky Ukrainy. *Ekonomika i orhanizatsiia upravlinnia*. 2025. No. 3 (55). Pp. 120–128. DOI: <https://doi.org/10.31558/2307-2318.2024.3.13> [in Ukrainian].
4. Nikolaichuk, T. Obiekty pryrodno-zapovidnoho fondu Ukrainy yak skladovi kompleksnoi rehabilitatsiinoi terapii pisliavoiennoho stanu. *Ekonomika. Upravlinnia. Innovatsii*. 2022. No. 1 (30). DOI: [https://doi.org/10.35433/ISSN2410-3748-2022-1\(30\)-11](https://doi.org/10.35433/ISSN2410-3748-2022-1(30)-11) [in Ukrainian].

Піскунов О.В., аспірант спеціальності 103 Науки про Землю

Науковий керівник: Тяпкін О.К., доктор геологічних наук, професор

(Національний технічний університет «Дніпровська політехніка», м. Дніпро, Україна)

ГІБРИДНА АРХІТЕКТУРА ГЛИБОКОГО НАВЧАННЯ ДЛЯ ІДЕНТИФІКАЦІЇ СЕЙСМІЧНИХ ГОРИЗОНТІВ

Оскільки в останні часи пошук вуглеводнів в усьому світі націлений на все більш складні родовища, сейсмічна інтерпретація може стати «вузьким місцем». Ручна інтерпретація часто є суб'єктивною, тоді як традиційні автоматизовані інструменти часто схильні давати збій у зонах тектонічних розломів та підвищених «шумів», вимагаючи значного доопрацювання [1]. Спираючись на наші попередні дослідження з використання мереж довгої короткочасної пам'яті (LSTM) для ідентифікації горизонтів, було відзначено, що хоча LSTM ефективно вловлюють основні стратиграфічні тренди у великих об'ємах, їхня природа обробки амплітудних послідовностей часто призводить до «розмитих» меж, яким бракує точності, необхідної для визначення сейсмічних горизонтів.

Для вирішення цієї проблеми, запропоновано спільний «агентний» робочий процес глибокого навчання, який визначає глобальний тренд перед тим, як зосередитися на локальних особливостях сейсмічних даних. Дана архітектура поєднує дві різні нейронні мережі (Рисунок 1). Перший агент (LSTM) діє як орієнтир, обробляючи сейсмічні траси одна за одною для створення грубої двовимірної карти ймовірностей розташування горизонтів. Після чого цей результат передається другому агенту - мережі U-Net (CNN), яка діє як локальний коригувальник [2]. U-Net отримує просторову інформацію від LSTM разом із локальним сейсмічним фрагментом та його миттєвою фазою (Instantaneous Phase) – атрибутом, який підкреслює безперервність подій навіть у зонах з низькою амплітудою сейсмічного сигналу без врахування зміни імпедансу.

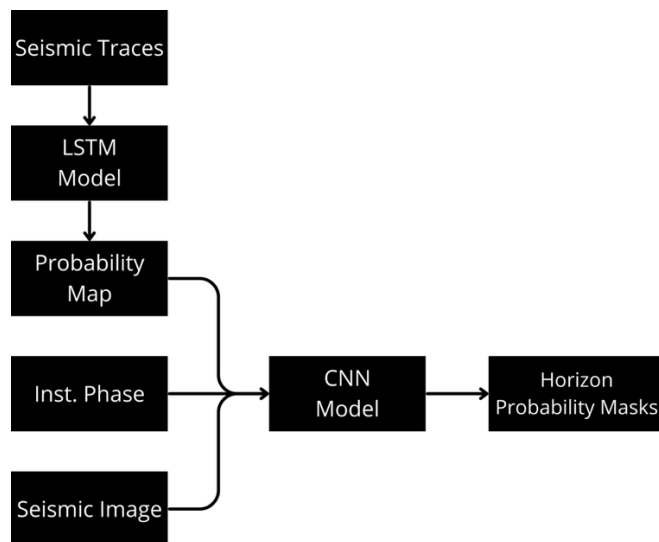


Рисунок 1 – Блок-схема запропонованої гібридної архітектури (LSTM-CNN)

З ціллю навчання системи без використання даних ручної інтерпретації, було розроблено генератор синтетичних даних, який математично моделює особливості геологічного розрізу. Крім того, U-Net навчалася шляхом застосування випадкового Гауссового розмиття до синтетичних еталонних масок (ground truth masks). Це змушує

мережу діяти як інструмент підвищення різкості, навчаючись того, як «згортати» змодельовану невизначеність LSTM у чітку, безперервну межу сейсмічного горизонту.

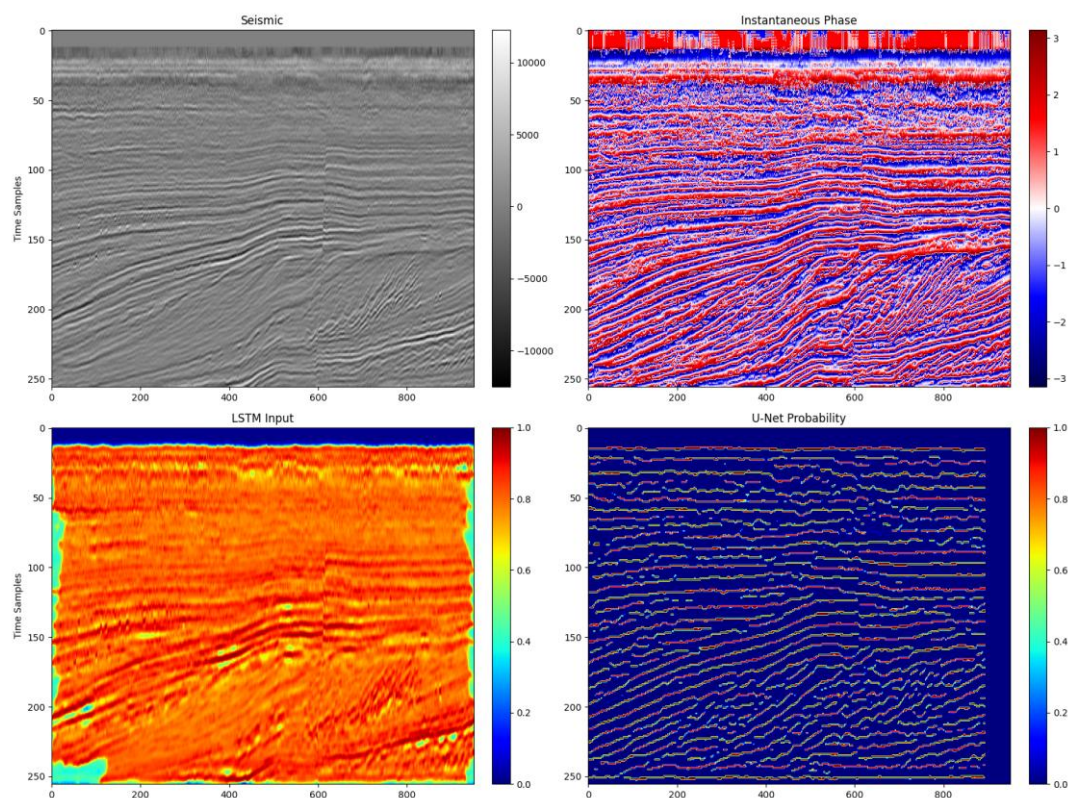


Рисунок 2 – Вхідні дані (сейсмічний розріз, миттєва фаза), первинна оцінка з використанням LSTM та фінальний результат U-Net

Результати було оцінено на наборі даних F3 Netherland [3]. Модель досягла значення коефіцієнта Дайса (Dice Coefficient) – 0,82 на перевірочній вибірці, що вказує на узгодженість із базовою геологічною структурою. Як показано на Рисунку 2, U-Net перетворює широкі прогнози LSTM на ймовірнісні «маски», які прив'язуються до конкретних фазових подій. Цей підхід може покращити якість автоматизованої інтерпретації сейсмічних даних, генеруючи геологічно послідовні горизонти, готові для моделювання. Наразі метод зосереджений на бінарній ідентифікації структурних подій. Головним викликом в інтерпретації сейсмічних даних залишається трасування горизонтів (horizon tracking) – завдання незалежного відстеження кожного окремого горизонту та призначення унікальних стратиграфічних ідентифікаторів окремим шарам у повному 3D об'ємі.

Список використаних джерел:

1. Valentin Tschannen. Deep learning for seismic data processing and interpretation. Earth Sciences. Université Paris sciences et lettres, 2020. English. NNT : 2020UPSLE039. tel-03544322
2. Yang L., Sun S.Z. Seismic horizon tracking using a deep convolutional neural network (2020). Journal of Petroleum Science and Engineering, 187, art. no. 106709
3. Silva, Reinaldo & Baroni, Lais & Ferreira, Rodrigo & Salles Civitarese, Daniel & Szwarcman, Daniela & Vital Brazil, Emilio. (2019). Netherlands Dataset: A New Public Dataset for Machine Learning in Seismic Interpretation. 10.48550/arXiv.1904.00770

Курса О. В., аспірант кафедри загальної та структурної геології
Кріпак С. А., аспірант кафедри загальної та структурної геології
Науковий керівник: Шевченко Сергій Вікторович, доктор геологічних наук,
завідувач кафедри загальної та структурної геології
(Національний технічний університет «Дніпровська політехніка»)

ЄВРОПЕЙСЬКИЙ ДОСВІД ЗБЕРЕЖЕННЯ І ПОПУЛЯРИЗАЦІЇ ГЕОЛОГІЧНОЇ ТА КУЛЬТУРНОЇ СПАДЩИНИ БУРШТИНУ

Анотація. Проаналізовано і показано успішні активності та заходи, що сприяють усвідомленню геологічної спадщини та розвитку і поглибленню культурної спадщини бурштину низкою європейських країн, де його видобувають. Окреме місце тут займають знакові проекти національного масштабу, унікальні колекційні зразки бурштину, що зберігаються у музеях, і самі музеї, особливо ті, що створені виключено для популяризації лише цього коштовного каменю. Вперше розглянуто успішні маркетингові стратегії розвитку бурштинової галузі провідними країнами Євросоюзу, де здійснюється видобуток і переробка бурштину. Створено класифікацію активностей, застосовуваних при популяризації спадщини бурштину.

Актуальність

Вивчення маркетингових стратегій з популяризації геологічної і культурної спадщини бурштину в європейських країнах, де його видобувають, дозволяє врахувати їх успішний досвід у поглибленні і розвитку культури бурштину для місцевих громад, оскільки Україна знаходиться лише на перших кроках побудови розвинутої галузі з видобутку і переробки бурштину і пов'язаних з цим туристичних активностей.

Основні результати.

На сьогоднішній день в багатьох країнах вздовж існуючого в давнину «римського» бурштинового шляху (Польща, Литва, Латвія, Німеччина Італія, Австрія, Швейцарія, Чехія та інші) сформувалися ініціативи для розвитку туризму, частково підтримувані Європейським Союзом. Це, перш за все, країни, де і сьогодні активно видобувають бурштин а також країни, де збереглася багата історична спадщина і традиції з переробки бурштину (Bursztynowy szlak, n.d.).

За цей час лідером серед країн, що доєдналися до Бурштинового шляху, беззаперечно стала Польща. У цій країні сформовано розгалужену інфраструктуру, що зацікавлює туристів великою кількістю об'єктів матеріальної і культурної спадщини, низки туристичних стежок і маршрутів, виставкових та розважальних заходів тощо. За останні тридцять років можна спостерігати активізацію кількох видів дій та ініціатив, спрямованих на перетворення бурштинової спадщини на унікальні туристичні пам'ятки, а потім їх комерціалізацію. Серед багатьох можливих прикладів слід назвати найбільш видовищні (Cudny, W. et al., 2023):

- будівництво найбільшого вітваря у світі у церкві Святої Бригіти в Гданську;
- організація тематичних заходів під керівництвом чемпіонів світу з лову бурштину в Янтарі та Міжнародного ярмарку бурштину та ювелірних виробів AMBERIF у Гданську;
- створення окремого монотематичного Музею бурштину в Гданську та багатьох приватних музеїв та галерей;
- створення туристичних маршрутів з бурштину (велосипедних, автомобільних).

Маркетингові стратегії, порівняння і помилки у створенні подібних Поморському бурштиновому шляху ділянок в інших країнах – Чехії, Словаччині, Австрії і Угорщині – дуже добре продемонстровано на одному з найбільших польських сайтів, присвячених

бурштину (Bursztynowy szlak, n.d.), який є потужною платформою, що поєднує музеї, археологічні локації, виставкові заходи, компанії у бурштиновій сфері тощо.

У таблиці 1 наведено основні Типи активностей для популяризації геологічної і культурної спадщини бурштину

Таблиця 1

№	Задіяні органи чуття і типи активностей	Заходи для популяризації
1	Очі (зір) – спостереження, перегляд	Перегляд музейних експозицій колекційних зразків бурштину Перегляд типових і унікальних інклюд у бурштині – комах, інших представників фауни, характерної для того часу флори – під збільшувальним склом, мікроскопом тощо Перегляд художніх виробів і ювелірних прикрас з бурштину Спостереження за роботою майстрів з обробки бурштину Спостереження за експериментами з фізичними властивостями бурштину – електризацією, світінням під впливом ультрафіолету, вимірюванням густини тощо
2	Вуха (слух) – слухання	Слухання екскурсиводів та інших фахівців під час екскурсій. Аудіогід Прослуховування спеціалізованих лекцій
3	Ніс (нюх) – вдихання	Своєрідна ароматерапія під час піротехнічних заходів з використанням бурштинового пилу і крихти, під час шліфування зразків майстрами з обробки..
4	Тактильні відчуття	Тримання в руках природних зразків бурштину різної форми, кольору і прозорості, відполірованих напівфабрикатів (галтовка), намистин, інших виробів Спа-активності: ходіння ногами по підлозі з бурштину, лежання на кушетках, виготовлених з бурштину, «Бурштинова лазня», де різні ділянки тіла людини торкаються нагрітих шматків бурштину Участь у майстер-класах з обробки зразків бурштину Різноманітні види масажу, в яких задіяні шматочки бурштину або бурштиновий пил, скрабування шкіри тощо Косметична продукція з бурштином або бурштиновою кислотою
5	Комплексні активності	Перегляд фільмів, присвячених походженню і видобутку бурштину, Відвідування експозицій з реконструкціями бурштинового лісу «Риболовля», тобто виловлювання зразків бурштину за допомогою сачка Просіювання піску з вмістом бурштину Відвідування підприємств з видобутку бурштину з демонстрацією технологій видобутку і сортування Видобування бурштину у природному заляганні Участь у майстер-класах з дизайну і виготовлення виробів з бурштину Участь у показах ювелірних прикрас Порівняння природних зразків бурштину з різноманітними підробками Тести власноруч: ацетоновий тест, тест на густину, тест на запах, електризацію, флюоресценцію тощо

Висновки.

1. Ефективний розвиток бурштинової галузі України має спиратися на створення державних, приватних, університетських експозицій, колекцій і окремих музеїв (як Музей бурштину в Гданську), присвячених походженню, видобутку та обробці бурштину. Окреме місце мають посісти знакові проекти (найбільший у світі вітвар з бурштину у церкві Святої Бригіти у Гданську, тощо). Активну роль також відіграватимуть різноманітні туристичні активності, що дозволяють задіяти якомога більше органів чуття, зокрема під час воркшопів і майстер-класів з обробки і створення авторських виробів, для всебічного занурення в культуру бурштину.

2. При формуванні маркетингових стратегій побудови брендів українського бурштину, приєднання України до розгалужень Бурштинового шляху в країнах Євросоюзу і залучення туристичної компоненти слід враховувати досвід Польщі, Чехії, Словаччини, Угорщини, Австрії та інших країн Європи.

Список використаних джерел:

1. *Bursztynowy szlak*. (n.d.). <https://www.amber.com.pl/bursztynowy-szlak>
2. Cudny, W. Paprzycka, J, Stasiak A., Włodarczyk B. (2023). *The contribution of amber to heritage tourism development*. *Geographia Polonica*, 3, 339–360. DOI: 10.7163/gpol.0259.
3. Markowski M. (2025). *Sakralne arcydzieło z Gdańska. Bursztynowy Ołtarz Ojczyzny wykonano z niemal tony surowca*. MAD White. <https://www.whitemad.pl/sakralne-arcydzielo-z-gdanska-bursztynowy-oltarz-ojczyzny-wykonano-z-niemal-tony-surowca/>
4. Мельничук, В.Г., Волненко С.О. (2022). *Музеї бурштину у місті Рівне*. *Мінералогічний журнал*, 2, 69–72.
5. Ремезова О., Комлев О., Коваль Д. (2023). *Розробка концепції сучасного музею бурштину України*. Міжнародна науково-практична конференція «Геологічні музеї і колекції: їх роль в науці, освіті та туризмі», 112–113.

Глущенко Н.О., аспірантка спеціальності 103А Науки про Землю

Науковий керівник: Рудаков Д.В., проф. каф. гідрогеології та інженерної геології
(Національний технічний університет «Дніпровська політехніка», м. Дніпро, Україна)

ЗМІНИ ПРОСАДКОВИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ ЛЕСОВИДНИХ СУГЛИНКІВ ПІД ВПЛИВОМ КОЛИВАНЬ РІВНЯ ҐРУНТОВИХ ВОД В УМОВАХ МІСТА ДНІПРО

Сучасні процеси урбанізації та інженерного освоєння територій супроводжуються ускладненням інженерно-геологічних умов, зокрема на ділянках, складених лесовидними суглинками. Метою дослідження є встановлення закономірностей трансформації просадкових властивостей лесовидних суглинків у межах урбанізованої території м. Дніпра на основі ретроспективного аналізу інженерно-геологічних і гідрогеологічних даних та обґрунтування механізму формування вторинної просадковості в умовах тривалих змін рівня ґрунтових вод.

На прикладі ділянки у південно-західній частині міста Дніпра, де протягом кількох десятиліть функціонувало тепличне господарство, виконано комплексний ретроспективний аналіз матеріалів інженерно-геологічних вишукувань, що проводилися у 1988, 2008, 2021 та 2023 роках. Геологічний розріз ділянки представлено потужною товщею лесових відкладів. У верхній та середній частинах (інженерно-геологічні елементи ІГЕ 3–8а) залягають лесові суглинки та супіски жовтувато-бурого й сіруватого кольору, пилюваті, від пластичних до твердих, високопористі та переважно просадні. Нижню частину розрізу формують червоно-бурі важкі пилюваті суглинки (ІГЕ 9) та глини твердої консистенції (ІГЕ 10), що характеризуються більшою щільністю та відносною стабільністю.

Протягом 1988–2023 рр. через припинення зрошення на ділянках розташування теплиць техногенна інфільтрація суттєво знизилась, внаслідок чого рівень ґрунтових вод суттєво знизився. Це призвело до змін фізико-механічних властивостей ґрунтів, насамперед, в ІГЕ 3, 4 та 5. Просторово-часовий аналіз даних гідрогеологічного моніторингу із застосуванням звичайного кригінгу показав, що середній рівень ґрунтових вод на ділянці понизився з 10,3 м у 1988 р. до 23,4 м у 2023 р. Локальні зміни в окремих свердловинах досягали 20–25 м, після чого рівневий режим стабілізувався. Лінійний регресійний аналіз підтверджує статистично значущий тренд пониження рівня з середньою швидкістю 0,35 м/рік. Наслідком цього стало повне дренавання ІГЕ-5 (лесовидні суглинки та ІГЕ-6 (супіски).

Зниження рівня ґрунтових вод безпосередньо вплинуло на напружено-деформований стан лесової товщі. Осушення масиву спричинило зменшення порового тиску та відповідне зростання ефективних напружень, що описується залежністю:

$$\Delta u = \gamma_w \cdot \Delta h. \quad (1)$$

де: Δu – зміна порового тиску (кПа), γ_w – питома вага води (кН/м³), у середньому 9,81 Н/м³, Δh – зміна гідростатичного напору або різниця рівнів ґрунтових вод (м).

За зміни рівня води приблизно на 13 м приріст ефективних напружень у товщі ґрунтів становить близько 120–130 кПа. Збільшення ефективних напружень створює умови для структурного ущільнення та розвитку консолидаційних деформацій, особливо в більш дисперсному шарі ІГЕ-5. З одного боку, зниження порового тиску сприяє підвищенню опору зсуву. З іншого боку, такі зміни зумовлюють диференційовані деформації та сприяють формуванню зон локального ослаблення за умов нерівномірного зволоження.

Результати систематичних досліджень властивостей ґрунтів демонструють складну картину: попри загальне осушення ґрунтового масиву, його несуча здатність знижується, а просадкові властивості частково реактивуються.

За досліджуваний період щільність сухого ґрунту знизилася з 1,45 г/см³ (1988 р.) до 1,35 г/см³ (2023 р.), що свідчить про розуцільнення структури. Коефіцієнт пористості зріс із 0,80 в 1988 р. до 0,90–0,95 у 2023 р., підтверджуючи зниження стабільності порового каркаса. Показник текучості збільшився з 0,10 в 1988 р. до 0,25–0,30 в 2023 р., що характеризує перехід ґрунту до стану, близького до пластичного, та зниження структурної міцності.

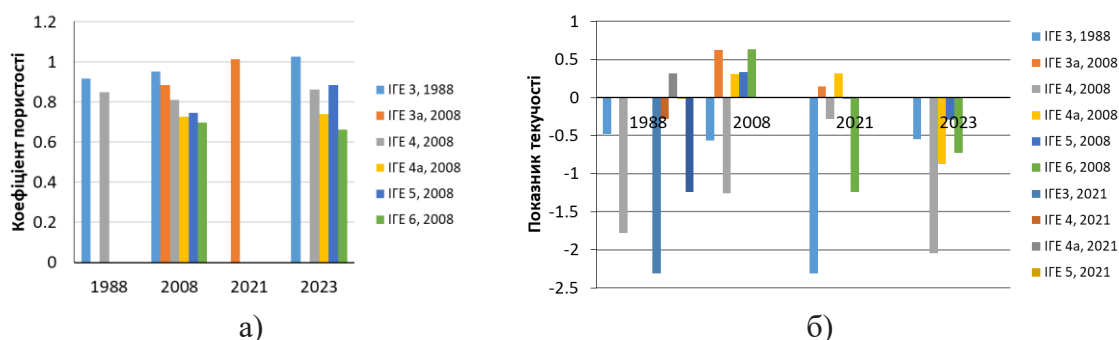


Рис. 1. Зміни властивостей ґрунтів на досліджуваній ділянці протягом 1988-2023 рр.: а) коефіцієнт пористості, б) показник текучості

Дослідження засвідчує, що внаслідок змін гідрогеологічних умов лесовидні суглинки перейшли у стан вторинно просадкових ґрунтів, а деформаційна поведінка лесової товщі визначається не лише поточними умовами, а й історією зміни ефективних напружень через пониження рівня ґрунтових вод. Попри формування потужної (до 20 м) зони аерації, ступінь водонасичення у 2023 р. залишався на рівні 0,6–0,7, що перевищує початкові значення 1988 р., що свідчить про значні капілярні ефекти в ґрунтах.

Техногенні чинники, що включають втрати води із застарілих інженерних мереж, тунельних споруд та порушень природного дренажу, сформували локальні зони інфільтрації. У межах ділянок просадні властивості набули мозаїчного характеру, коли навіть незначне локальне зволоження може спричинити помітні додаткові осідання.

Виявлена трансформація властивостей ґрунтів обумовлює необхідність застосування спеціальних заходів під час проектування та будівництва. Отримані результати свідчать про зниження розрахункових характеристик лесових ґрунтів та підвищення їх чутливості до деформацій в умовах локального зволоження. Зафіксовані зміни щільності сухого ґрунту та показника текучості зумовлюють орієнтовне зниження розрахункового опору основи на 20–30%. Це потребує уваги при виборі конструктивних рішень для фундаментів з урахуванням можливого локального перезволоження. Критично важливим є забезпечення ефективного водовідведення, а також проведення систематичного моніторингу вологості ґрунтів і рівня ґрунтових вод.

Список використаних джерел:

1. ДБН В.2.1-10:2009. *Основи та фундаменти споруд. Основні положення проектування*. – К.: Мінрегіонбуд України, 2009. – 75 с.
2. Гончарук В. В. *Геотехнічні аспекти розвитку просадочних ґрунтів Придніпров'я*. – Дніпро: Вид-во ДНУ, 2015. – 184 с.
3. Лобода О. О. Вторинна просадковість лесових суглинків у міських умовах. // *Вісник Одеського національного університету. Серія: Географічні та геологічні науки*. – 2021. – Т. 26, № 2. – С. 45–53.

Журба Р. С., НВО№136

Науковий керівник: Бодряго Є.А., асистентка кафедри загальної та структурної геології

(Національний технічний університет «Дніпровська політехніка», м. Дніпро, Україна)

РОЗРОБКА 3D МОДЕЛІ СУРСЬКОГО ПОРОГУ ТА СТВОРЕННЯ ВЕБСАЙТУ ДЛЯ ЗБЕРЕЖЕННЯ ГЕОЛОГІЧНОЇ ПАМ'ЯТКИ

Мета - здійснити порівняльний аналіз одного з Дніпрових порогів у його історичному та сучасному станах із використанням ГІС і 3D-моделювання, а також розробити вебсайт для популяризації геологічної спадщини України та Європи.

Актуальність - полягає у вивченні структури порогу за допомогою ГІС та загрозою втрати геологічних пам'яток України внаслідок військової агресії.

У сучасних умовах наукових досліджень та збереження геологічної спадщини технології комп'ютерної візуалізації відіграють важливу роль. Розвиток 3D-моделювання дозволяє створювати точні та детальні віртуальні репрезентації природних об'єктів, які можуть служити не лише для наукових досліджень, але й для освітніх та популяризаційних цілей.

Процес створення 3D моделі Сурського порогу (Рис 1) геологічної пам'ятки природної спадщини України. Завдяки використанню передових технологій комп'ютерної візуалізації та програми 3D MAX 2020, була розроблена тривимірна модель цього унікального об'єкта. Модель створена на основі даних, зібраних під час польових досліджень та геоінформаційних систем [1,2], що забезпечує можливість детального аналізу та вивчення порогу.

Сучасні програмні засоби, що застосовуються для моделювання рельєфу (зокрема Autodesk 3ds Max, World Machine, Houdini, Blender, Gaea), мають подібні системні вимоги та функціональні можливості.

До основних переваг зазначених програмних продуктів слід віднести широкий інструментарій для тривимірного моделювання, можливість створення деталізованих цифрових моделей рельєфу, а також підтримку додаткових модулів і розширень, що дозволяє адаптувати функціонал до конкретних завдань дослідження. Разом із тим, використання таких програм супроводжується певними обмеженнями. У деяких випадках спостерігається обмеженість функціоналу в окремих напрямках (наприклад, текстуровання або процедурна генерація рельєфу), а також висока вартість ліцензій окремих програмних продуктів.

Візуалізація об'єктів і процесів має важливе значення в сучасному світі, і впровадження 3D-моделювання у дослідження допомагає бути в курсі новітніх досягнень і підвищує ефективність науково-дослідних робіт.

Застосування геоінформаційних систем забезпечило ефективний збір, інтеграцію та детальний аналіз просторових даних про Сурський поріг, що дало змогу змодельовати його історичний вигляд та оцінювати вплив антропогенних і природних факторів на стан об'єкта. Створення 3D-моделі об'єкта забезпечило можливість його віртуального дослідження та збереження вигляду у цифровому форматі, що є важливим для науки та освіти в цілому.

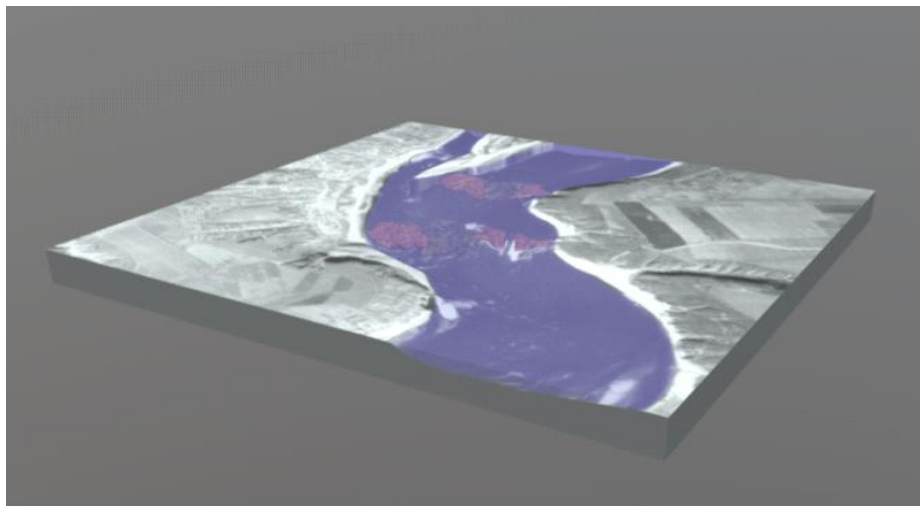


Рис 1. 3D модель Сурського порогу

Розроблений вебсайт став платформою для інтеграції отриманих результатів, включаючи мультимедійні матеріали та 3D-модель, що дозволяє поширювати знання про пам'ятку серед широкої аудиторії. Отримані результати мають як наукову, так і практичну цінність, сприяючи формуванню екологічної свідомості, розвитку туристичного потенціалу Дніпропетровського регіону та створенню основи для подальших досліджень і заходів із збереження геологічних пам'яток.

Список використаних джерел:

1. Геоінформаційні системи і бази даних : монографія / В. І. Зацерковний, В. Г. Бурачек, О. О. Железняк, А. О. Терещенко. – Ніжин : НДУ ім. М. Гоголя, 2014. – 492 <https://core.ac.uk/download/pdf/286619051.pdf>
Вальчук О. Б. Інтелектуальна ГІС м. Коломиї // Вісник Нац. ун-ту "Львівська політехніка". – 2005. – №62
2. Інтелектуальні геоінформаційні системи. Міжнародний досвід та шляхи розвитку в Україні / Я. П. Кісь, Н. Б. Шаховська, О. Б. Вальчук // Вісн. Нац. ун-ту "Львів. політехніка". - 2008. - № 621. - С. 139-143 https://vlp.com.ua/files/14_0.pdf

UDC 550.42:553.94

Kozii Ye.S., Candidate of Geological Sciences (PhD), Senior Research Fellow of Department of Mining Engineering and Education

Malashkevych D.S., Candidate of Technical Sciences (PhD), Associate Professor of Department of Mining Engineering and Education

(Dnipro University of Technology, Dnipro, Ukraine)

GERMANIUM-BEARING CAPACITY OF THE C₇^H COAL SEAM OF THE TERNIVSKA MINE OF THE WESTERN DONBAS

Germanium is a dispersed element, and coal serves as the primary source for its potential extraction in Ukraine. Europe is in dire need of germanium, and this issue has now shifted from a purely economic matter to one of national security. In 2023, the European Commission officially included germanium in the Critical Raw Materials Act, as the dependence on external suppliers has become critical.

The use of germanium is becoming critically important in the context of war and its potential continuation in the future, as this dispersed metal serves as the "eyes" of a modern army. Its unique physicochemical properties make it indispensable in the production of high-tech weaponry and defense systems.

Germanium plays a critical role in the modern defense sector, ensuring the functionality of thermal imaging optics and night vision systems as an unrivaled material for manufacturing lenses in thermal imagers, high-precision guidance systems, and optical sights. This element serves as the foundation for military communications and radar technology. High-frequency microchips and transistors for radars and electronic warfare systems are built using silicon-germanium (SiGe) compounds, enabling the effective detection of drones and the protection of data transmission channels. Germanium is of particular importance to unmanned aviation, where it is used not only in optical reconnaissance stations but also in the production of multijunction solar panels on germanium substrates, providing long-endurance Unmanned Aerial Vehicles with the highest level of energy efficiency.

The study of germanium distribution in coal seams is a strategically important task that combines fundamental science, economic benefit and national security. Researching the distribution of germanium transforms an ordinary coal mine into a source of critical raw materials.

Researching the distribution of germanium helps to understand its connection to the organic and mineral components of coal, which is critical for selecting the appropriate technology for subsequent germanium enrichment of the coal.

The primary source for the potential extraction of germanium in Ukraine is coal, including coal from the Western Donbas region. Previously, individual coal seams of the Western Donbas were examined regarding the distribution and characteristics of germanium dispersion [1-2]. The study of germanium in coal has been the focus of research by numerous authors [3-9]. The Ternivska mine is part of the Ternivske mine management, one of the largest coal-mining enterprises of DTEK Energy. Based on its germanium content, the C₇^H coal seam of the Ternivska mine field is classified as high-germanium coal. Analyzing the distribution of germanium concentrations in the coal by classes (Fig. 1), the share of coal with a high germanium content (over 10 g/t) is 47%, while 40% falls within the range of 7-10 g/t. This significantly exceeds the volume of coal with the lowest concentration of this element (5–7 g/t), which accounts for only 13%.

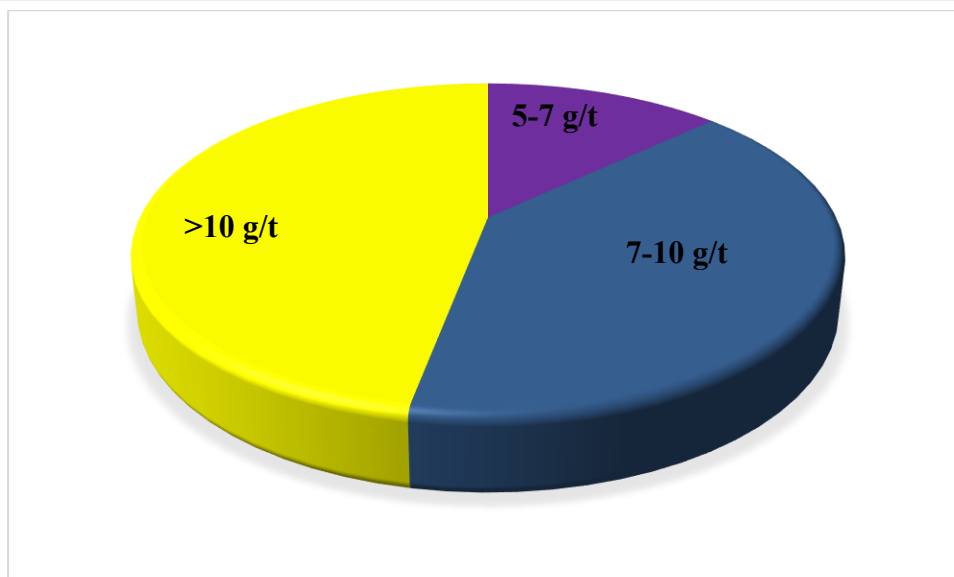


Figure 1 – Distribution of germanium in the c₇^H coal seam of the Ternivska mine by classes (%)

References:

1. Chernobuk, O.I., Ishkov, V.V., Kozii, Ye.S. & Kozar M.A. (2023). Features of the relationship of germanium content with the concentrations of toxic elements and their distribution in the coal seam c₅ of the Blagodatna mine. Odesa National University Herald. Geography and Geology, 28(2(43), 184–195. [https://doi.org/10.18524/2303-9914.2023.2\(43\).292747](https://doi.org/10.18524/2303-9914.2023.2(43).292747)
2. Chernobuk, O.I., Ishkov, V.V., Kozii, Ye.S., Pashchenko, P.S., Kozar, M.A. & Dreshpak O.S. (2023). Germanium interrelationship with ash and "toxic" elements in coal on the example of seam c₄ of the "Samarska" mine field of Western Donbas. Collection of scientific works "Geotechnical Mechanics". No. 167, pp. 100-109. <https://doi.org/10.15407/geotm2023.167.100>
3. Bulat A.F., Baranov V.A. The process of accumulation of germanium in the coal of the Ukraine // Geo-Technical Mechanics, 2021, №159, pp. 3-8.
4. Bulat, A. F., Baranov, V. A. (2021). Analysis of the germanium content of Ukrainian coal. Proceedings of the XIX International Conference of Young Scientists. Geotechnical problems of deposit development, Dnipro, p. 7-9.
5. Buchynska, I. V., Matrofailo, M. M., Poberezhskyi A. V., Stupka O. O., & Lazar G. I. (2023). Distribution of germanium in coal of the LvivVolyn coal basin. Geological magazine, 4, 35–49. <https://doi.org/10.30836/igs.1025-6814.2023.4.284910>
6. Babii, K. V., Bubnova, O. A., Malieiev, Ye. V., Riumina, D. M., Levchenko, K. S., & Ikol, O. O. (2024). Strategic mineral resources of Ukraine: a monograph. – Dnipro: PBP "Ekonomika", ISBN 978-966-2637-81-6, 324 p.
7. Burlutskyy, M., Lytvyniuk, S. (2025). Germanium as an element of critical raw materials. Coal deposits of Transcarpathia – a source of germanium in Ukraine. Bulletin of Taras Shevchenko National University of Kyiv. Geology, 4(107), 89-94. <https://doi.org/10.17721/1728-2713.107.11>
8. Mykhailov, V. A. (2023). Strategic mineral resources of Ukraine and their investment attractiveness: A monograph. Kyiv: VPC "Kyivskiy Universitet", 371 p.
9. Buchynska, I., Lazar, H., Savchynskiy, L., Shevchuk, O., Kruhlova, R. (2014, July 1–2). Geochemistry of germanium in the coal of the Lviv-Volyn coal basin. Materials of the International Scientific-Practical Conference "Aktualnye problemy poiskovoi i ekologicheskoi heokhimii", Kyiv, Ukraine, 34-35.

Будівництво, геотехніка та геомеханіка

Куроп Л. В., аспірант спеціальності 131 Прикладна механіка

Григор'єв О. Є., здобувач спеціальності 131 Прикладна механіка

(Національний технічний університет «Дніпровська політехніка», м. Дніпро, Україна)

ЦИФРОВІ ДВІЙНИКИ І МАШИННЕ НАВЧАННЯ В СИСТЕМІ КОНТРОЛЯ СТАНУ ПІДЗЕМНИХ ОБ'ЄКТІВ

До критичної інфраструктури відносяться об'єкти, що забезпечують життєдіяльність людини в умовах війни. Це, перш за все, тепло-електростанції і мережі, системи водопостачання і каналізації, транспортні комунікації. Також до таких об'єктів відносяться шахти по видобутку кам'яного вугілля, що є сировиною для ТЕС, цукрових заводів та побутових споживачів. Структури підземної частини об'єктів критичної інфраструктури потребують особливої уваги. Їх руйнування може спричинити зупинку у функціонуванні структур, що забезпечували ефективне життя країни.

Існуючі методи контролю передбачають періодичне обстеження підземних об'єктів з наступними висновками і рекомендаціями. Така система не може забезпечити своєчасне втручання в загрозову геомеханічну ситуацію. Для перманентного контролю їх стану з метою своєчасного втручання в разі загрози руйнування потрібні такі системи контролю, що забезпечують постійний нагляд, виконують аналіз і своєчасно попереджують про необхідність втручання. Такі системи повинні бути заснованими з використанням або цифрових двійників (Digital Twin), або машинного навчання (Machine learning), або їх поєднання. Останні є найбільш надійними і мають назву AI-системи контролю стану об'єктів.

На відміну від більшості елементів наземних споруд, виробки підземних об'єктів функціонують у середовищі, де гірничий тиск на кріплення формується як результат взаємодії початкового напруженого стану породного масиву, геометрії виробки, фізико-механічних характеристик порід, ступеня їх обводнення, технологічних впливів і перерозподілу напружень і деформацій у часі. Особливо це торкається виробок глибокого закладення, стійкість яких забезпечується сталевим арковим кріпленням аркової форми. В залежності від геологічних особливостей глибина розташування таких виробок коливається від декількох до сотень метрів від поверхні.

Стійкість більшості таких виробок забезпечується використанням сталевих аркових кріплень. Навантаження з боку породного масиву на окрему раму відбувається у дві стадії. В режимі заданих деформацій, що відбувається пропорційно горизонтальному переміщенню опор на величину Δx на першій стадії, і в режимі заданих навантажень, що оцінюється величиною вертикального навантаження $-q_v$ і коефіцієнтом бокового тиску $-\lambda$. Межею між стадіями слугує початок пучення порід підосви у виробці.

Важливою у перманентному контролі стану виробки є інверсна постановка задачі, у межах якої параметри навантаження на сталеве аркове кріплення ідентифікуються за результатами натурних вимірювань згинальних моментів у характерних перерізах рами та величини зближення опор. Такий підхід дозволяє відновити реальні навантаження, що діють на кріплення з боку породного масиву.

Наукова ідея досліджень полягає в поєднанні цифрового двійника та машинного навчання з інверсним блоком, який дозволяє визначати параметри навантаження (q_v і λ) за вимірними згинальними моментами в характерних перерізах арки та вимірною горизонтальною конвергенцією опор (Δx). Блок *ML* при цьому використовується для аналізу геомеханічної ситуації, короткострокового прогнозу і рекомендацій щодо виправлення ситуації.

Класичний геомеханічний моніторинг стану виробок включає маркшейдерські вимірювання та контроль стану кріплення. Ці методи формують основу для контролю, але в умовах сучасних вимог до критичної інфраструктури потребують кіберфізичного розвитку: інтеграції датчиків, безперервного збору даних, автоматизованої аналітики та формалізованого реагування.

Запропонована AI-система контролю стану підземних виробок розглядається як кіберфізична система, у якій реальний об'єкт – підземна капітальна протяжна виробка зі сталевим арковим кріпленням – безперервно пов'язаний із цифровим двійником через потоки вимірювальних даних. Архітектурно система складається з чотирьох взаємопов'язаних рівнів: сенсорного, рівня збору та передачі даних, аналітико-модельного рівня та рівня підтримки інженерних рішень.

Основою для цифрового двійника, який пересилає інформацію на блок ML, є система початкових рівнянь [1]:

$$M(x) = q_v A_v(x) + \lambda q_v A_h(x) - y(x)H(x)$$

де $A_v(x), A_h(x)$ - геометричні коефіцієнти впливу вертикального та горизонтального навантажень, а $y(x)$ - ордината осі арки. Горизонтальний розпір подається у вигляді:

$$H(x) = q_v C_v + \lambda q_v C_h + H_{\Delta x},$$

де C_v, C_h - інтегральні коефіцієнти, що залежать від геометрії арки, а $H_{\Delta x}$ – додатковий розпір, зумовлений примусовим зближенням опор кріплення на величину Δx :

$$H_{\Delta x} = EI \Delta x \int y^2(x) dx.$$

На основі наведених рівнянь при виміряних в натурних умовах величини згинальних моментів у характерних точках рами и величини горизонтального переміщення опор AI-система постійно визначає величину навантаження на кріплення. Це дозволяє оцінювати рівень напружень в елементах рами, порівнювати їх з межовими значеннями, попереджувати диспетчера у разі виникнення небезпеки і надавати попередні рекомендації щодо усунення проблеми.

Список використаних джерел

1. Григор'єв, О.Є., Скобенко, О.В., Кулівар, В.В., & Куроп, Л.В. (2025). Модель деформування сталевих аркових кріплень у горизонтальних підземних виробках глибоких шахт. Збірник наукових праць НГУ, 81,170-176. <https://doi.org/10.33271/crpnmu/81.170>

Olishevskaya S. O., PhD, Associate Professor of the Department of Construction, Geotechnics and Geomechanics

Ivanova H. P., Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Construction, Geotechnics and Geomechanics

(Dnipro University of Technology, Dnipro, Ukraine)

DIGITAL TWIN TECHNOLOGY IN CONSTRUCTION

The digital transformation of the construction industry is driving the active adoption of intelligent technologies that enhance the efficiency of design, operation, and monitoring of engineering facilities. One of the key innovations is Digital Twin technology, which enables the creation of a virtual model of a physical object using real-time data.

A Digital Twin is a virtual representation of a physical object that covers its entire life cycle and uses sensor data to simulate behavior, assess condition, and monitor operation. In construction, Digital Twins can replicate individual infrastructure elements as well as complex building complexes and even urban systems [1].

The use of this technology enables real-time access to information about the condition of an object and improves the justification of management decisions [2, 5].

A Digital Twin of an engineering structure forms an integrated information environment that combines the geometric and structural model of the object, calculation data of elements and joints, mathematical models of physical processes, information about construction technologies, and a life-cycle management system for the facility.

Digital Twins are already widely used in the planning of residential, commercial, and infrastructure projects, in the integration of 3D modeling with operational data, and in monitoring indoor environmental parameters such as temperature, occupancy, and air quality, thereby improving comfort and energy efficiency [3]. A key feature of the Digital Twin is its application throughout the entire life cycle of an asset. At the conceptual design stage, alternative computer models are created to evaluate possible technical solutions and select the optimal option.

At the detailed design stage, the model is refined by considering the interaction of structural elements, operating conditions, and environmental impacts, which makes it possible to develop a full Digital Twin of the future facility.

During construction, the digital model helps determine required technological parameters, ensure compliance with design characteristics, and promptly identify the causes of potential deviations. At the operation stage, the Digital Twin is used to diagnose the technical condition, predict failures, improve operational efficiency, and provide feedback for enhancing future design solutions [4].

References:

1. Загорбенська Ю. Цифровий двійник будівлі (Digital Twin): нові можливості для управління [Електронний ресурс] // Micronet. – 2025. – 1 серпня. – Режим доступу: <https://micronet.com.ua/czyfrovij-dvijnyk-budivli-digital-twin-novi-mozhlyvosti-dlya-upravlinnya/>
2. Технологія цифрового двійника в будівництві [Електронний ресурс] // UA-BUD. – Режим доступу: <https://www.ua-bud.com.ua/ru/tehnologiya-sifrovogo-dvoynika-v-stroitelstve/>
3. Цифровий двійник (Digital Twin) [Електронний ресурс] // IT Enterprise. – Режим доступу: <https://www.it.ua/knowledge-base/technology-innovation/cifrovoj-dvoynik-digital-twin>
4. Real progress with Digital Twin [Електронний ресурс] // AESTAR. – Режим

доступу: <https://aestar.tech/blog/real-progress-with-digital-twin-ua/>

5. Іванова Г. П., Олішевська В. Є., Гапєєв С. М., Олішевська С. О. Будівельна галузь України: трансформації та перспективи в умовах воєнного стану та повоєнної відбудови // Science and Transport Progress. 2024. № 4(108). Р. 80–88. DOI: <https://doi.org/10.15802/stp2024/317405>

СУЧАСНІ ПИТАННЯ ЕКОЛОГІЇ, БІОЛОГІЇ ТА ЗАХИСТУ ДОВКІЛЛЯ

Ломазов П. К., доцент кафедри екології та ТЗНС

Науковий керівник: Пісоцька Л. А., д.м.н., професорка кафедри екології та технологій захисту навколишнього середовища

(Національний технічний університет «Дніпровська політехніка», м. Дніпро, Україна)

ЕКСПРЕС-ОЦІНКА ЯКОСТІ ВОДИ МЕТОДОМ ГАЗОРОЗРЯДНОЇ ФОТОГРАФІЇ

Вода є основою життя, а її якість визначає функціональний стан організму, що набуває особливої актуальності в умовах антропогенного навантаження, наслідків Чорнобильської аварії та воєнних дій. Сьогодні відома інформаційна функція води на біомолекули в клітинах, яка пов'язана з її кластерною структурою [1]. У літературі описано наявність у рідкій воді узгоджених доменів – надмолекулярних агрегатів, що розглядаються як можливі резервуари квазі-вільних електронів [2]. Дослідженнями *in vitro* та *in vivo* показано, що когерентна вода активізує клітинний та гуморальний імунітет та інше [3]. Когерентна речовина характеризується підвищеною чутливістю до зовнішніх впливів та здатністю до акумуляції енергії [2, 3].

В ультрафіолетовій частині спектра на рентгенівській плівці фіксується газорозрядне світіння (ГРС) об'єктів, посилене полем високої напруги. Раніше нами було виявлено ознаки когерентної води. [4, 5]. Серед візуальних ознак оцінювали характер корони світіння, однорідність стримерів, наявність люмінесцентних променів та стан зображення під краплею [6].

Метою дослідження є порівняння оцінки якості різних зразків води за ГРР-фотографіями з фізико-хімічними методами.

Досліджували три зразки води: водопровідну (зразок 1), питну бутильовану «Моршинська» (зразок 2) та дистильовану (зразок 3). Визначали *pH*, окислювально-відновний потенціал (ОВП), мінералізацію, карбонатну жорсткість і лужність. ГРР-фотографування здійснювали на приладі «РГС-1» (рис. 1) [7].



Рисунок 1 – Зразки води та експериментальний прилад «РГС-1»

На рис. 2 представлені ГРР-фотографії досліджуваних зразків води.

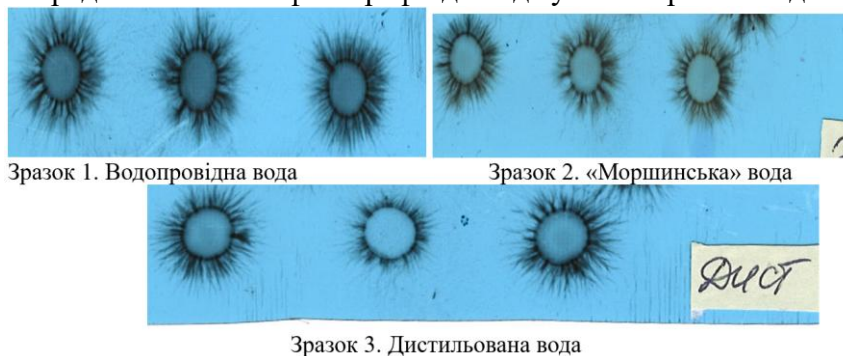


Рисунок 2 – ГРР-фотографії досліджуваних зразків води

Ознаки структурованості спостерігалися у зразку дистильованої води, однак за відсутності мінеральних домішок газорозрядне світіння було менш інтенсивним та неоднорідним. У воді «Моршинська» зафіксовано меншу засвітку плівки та більш однорідний розподіл стримерів. Водопровідна вода характеризувалася більшою засвіткою, наявністю дрібних включень і менш рівномірною люмінесценцією порівняно з природною необробленою водою. Виявлені відмінності свідчать про різний рівень структурної організації зразків. Фізико-хімічні параметри наведено в таблиці 1.

Таблиця 1

Фізико-хімічні параметри зразків води

Параметри / Зразки води	Мінералізація (мг/л)	ОВП Eh (mV)	pH	Жорсткість (мг/лCaCO ₃)	Лужність (мг/л CaCO ₃)
Зразок 1	177	374	8,4	62	51
Зразок 2	110	347	7,3	35	42
Зразок 3	10	298	8,0	31	35

Згідно з літературними джерелами [8] та отриманими експериментальними результатами, зразок води «Моршинська» характеризується показниками, що можуть вважатися більш сприятливими для споживання людиною.

Таким чином, ознаки ГР-світіння зразків води співвідносяться з відомими фізико-хімічними параметрами. Має сенс використовувати метод ГРР-фотографії води для експрес-оцінки структурно-енергетичних властивостей води, що впливає на її біологічну активність.

Список використаних джерел:

1. Ignatov I., Marinov Y. G., Vassileva P., Gluhchev G., Pesotskaya L. A., Jordanov I. P., Iliev M. T. Nonlinear Hydrogen Bond Network in Small Water Clusters: Combining NMR, DFT, FT-IR, and EIS Research // *Symmetry*. 2025. Vol. 17. 1062. DOI: <https://doi.org/10.3390/sym17071062>
2. Del Giudice E., et al. Coherent Quantum Electrodynamics in Living Matter // *Electromagnetic Biology and Medicine*. 2005. Vol. 24. P. 199-210.
3. Краснобрижев В. Глобальний технологічний ресурс макроскопічної нелояльності. Когерентні технології. Комплементарна когерентна вода : монографія. 2012. 100 с. URL: www.ingimage.com
4. Пісоцька Л. А., Мінцер О. П., Глухова Н. В. Спосіб визначення ступеня когерентності стану води : пат. 112809 Україна : МПК. № u201503256 ; заявл. 02.03.2015 ; опубл. 25.10.2016, Бюл. № 20.
5. Ignatov I., Pesotskaya L., Glukhova N., Yevdokymenko N., Popova T. P., Ignatov A. I., Stoyanov C. Registration of Different Types of Water with Corona Gas Discharge Effects and Parameters of Brightness // *Portugaliae Electrochimica Acta*. 2025. Vol. 43. P. 217–224. DOI: <https://doi.org/10.4152/pea.2025430401>
6. Курик М. В., Пісоцька Л. А., Лапицький В. М. Про природу кирліанівського світіння води // *Науковий вісник НГУ*. 2012. № 5 (131). С. 86–90.
7. Пісоцька Л. А., Чурилов В. В., Глухова Н. В., Гулевська Г. І., Ігнатов І. І. Пристрій для реєстрації газорозрядного світіння різноманітних об'єктів «РГС-1» : пат. 153884 Україна : корисна модель ; заявл. 18.01.2022 ; опубл. 13.09.2023, Бюл. № 37.
8. Про затвердження Державних санітарних норм та правил «Гігієнічні вимоги до води питної, призначеної для споживання людиною» (ДСанПіН 2.2.4-171-10): наказ Міністерства охорони здоров'я України від 12.05.2010 № 400, зареєстровано в Міністерстві юстиції України 01.07.2010 № 452/17747 // База даних «Законодавство України» Верховної Ради України. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/main/z0452-10>

Березняк О.О., аспірантка спеціальності 183 Технології захисту навколишнього середовища

Науковий керівник: Борисовська О.О., к.т.н., завідувачка кафедри екології та технологій захисту навколишнього середовища

(Національний технічний університет «Дніпровська політехніка», м. Дніпро, Україна)

ЕКОЛОГІЧНИЙ ТА ТОКСИКОЛОГІЧНИЙ ВПЛИВ ТОНКОДИСПЕРСНОЇ ЗОЛИ ВІНОСУ ТЕПЛОВИХ ЕЛЕКТРОСТАНЦІЙ

Теплові електростанції (ТЕС), що використовують вугілля, є значним джерелом генерації енергії, але водночас продукують величезні обсяги золошлакових відходів (ЗШВ). Серед цих відходів особливу екологічну та токсикологічну небезпеку становить тонкодисперсна зола виносу (ТДЗ), яка є основною фракцією, що вловлюється системами очищення димових газів (електрофільтрами та рукавними фільтрами).

Ключова проблема ТДЗ полягає не лише в її обсязі, але й у хімічному складі: системи пиловловлювання, хоча й захищають атмосферу від первинних викидів, одночасно концентрують найбільш небезпечні токсичні елементи у цій тонкодисперсній фракції [1]. Отже, неналежне управління місцями її складування (золосховищами) може призвести до вивільнення в навколишнє середовище висококонцентрованого токсичного матеріалу через процеси вітрової ерозії та вилуговування. Таким чином, зола виносу є унікальним техногенним матеріалом, токсичність якого може багаторазово перевищувати токсичність вихідного палива.

Зола виносу характеризується високою дисперсністю, що є критичним фактором для оцінки ризику. Найбільшу небезпеку становлять фракції $PM_{2.5}$ та PM_{10} . Ці тонкодисперсні частинки легко переносяться вітром через порівняно невелику густину та високу аеродинамічну рухливість [1]. З погляду токсикології, фракції $PM_{2.5}$ та PM_{10} є найнебезпечнішими, оскільки вони здатні проникати глибоко у дихальну систему, а їх велика питома площа поверхні сприяє адсорбції значної кількості токсичних речовин. Таким чином, тонка дисперсність золи є головним механізмом доставки концентрованих забруднювачів до живих організмів.

Хімічний склад золи виносу українських ТЕС є варіативним і залежить від типу спалюваного вугілля. Зокрема, зола з Придніпровської ТЕС містить від 37% до 66,3% кремнезему (SiO_2), від 5,1% до 37% глинозему (Al_2O_3), від 0,2% до 17% оксидів заліза (Fe_2O_3) [2]. Така хімічна варіативність впливає як на потенціал вилуговування токсинів, так і на можливість подальшої утилізації матеріалу, наприклад, у будівництві [3]. Вміст сульфату в золі є критичним чинником при її взаємодії з водою та ґрунтами. Зокрема, концентрація сульфатів понад 10% створює значні проблеми для застосування золи у будівельних матеріалах або для стабілізації ґрунтів, оскільки може викликати небажані хімічні реакції, пов'язані з гідратацією [3].

Найбільш значущим аспектом екологічного ризику ТДЗ є концентрація токсичних мікроелементів. Концентрація оксидів важких металів у шлаку та золі є значно вищою, ніж у вихідному паливі, часто на 2–3 порядки [4]. Цей ефект концентрації (токсикологічна мультиплікація) виникає внаслідок процесу спалювання, коли леткі токсичні елементи конденсуються на поверхні тонкодисперсних частинок.

Фільтри та скрубери, призначені для очищення димових газів, ефективно вловлюють частинки твердої фракції, але водночас концентрують токсини у золі виносу [5]. Це призводить до того, що ТДЗ є твердою речовиною, яка містить небезпечні речовини, зокрема ртуть (Hg), діоксини та фурані [5]. Токсичність золи виносу є більшою, ніж нелеткого залишку, оскільки саме у цій фракції накопичуються найбільш небезпечні компоненти. Це означає, що неналежний контроль пиловиносу із золосховищ

фактично призводить до викиду у довкілля висококонцентрованого токсичного матеріалу. Таблиця 1 демонструє фактор концентрації токсичних елементів у золі порівняно з паливом.

Таблиця 1

Фактор концентрації токсичних елементів у золі

Компонент	Вміст у золі виносу ТЕС	Фактор концентрації	Примітка
Кремнезем	37% – 66.3%	1.0 - 1.3	Основний компонент
Оксиди важких металів	високий	100 - 1000	Критичний токсикологічний ризик [4]
Радіонукліди	до 500 Бк/кг	~3-5	TENORM-ризик [6]
Ртуть, діоксини	концентровані	високий	Затримані фільтрами [1]

Зола виносу також може становити радіологічну небезпеку, оскільки містить природні радіонукліди (TENORM – Technologically Enhanced Naturally Occurring Radioactive Materials), які концентруються під час спалювання. Згідно зі звітами UNSCEAR (2008), спалювання вугілля на ТЕС призводить до перерозподілу природних радіонуклідів, причому зола виносу демонструє значне збагачення ізотопами ^{238}U та ^{232}Th порівняно з вихідною сировиною, що класифікує її як TENORM [6]. Це демонструє значну радіоактивну акумуляцію.

Крім безпосередньої небезпеки для довкілля, акумуляція золи виносу на теплообмінних поверхнях та газоходах котельного обладнання з часом може перетворити саму котельню на вторинне джерело радіоактивного випромінювання [6]. Тобто, радіологічна небезпека ТДЗ є не локальною, а системною, вона впливає на безпеку виробничого процесу та навколишнього середовища. Таким чином, для зменшення токсикологічного впливу на довкілля, необхідна подальша глибока переробка золи виносу із застосуванням гідрометалургійних процесів.

Список використаних джерел:

1. GAIA. Спалювання відходів: Забруднення та вплив на здоров'я. (2019) / URL: <https://zerowaste.org.ua/wp-content/uploads/2023/02/spalyuvannya-vidhodiv-z-yih-peretvorenniya-v-energiyu.pdf>
2. Berezniak O., Borysovska O. (2024) Assessment of atmospheric air pollution in Dnipro city as a result of dust entrainment from the ash-disposal areas of Prydniprovsk TPP. *Collection of research papers of the National Mining University*, 77, 136-146. <https://doi.org/10.33271/crpnmu/77.136>
3. Zarębska, K., Szczurowski, J., Muszyńska, J., & Baran, P. (2024). Geopolymer Materials from Fly Ash - A Sustainable Approach to Hazardous Waste Management. *Materials*, 17(14), 3515. <https://doi.org/10.3390/ma17143515>
4. Dinis, M. d. L., Fiúza, A., Góis, J., de Carvalho, J. S., & Meira Castro, A. C. (2021). Assessment of Natural Radioactivity, Heavy Metals and Particulate Matter in Air and Soil around a Coal-Fired Power Plant - An Integrated Approach. *Atmosphere*, 12(11), 1433. <https://doi.org/10.3390/atmos12111433>
5. Kharytonov, M., Berezniak, O., Klimkina, I., Rula, I., Eckart, S., Guhl, S., & Wiche, O. (2025). Prerequisites for using trace and rare-earth elements from the fly ash of Ukrainian thermal power stations. *International Journal of Environmental Studies*, 82(2), 778–788. <https://doi.org/10.1080/00207233.2024.2444196>
6. TENORM: Coal Combustion Residuals (загол. з екрану) / URL: <https://www.epa.gov/radiation/tenorm-coal-combustion-residuals>

Кандзюба О.Ю., аспірант спеціальності G2 Технології захисту навколишнього середовища

Науковий керівник: Яцишин А.В., д.т.н., с.н.с., заступник директора з наукової роботи

(Центр інформаційно-аналітичного та технічного забезпечення моніторингу об'єктів атомної енергетики НАН України, м. Київ, Україна)

ПЛАСТИКОВІ ВІДХОДИ ЯК СИСТЕМНИЙ ЧИННИК ЗАГРОЗ ДЛЯ ДОВКІЛЛЯ ТА ЗДОРОВ'Я НАСЕЛЕННЯ

Пластикові відходи перетворилися з локальної «проблеми сміття» на системний виклик для довкілля та громадського здоров'я. Їхня небезпека пов'язана не лише з видимим засміченням територій, а й із тим, що пластики є джерелом і «транспортном» цілої групи токсичних сполук та дрібнодисперсних частинок, які потрапляють у воду, ґрунт, повітря і, зрештою, в організм людини. Окрему тривогу викликає вплив на вразливі групи населення (діти, вагітні жінки, працівники, які контактують з відходами), а також те, що традиційні підходи «зібрати–вивезли–спалили» часто лише змінюють форму забруднення, не усуваючи його причини [1].

Актуальність дослідження зростає через хімічний склад сучасних пластмас: багато виробів містять добавки, що можуть порушувати ендокринну регуляцію (бісфенол А, фталати). Окрему загрозу становлять пер- та поліфторалкільні речовини – надстійкі сполуки, які майже не руйнуються та накопичуються в різних компонентах довкілля (воді, опадах, відкладах і живих організмах) [2]. Важливо, що вплив не обмежується «далекими екосистемами»: значна частина експозиції формується у повсякденному середовищі проживання, зокрема через питну воду, їжу, повітря й домашній пил.

Узагальнення сучасних досліджень показують кілька ключових шляхів потрапляння пластик-асоційованих забруднювачів до людини. По-перше, це інгібітори та стабілізатори, які мігрують із матеріалів у контактні середовища під час використання (зберігання, нагрівання, зношування). У роботах [2, 3] підкреслюється, що основними шляхами надходження є споживання забрудненої води та харчових продуктів, інгаляційний шлях (повітря, пил) і контакт зі споживчими товарами.

По-друге, небезпечним є «кінцевий етап» життєвого циклу пластику: при відкритому спалюванні або неякісному спалюванні в установках без належного контролю викидів утворюються діоксини, фурани та інші токсичні компоненти, що асоціюються з респіраторними і серцево-судинними ризиками.

По-третє, полігони та стихійні звалища створюють умови для вимивання хімічних домішок у ґрунт і підземні води, а це вже напряму пов'язано з якістю питної води та безпекою харчових ланцюгів.

Суттєвим компонентом проблеми є мікро- і нанопластики. Їх можна розглядати як «невидиму фракцію» пластикового забруднення, що здатна переноситися повітрям і водою, потрапляти в організм через інгаляцію та їжу, а також адсорбувати на поверхні інші забруднювачі. Деякі дослідники наголошують, що інгаляція частинок і димів, а також потрапляння мікропластику в харчовий ланцюг можуть бути пов'язані із запальними реакціями, оксидативним стресом і пошкодженням тканин, хоча довгострокові наслідки для людини ще потребують уточнення [2].

Окремо варто підкреслити аспект професійних і соціальних ризиків: люди, залучені до збору, сортування, перероблення та утилізації відходів, можуть зазнавати підвищеного впливу токсичних компонентів пластику, що вимагає посилення охорони праці, моніторингу стану здоров'я та технологічної модернізації підприємств.

На рівні домогосподарств важливими є прості профілактичні практики – зокрема

уникнення нагрівання їжі в пластикових контейнерах та перехід на безпечніші матеріали (скло, нержавіюча сталь), що знижує ризики міграції добавок у їжу [4].

Узагальнюючи результати проаналізованих джерел [1-6], можна виділити три практичні висновки.

1. Пластикове забруднення є комплексним: воно включає тверді відходи, мікропластики та хімічні домішки, які циркулюють у середовищі та формують реальні шляхи експозиції для населення.

2. Найризикованішими практиками залишаються відкрите спалювання, неякісне спалювання та неналежні полігони, які підсилюють токсичне навантаження на повітря, ґрунт і воду.

3. Робота лише «на етапі відходів» недостатня: потрібні рішення, які одночасно зменшують виробництво проблемних виробів і підвищують безпеку матеріалів (детоксикація складу, прозорість добавок, обмеження найбільш небезпечних сполук).

Ефективна відповідь на пластикову кризу має поєднувати регуляторні, технологічні та освітні інструменти. На практиці це означає: обмеження одноразових виробів і поступове скорочення виробництва «необов'язкового» пластику поряд із розвитком систем повторного використання; інвестиції у сучасну інфраструктуру сортування і перероблення та впровадження депозитних систем повернення тари як дієвого стимулу для населення; розроблення та масштабування нових методів утилізації: від удосконалених технологій waste-to-energy з мінімізацією токсичних викидів до інноваційних підходів у переробленні й матеріалозаміщенні, з одночасним контролем добавок і очищенням потоків відходів від токсичних домішок.

У підсумку, зменшення шкоди від пластикових відходів можливе лише за умови переходу до циркулярної моделі, де пріоритетом стають запобігання утворенню відходів, безпечний дизайн матеріалів і технологічно контрольована утилізація.

Список використаних джерел:

1. Trasande, L., Đorđević, A.B. & Fernandez, M.O. (2025) The effects of plastic exposures on children's health and urgent opportunities for prevention. *The Lancet Child & Adolescent Health*. 9(11), С. 796–807. DOI: [https://doi.org/10.1016/S2352-4642\(25\)00212-3](https://doi.org/10.1016/S2352-4642(25)00212-3)

2. Tripathi, D., Singh, S. & Ahamad, K.U. (2025) Understanding the plastic-associated endocrine-disrupting chemicals in India: Environmental contamination, health impacts and regulatory challenges. *Journal of Environmental Chemical Engineering*. 13(5), 118453. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jece.2025.118453>

3. Gore, A.C., Chappell, V.A., Fenton, S.E., Flaws, J.A., Nadal, A., Prins, G.S., Toppari, J. & Zoeller, R.T. (2015) EDC-2: The Endocrine Society's Second Scientific Statement on Endocrine-Disrupting Chemicals. *Endocrine Reviews*. 36(6), P. E1–E150. DOI: <https://doi.org/10.1210/er.2015-1010>

4. Sheriff, S.S., Yusuf, A.A., Akiyode, O.O., Hallie, E.F., Odoma, S., Yambasu, R.A., Thompson-Williams, K., Asumana, C., Gono, S.Z. & Kamara, M.A. (2025) A comprehensive review on exposure to toxins and health risks from plastic waste: Challenges, mitigation measures, and policy interventions. *Waste Management Bulletin*. 3(3), 100204. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.wmb.2025.100204>

5. Nafiu, S.A., Azeez, M.O., AlAqad, K.M., Olarewaju, T.A., Yerima, E.A. & Tanimu, A. (2025) Waste plastic management: Recycling and the environmental health nexus. *Cleaner Materials*. 15, 100291. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.clema.2024.100291>

6. Abahussain, A.A.M., Nasr, F.A., Jumah, A. bin, Saravanan, P., Siva Kumar, N., Al-zharani, M., Gunganathan, L., Sasikumar, G., Alsalamah, S.A., Qurtam, A.A., Senthilkumar, J. & Tamizhdurai, P. (2025) Toxic threats from plastic waste: human health impacts, challenges, and policy solutions. *RSC Advances*. 15(48), P. 40761–40788. DOI: <https://doi.org/10.1039/d5ra05845g>

Коломієць А.М., аспірант кафедри стоматології дитячого віку

Науковий керівник: Пачевська А.В., к.мед.н., доцентка кафедри стоматології дитячого віку

(Вінницький національний медичний університет ім. М. і. Пирогова, м. Вінниця, Україна)

РОЛЬ ЕКОЛОГІЧНИХ ЧИННИКІВ У РОЗВИТКУ ЗУБОЩЕЛІПНИХ АНОМАЛІЙ

Аномалії зубів спричинені складними багатфакторними взаємодіями між генетичними, епігенетичними та екологічними факторами протягом тривалого процесу розвитку зубів. Цей процес є багаторівневим, багатовимірним та прогресивним. Він включає численні взаємодії та критичні стадії.

Розвиток зубів є багаторівневим, оскільки він передбачає молекулярні та клітинні взаємодії, які мають макроскопічні, клінічні фенотипічні наслідки. Він багатовимірний, вимагає розвитку у трьох просторових вимірах: осях x , y , z та четвертому вимірі часу. Він є прогресивним, відбувається протягом тривалого періоду, проте має критичні стадії розвитку. Серія взаємодій включає численні генетичні сигнальні шляхи між ектодермальним та мезенхімальними клітинними шарами, що походять від нервового гребеня. На клітинну сигналізацію також впливають позаклітинні фактори. Хоча термін епігенетичний може стосуватися додавання або видалення метильних груп до ДНК або приєднання ацетильних груп гістонів, тут прийнято ширше визначення епігенетичного, тобто зміни експресії генів без змін у нуклеотидному секвенуванні. Цей ширший погляд включає взаємодію між клітинами на тканинному рівні як епігенетичні події, окрім тих, що безпосередньо впливають на ДНК. На гістологічному рівні існують взаємодії між зачатками зубів, що розвиваються. Взаємодії, градієнти та просторові ефекти кількох генів, епігенетичні та екологічні фактори впливають на розвиток окремих зубів, груп зубів та зубного ряду в цілому. Макроскопічний, клінічно видимий результат у людей являє собою складну одиницю з чотирьох різних типів зубів, що формуються в морфогенетичних полях, в яких зуби в кожному полі формуються спрямовано та прорізуються в різний час [1].

Сучасне, клінічно значуще оновлення концепції морфогенетичних полів, Батлером до зубного ряду ссавців та уточнене Дальбергом для зубного ряду людини, включає синтез з теорією клонів та одонтогенним гомеобоксним кодом.

Таким чином, для подальшої оцінки сучасних знань про етіологію аномалій розвитку зубних рядів та для пропозиції етіологічних моделей, потрібно розглянути процес розвитку, а потім зрозуміти суть аномалій послідовно в цьому процесі: кількість, розмір, форма та структура. Висновки оцінки повинні базуватися на структурі вищезазначеного початкового огляду, а також окреслюватися новими питаннями для майбутніх досліджень. Результатом процесу розвитку є зубна система, яку розглядають як фенотип. Цінні висновки щодо зв'язку фенотипу та генотипу були отримані в результаті досліджень на тваринах та людях. Клінічний фенотип людини відображає прогресивний характер процесу розвитку, при цьому різні зуби певного типу формуються та дозрівають у різний час, причому градієнт часу відповідає просторовому градієнту від медіальної до дистальної області кожної зубної області. Тому в межах певного типу зубів будуть зуби на різних стадіях розвитку. Аналогічно, між різними типами зубів буде певне перекриття в розвитку, але також різні стадії розвитку в певний момент часу. Складність цих часових і просторових параметрів розвитку зубів відображається у складності клінічних фенотипів зубних аномалій кількості, розміру, форми та структури.

Фактори навколишнього середовища впливають і викликають дефекти емалі реєструються як такі, що виникають внаслідок локалізованих або генералізованих пошкоджень зубного ряду, що розвивається. Локальні помутніння або гіпоплазія емалі можуть виникати внаслідок травми постійного зуба, такої як помутніння або зачаток. Зазвичай це відбувається внаслідок нав'язливого вивиху або виривання молочного зуба, пов'язаного з падінням у маленької дитини, але може бути результатом ритуального каліцтва зубів. Аналогічно, тривала перирадикулярна інфекція молочного зуба може призвести до низки порушень розвитку постійного наступника, від помутніння емалі до гіпоплазії емалі та зупинки розвитку зачатка постійного зуба, яка з цих аномалій виникне, впливає взаємодія таких факторів, як терміни розвитку, тяжкість та тривалість ураження, а також сприйнятливність і реакція організму [2].

Радіаційне опромінення може серйозно порушити розвиток зубів, що лежать на шляху променю, що призводить до дефектів емалі, мікродонції, зупинки розвитку коренів та відсутності деяких зубів. Генералізовані дефекти твердих тканин зубів системного походження можуть виникати пренатально, перинатально, постнатально, у немовлячому віці або в ранньому дитинстві. При народженні навіть нормальний перехід від внутрішньоутробного до позаутробного життя може негативно впливати на амелогенез та дентиногенез, про що свідчить так звана неонатальна лінія. Будь-яка стресова подія під час пологів, ймовірно, що призведе до клінічно очевидних дефектів емалі.

Інші фактори, пов'язані з вадами розвитку, включають: потрапляння хімічних речовин (фторидів, тетрациклінів, діоксинів, талідоміду); передчасні пологи/низька вага при народженні; тяжке недоїдання, гіпокальціємія новонароджених, дефіцит вітаміну D; білірубінемія, порушення функції щитовидної залози та паращитовидних залоз; діабет матері; асфіксія новонароджених; важкі інфекції; та порушення обміну речовин. У результаті дефект не є специфічним для генералізованого впливу навколишнього середовища, а залежить, як і у випадку з локалізованими дефектами, від часу, тяжкості та тривалості ураження, стадії розвитку зубних рядів та сприйнятливості організму; одне й те саме ураження призводить до різних реакцій у різних людей. Це має два важливі клінічні наслідки: лише іноді можна поставити етіологічний діагноз на основі клінічної картини, а дефекти мають розподіл, що відображає стадію розвитку зубів (хронологію), на якій вони виникли [2–3].

Список використаних джерел:

1. Townsend G.C., Harris E.F. Morphogenetic fields within the human dentition: a new, clinically relevant synthesis of an old concept. *Arch Oral Biol.* 2009. №54. S.34–S44. DOI: 10.1016/j.archoralbio.2008.06.011
2. Brook A.H., Fearne J., Smith J.M. Environmental causes of enamel defects. *Ciba Found Symp.* 1997. №205. S. 212–221.
3. Winter G.B. Amelogenesis imperfecta with enamel opacities and taurodontism: an alternative diagnosis for idiopathic dental fluorosis. *Br Dent J.* 1996. №18. S. 167–172.

Міронов І.І., аспірант спеціальності 183 Технології захисту навколишнього середовища

Наукові керівники: Колесник В.Є., д.т.н., професор кафедри екології та технологій захисту навколишнього середовища; Бучавий Ю.В., к.б.н., доцент кафедри екології та технологій захисту навколишнього середовища

(Національний технічний університет «Дніпровська політехніка», м. Дніпро, Україна)

ОБҐРУНТУВАННЯ СТРАТЕГІЇ ЕКОЛОГІЧНОЇ РЕКУЛЬТИВАЦІЇ ЗЕМЕЛЬ ЗАПОРІЗЬКОЇ ОБЛАСТІ, ДЕГРАДОВАНИХ УНАСЛІДОК ВІЙСЬКОВИХ ДІЙ, ІЗ ЗАСТОСУВАННЯМ ДИСТАНЦІЙНОГО МОНІТОРИНГУ

Внаслідок повномасштабних військових дій територія Запорізької області зазнала значних змін екологічного стану, що проявляються у порушенні ґрунтового покриву, деформації рельєфу, трансформації структури землекористування та локальному забрудненні земель [1, 2]. Утворення вибухових вирв, ущільнення і переміщення ґрунтових мас, зниження біопродуктивності рослинного покриву спричинили деградацію значних площ сільськогосподарських угідь і природних екосистем та порушення їх функціональної стійкості.

Масштабність і комплексний характер цих змін зумовлюють потребу в розробленні науково обґрунтованої стратегії екологічної рекультивації, спрямованої на відновлення структури ґрунтів, стабілізацію ландшафтів і відтворення екосистемних функцій. Така стратегія повинна базуватися на поєднанні інженерно-технічних і біологічних заходів та передбачати системний моніторинг стану територій на всіх етапах їх відновлення [3, 4].

Метою дослідження є обґрунтування науково-методичних підходів до формування стратегії екологічної рекультивації земель Запорізької області, деградованих унаслідок військових дій, шляхом інтеграції даних дистанційного зондування Землі (ДЗЗ), геоінформаційних систем (ГІС) та методів фіторекультивації для мінімізації наслідків військової агресії.

Дослідження базується на використанні мультиспектральних супутникових знімків *Sentinel-2* та радарних даних *Sentinel-1*, а також цифрових моделей рельєфу (DEM). Обробку та просторовий аналіз здійснено в програмному середовищі *QGIS* із залученням сервісу *SAS.Planet* для попереднього відбору й візуалізації даних. Для оцінювання стану рослинного покриву використано нормалізований диференційний вегетаційний індекс *NDVI*, що дозволяє простежити динаміку біопродуктивності та виявити осередки деградації. Радарні дані застосовано для фіксації порушень мікрорельєфу, визначення зон із підвищеною щільністю вибухових вирв та оцінювання структурних змін поверхні [5]. Просторовий аналіз здійснювався шляхом формування тематичних геоінформаційних шарів, що відображають ступінь деградації земель, трансформацію землекористування, щільність пошкоджень та потенціал природного відновлення територій.

У результаті дистанційного моніторингу на обраних для дослідження територіях зафіксовано зниження показників *NDVI*, що корелює з підвищеною щільністю вибухових вирв та змінами мікрорельєфу. Найбільшого порушення зазнали орні землі, розташовані в зонах інтенсивного техногенного навантаження. Встановлено стійку кореляцію між зменшенням показників *NDVI*, щільністю вибухових пошкоджень та змінами рельєфу, що свідчить про комплексний характер впливу військових дій на земельні ресурси. Просторове моделювання дозволило виділити території з критичним порушенням ґрунтового покриву, зони середнього ступеня деградації та ділянки з відносно високим потенціалом самовідновлення. Отримані результати стали підґрунтям для формування диференційованого підходу до рекультивації залежно від інтенсивності та характеру

пошкоджень.

Обґрунтована стратегія екологічної рекультивації передбачає поетапне впровадження відновлювальних заходів на основі результатів дистанційного моніторингу.

Її структуру подано у вигляді блок-схеми (рис. 1), що відображає перехід від оцінювання ступеня деградації територій до вибору оптимальних способів їх екологічної реабілітації та подальшого контролю ефективності відновлення.

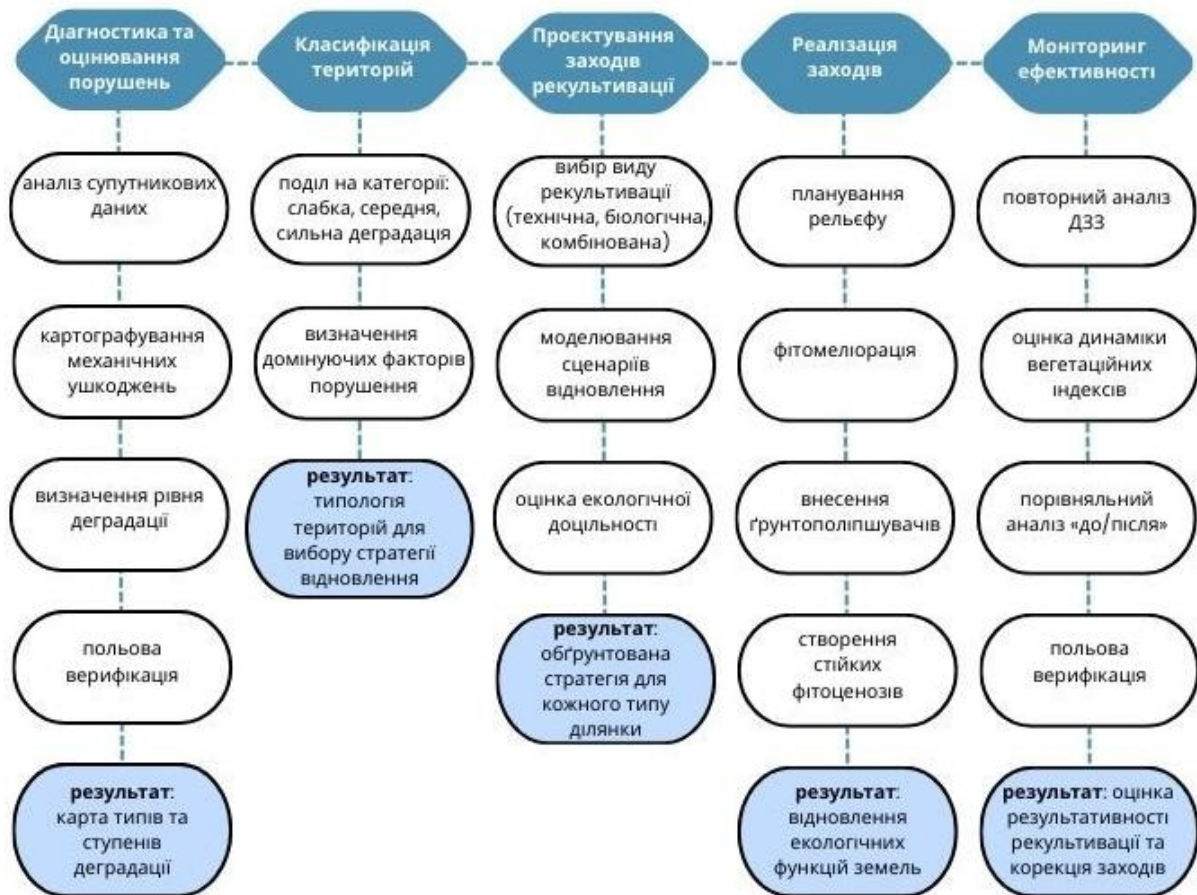


Рисунок 1 – Етапи екологічної рекультивації

На першому етапі здійснюється ідентифікація пошкоджених земель із застосуванням супутникових даних та геоінформаційного аналізу. Далі виконується розрахунок спектральних індексів, зокрема *NDVI*, та інтегральна оцінка рівня деградації з урахуванням змін рельєфу й щільності пошкоджень. Наступним кроком є встановлення домінуючого типу порушення – механічного, термічного або комбінованого, що визначає характер подальшого втручання.

Технічна рекультивація застосовується на ділянках із суттєвим порушенням рельєфу та руйнуванням ґрунтового профілю і включає планування поверхні, засипання вирв місцевим ґрунтовим матеріалом, глибоке розпушування ущільнених горизонтів, формування протиерозійного мікрорельєфу та стабілізацію схилів.

Біологічна рекультивація реалізується на територіях із частковим збереженням ґрунтового покриву шляхом висіву адаптованих до умов степової зони злаково-бобових травосумішей, мульчування поверхні для збереження вологи, локального зрошення на початковому етапі вегетації та внесення органо-мінеральних або мікробіологічних ґрунтополіпшувачів.

На ділянках із достатнім екологічним потенціалом та збереженим насіннєвим банком ґрунту доцільним є застосування контрольованого природного відновлення, що

передбачає мінімізацію антропогенного навантаження, регулювання інвазійної рослинності та систематичний моніторинг динаміки вегетаційних індексів.

Залежно від типу та масштабу порушень пропонується застосування технічної рекультивації для відновлення рельєфу й стабілізації ґрунтів, біологічної рекультивації із впровадженням фітомеліоративних заходів, а також контролюваного природного відновлення на територіях із достатнім екологічним потенціалом.

Завершальним компонентом стратегії є організація систематичного дистанційного моніторингу для оцінювання ефективності проведених робіт та коригування управлінських рішень. Запропонована поетапна стратегія рекультивації створює науково обґрунтовану основу для планування технічних і біологічних заходів відновлення земель.

Наукова новизна дослідження полягає у формуванні інтегрованого підходу до обґрунтування стратегії екологічної рекультивації земель, що базується на поєднанні мультиспектрального та радарного дистанційного зондування з геоінформаційним моделюванням.

Практичне значення роботи полягає у можливості використання запропонованої стратегії при розробленні регіональних програм відновлення земельних ресурсів та екологічної реабілітації територій. Результати дослідження можуть бути інтегровані до системи управління природоохоронною діяльністю, застосовані для оцінювання екологічних збитків і планування рекультиваційних заходів. Використання дистанційного моніторингу дозволяє зменшити обсяги польових обстежень, підвищити оперативність прийняття рішень та забезпечити прозорість процесу відновлення деградованих земель [6, 7].

Таким чином, застосування сучасних технологій ДЗЗ та геоінформаційного аналізу створює науково обґрунтовану основу для формування ефективної стратегії екологічної рекультивації земель Запорізької області, що зазнали деградації внаслідок військових дій, та сприяє впровадженню інноваційних технологій захисту навколишнього середовища у практику післявоєнного відновлення територій.

Список використаних джерел:

1. UNEP. Environmental impact of the conflict in Ukraine: preliminary assessment. Nairobi : United Nations Environment Programme, 2022. 52 p.
2. FAO. The impact of disasters and crises on agriculture and food security. Rome : FAO, 2021. 245 p.
3. Lal, R. (2009). Soil degradation as a reason for inadequate human nutrition. Food Security, 1(1), 45–57. <https://doi.org/10.1007/s12571-009-0009-z>
4. Burrough, P. A., McDonnell, R. A., & Lloyd, C. D. (2015). Principles of geographical information systems (3rd ed.). Oxford University Press.
5. DUTTA, Boishali, et al. Soil Mapping Techniques: Remote Sensing and GIS. In Latest Trends in Soil Science. Integrated Publications TM, 2025, p. 85–104. URL: https://www.researchgate.net/publication/389047604_Soil_Mapping_Techniques_Remote_Sensing_and_GIS
6. Burrough P. A., McDonnell R. A., Lloyd C. D. Principles of Geographical Information Systems. Oxford : Oxford University Press, 2015. 333 p.
7. European Commission. Copernicus Programme: Sentinel Data Access Overview. 2023. URL: <https://sentinel.esa.int>

Таврель М.І., старший викладач кафедри безпеки праці та охорони довкілля
(ТОВ «ТУ «МЕТІНВЕСТ ПОЛІТЕХНІКА», м. Запоріжжя, Україна)

БІОЛОГІЧНА ДЕГРАДАЦІЯ ТА ВІДНОВЛЕННЯ ҐРУНТІВ ПІД ВПЛИВОМ ДЕТОНАЦІЇ ВИБУХОВИХ РЕЧОВИН

Сучасні воєнні дії створюють потужний багаторівневий антропогенний вплив на природні екосистеми, серед яких ґрунтовий покрив є одним із найбільш вразливих компонентів. Детонація вибухових речовин спричиняє не лише механічне руйнування поверхні, а й глибокі фізико-хімічні та біологічні порушення, що змінюють функціонування ґрунту як живої біоосної системи. У цьому контексті особливої актуальності набуває дослідження біологічних аспектів деградації ґрунтів та розроблення екологічно обґрунтованих методів їх відновлення.

Ґрунт є складною біогеоценотичною структурою, у якій мікроорганізми, безхребетні тварини, гриби, водорості та рослинні корені утворюють єдину функціональну систему. Саме біологічна складова забезпечує кругообіг поживних речовин, формування гумусу, підтримання структурності та родючості. У разі вибухового впливу відбувається різке порушення цієї рівноваги: високі температури, ударна хвиля та потрапляння токсичних сполук призводять до часткової або повної загибелі ґрунтової мікробіоти, руйнування органічної речовини та зміни окисно-відновних умов. У зоні вибуху спостерігається «вигорання» гумусового горизонту, зменшення чисельності сапротрофних бактерій та грибів, що безпосередньо впливає на інтенсивність мінералізації органічних решток і доступність елементів живлення для рослин.

Біологічна деградація ґрунтів проявляється через зниження рівня активної мікробної біомаси, зміну видового складу мікроорганізмів та зростання частки умовно-патогенних форм. Порушення мікробного балансу супроводжується зниженням ферментативної активності ґрунту, що відображається на процесах нітрифікації, амоніфікації та фосфатмобілізації. У таких умовах рослини втрачають здатність ефективно засвоювати поживні елементи, навіть за їх формальної наявності у ґрунті. Особливо небезпечним є підвищення генотоксичності ґрунтового середовища, що може проявлятися у пошкодженні ДНК клітин мікроорганізмів і рослин, пригніченні їх росту та зниженні репродуктивної здатності. Тривалий вплив токсичних залишків вибухових речовин та важких металів створює ризик накопичення мутаційних змін, що в перспективі може призвести до зменшення біорізноманіття та порушення стійкості екосистем.

Окрему проблему становить накопичення у ґрунтах важких металів та продуктів детонації, які включають нітросполуки та інші ксенобіотики. Ці речовини здатні зв'язуватися з органічною частиною ґрунту або переходити у рухомі форми, доступні для рослин. Включення токсичних елементів у трофічні ланцюги створює потенційну небезпеку для фауни та людини. Біологічні реакції на таке забруднення проявляються у пригніченні проростання насіння, зниженні біомаси рослин, деформаціях кореневої системи та зміні морфології надземних органів. Таким чином, деградація ґрунту після вибухів має комплексний характер і охоплює всі рівні організації живої матерії від клітинного до екосистемного.

Оцінка стану деградованих ґрунтів потребує використання біологічних індикаторів, які відображають інтегральну реакцію живих організмів на сукупність впливів.

Рослинність може виступати чутливим маркером змін кислотності, щільності та

токсичності субстрату. Зміни у видовому складі рослинних угруповань, поява стресостійких або рудеральних видів свідчать про порушення екологічної рівноваги. Не менш інформативними є мікробіологічні показники, зокрема співвідношення основних фізіологічних груп бактерій, рівень мікробної біомаси та інтенсивність дихання ґрунту. Використання біоіндикаторів дозволяє виявляти навіть початкові стадії деградації, коли фізичні зміни ще малопомітні.

Відновлення ґрунтів після детонації вибухових речовин має ґрунтуватися на принципах екологічної доцільності та біологічної реабілітації. Одним із перспективних напрямів є застосування фіторе mediaції використання рослин для вилучення, стабілізації або трансформації токсичних речовин. Деякі види здатні акумулювати у своїх тканинах значні концентрації важких металів, що дозволяє поступово зменшувати рівень забруднення ґрунту. Важливо, що фіторе mediaція не лише очищує субстрат, а й сприяє формуванню нової органічної маси, покращує структуру ґрунту та стимулює розвиток мікробіоти у ризосфері. Коренева система рослин виділяє органічні кислоти та інші сполуки, які активізують мікробні процеси та підвищують доступність поживних елементів.

Не менш важливою складовою біологічної рекультиваци є відновлення мікробної активності шляхом внесення біопрепаратів і стимулювання природних мікробних процесів. Мікроорганізми здатні розкласти органічні токсиканти або переводити їх у менш доступні форми. Заселення деградованого ґрунту корисною мікрофлорою сприяє відновленню біохімічних циклів і формуванню стабільної ґрунтової екосистеми. Успішність таких заходів значною мірою залежить від підтримання оптимального рівня кислотності, вологості та аерації, що забезпечує сприятливі умови для розвитку мікробіоти.

Комплексний підхід до відновлення передбачає поєднання агрохімічних, біологічних і моніторингових методів. Агрохімічний аналіз дозволяє визначити дефіцит макро- і мікроелементів, оцінити рівень гумусу та окисно-відновний потенціал, тоді як біологічні дослідження відображають функціональний стан екосистеми. Застосування геоінформаційних технологій і дистанційного моніторингу дає змогу просторово оцінити масштаби деградації та прогнозувати динаміку відновлення рослинного покриву. Такий підхід дозволяє не лише локально реабілітувати окремі ділянки, а й планувати довгострокові стратегії екологічного відновлення територій.

Отже, деградація ґрунтів унаслідок детонації вибухових речовин є складним біоекологічним процесом, що охоплює фізичні, хімічні та біологічні зміни, однак саме біологічна складова визначає здатність екосистеми до самовідновлення. Втрата мікробної активності, порушення генетичної стабільності організмів та зниження біорізноманіття створюють довготривалі екологічні ризики. Тому відновлення родючості повинно базуватися на стимулюванні природних біологічних механізмів, підтриманні функціонування ґрунтової біоти та використанні екологічно безпечних технологій, що забезпечують поступове повернення деградованих земель до стану екологічної рівноваги.

Список використаних джерел:

1. Rusu, T., Bogdan, I. & Pop, A. (2021). Land degradation and recovery in war-affected areas. Sustainability. 13(3), Article 1019.
2. Баліцький, Ю.О. & Коваль, О.С. (2023). Відновлення ґрунтів після військових дій. Землеробство. 2, С. 45–51.
3. Гайдук, С.С. & Ільченко, А.А. (2022). Екологічна безпека в умовах бойових дій : монографія. Дніпро : НГУ. 164 с.

Фірсова В.Е., аспірантка спеціальності 183 Технології захисту навколишнього середовища

Науковий керівник: Павличенко А.В., д.т.н., професор кафедри екології та технологій захисту навколишнього середовища

(Національний технічний університет «Дніпровська політехніка», м. Дніпро, Україна)

УПРАВЛІННЯ ВІДХОДАМИ: АСПЕКТ ВІДХОДІВ ГІРНИЧОДОБУВНОЇ ПРОМИСЛОВОСТІ ТА ВІДНОВЛЕННЯ ЇХ РЕСУРСІВ

Обсяги утворення, розміщення, утилізації та поводження з техногенними родовищами постійно уточнюються з урахуванням критеріїв віднесення їх до видів та класів небезпеки. Утворення великої кількості промислових відходів – це екологічна проблема, яка потребує вирішення. Таку ситуацію зумовлює ряд причин, починаючи від слабкої та неузгодженої нормативної та інституційної бази, браку фінансових ресурсів, і до недостатнього контролю і оцінки. Окрім екологічних проблем, при вирішенні проблем з відпрацюванням промислових відходів можливе і необхідне вирішення енергетичних та соціальних питань, викликаних потребами в твердому паливі та умовами сучасного стану нашої держави [1].

Паливно-енергетичний комплекс України потребує пошуку нових нетривіальних шляхів зниження дефіциту вугілля. Одним з таких шляхів може бути залучення в сировинну базу твердих палив такого ресурсу як позабалансові відходи вуглезбагачення, накопичені у великій кількості за останні кілька десятиліть в шламових відстійниках і мулонакопичувачах вуглезбагачувальних фабрик та коксохімічних заводів. Водночас в результаті роботи хімічної, целюлозно-паперової та інших галузей також постійно накопичуються техногенні відходи, що вміщують вуглець, у великих об'ємах [2].

Наступною, не менш гострою, проблемою паливно-енергетичного комплексу України є проблема переробки та використання бурого вугілля, що обумовлено цілим рядом причин. Після видобутку буре вугілля піддається деструкції з перетворенням в легко руйнівну масу, яка схожа на вугільні шлами, що не дозволяє їх транспортувати на великі відстані. Висока енергоємність виробництва буровугільних брикетів й різкі коливання цін на світовому ринку енергоресурсів, обумовили підвищення їх реалізаційної вартості, що перевищує іноді вартість висококалорійного кам'яного вугілля.

Тверді вуглецеві відходи (ТВВ), основну масу яких складають відходи вуглезбагачення, різні шлами та побутові відходи є специфічним видом відходів, мають високий енергохімічний потенціал і не такі токсичні, як багато видів промислових твердих відходів. Загалом можна зробити їхню переробку економічно вигідною [3].

Тому одним із перспективних варіантів є застосування існуючих та розробка нових технологій переробки відходів гірничодобувної та гірничо-збагачувальної промисловостей, а також розробка техногенних родовищ. Такими техногенними родовищами є мільйони тон вугільних шламів.

Поблизу шахт та збагачувальних фабрик за різними даними від 120 до 250 млн тон вугільних шламів, які є вторинним паливним ресурсом, використання якого може суттєво покращити паливно-енергетичний баланс України. З іншого боку, проблемою є те, що накопичені відходи займають великі площі земельних угідь, складів, бункерів.

У вуглезбагачувальній галузі України працюють 64 збагачувальні фабрики загальною виробничою потужністю 145,7 млн. тон на рік з переробки рядового вугілля [4].

Виявлено, що в результаті роботи різних галузей промисловості накопичено велика кількість відходів, які можливо використати як паливний ресурс. Якість техногенної

сировини характеризує: зола в діапазоні 20–70 %, вологість 15–60 % (у деяких випадках до 80 %), вміст сірки до 4 %, вихід летких речовин до 36 % та гранулометричний склад 0–2(3) мм. Відповідно, така сировина з зазначеним фізико-механічним станом і визначеними характеристиками, як тверде паливо, не придатна для транспортування, безпечного спалювання та має низьку калорійність. Для використання відходів необхідний вибір раціональної технології, їх переробка і приведення потенційного палива в товарний вигляд. За своїми теплоенергетичними параметрами, частина сировини техногенних родовищ, що вміщує вуглець в первісно-вторинному вигляді, не можуть повністю замінити енергетичне вугілля [5–6].

Із застосуванням нових технологій переробки відходів промисловості, за допомогою сучасних установок, ця проблема цілком вирішується.

Процес виготовлення композиційного палива з відходів схожий з отриманням металевих виробів в порошковій металургії, але при набагато меншій температурі, тиску і енерговитратах.

Розроблена технологія розробки техногенних родовищ відрізняється дуже малою енергоємністю. Для отримання тонни готової продукції витрачається до 10 кВт/год. На кожному етапі технологічного процесу в установці відбувається розчавлювання і одночасно пресування грудок злежалого або підготовленого кам'яновугільного шламу та інших компонентів шихти (композитів). Вони необхідні для отримання композиційного палива, їх перемішування, в тому числі з іншими відходами хімічної та целюлозно-паперової галузей.

Список використаних джерел:

1. Павличенко А.В. Технологічні напрями переробки відходів вуглезбагачення. /А.В. Павличенко, О.А. Гайдай, В.Е. Фірсова, В.В. Руських, І.В. Ткач. Збірник наукових праць НГУ. Національний ТУ «Дніпровська політехніка», 2020. - № 62. С. 139-148.
2. Саранчук В.І., Ільяшов М.О., Ошовський В.В., Білецький В.С. Основи хімії і фізики горючих копалин. – Донецьк: Східний видавничий дім, 2008. – 640 с.
3. Гайдай О.А. Оцінка якісних показників кам'яного вугілля при видобутку в технологічному ланцюзі та можливість вторинного використання продуктів збагачення. Науковий вісник НГУ. Дніпропетровськ. – 2010. - №1. – С. 23-25.
4. Gayday O. Researches of structural-mechanical properties of coal tailings as disperse systems. /O. Gajdaj //Annual Scientific-Technical Collection. Leiden, The Netherland. – Press/Balkema, 2013. – P. 327-331.
5. Патент на винахід (11) 65923А (51) 7С10L5/12 Україна (19) UA. Спосіб згрудкування твердого палива органічного походження та шихти / В.І. Бондаренко, П.І. Пілов, Г.О. Куденко, Н.В. Канарська; заявл. 03.07.2003; опубл. 15.04.2004, Бюл. №4. – 4 с.
6. Галецький Л.С., Науменко У. З., Пилюпчук А.Д., Польскої Р.Ф. Техногенні родовища – нове нетрадиційне джерело мінеральної сировини в Україні. Електронний ресурс: <http://www.sustainable-cities-net.org.ua/publicationshow.php?id=374>

Москальов М.О., аспірант спеціальності 183 Технології захисту навколишнього середовища

Науковий керівник: Яковишина Т.Ф., д.т.н., професорка кафедри екології та технологій захисту навколишнього середовища

(Національний технічний університет «Дніпровська політехніка», м. Дніпро, Україна)

ОСОБЛИВОСТІ ВРАХУВАННЯ ФОРМ ВАЖКИХ МЕТАЛІВ-ЗАБРУДНЮВАЧІВ ПРИ ОЦІНЮВАННІ СТУПЕНЯ ЕКОЛОГІЧНОЇ НЕБЕЗПЕКИ ВНАСЛІДОК ПІДВИЩЕННЯ ЇХ МІГРАЦІЙНОЇ ЗДАТНОСТІ В ҐРУНТАХ УРБАНІЗОВАНИХ ТЕРИТОРІЙ

В ґрунти урбоекосистем важкі метали надходять переважно аерогенним шляхом при осадженні викидів промислових підприємств у вигляді різноманітних сполук, серед яких переважають оксиди, сульфіді, сульфати та хлориди. Серед цих сполук виділяють дві групи, розрізняючи їх за розчинністю: 1) легкорозчинні сполуки, приміром, солі мінеральних кислот; 2) важкорозчинні сполуки, представлені здебільшого оксидами. При розподіленні їх відносно джерел викидів, слід зазначити, легкорозчинні сполуки притаманні викидам підприємств кольорової металургії, які працюють із сульфідними рудами, в той час як оксиди важких металів – металургійним підприємствам, тепловим електростанціям, транспорту, сміттєспалювальним заводам. В ґрунті сполуки важких металів зазнають змін, вступають в різноманітні реакції і залежно від буферної здатності можуть бути як закріплені, так і при втраті останньої, що часто відбувається в техногенно навантажених урбоекосистемах, перейти до рухомих або потенційно рухомих форм та підвищити екологічну небезпеку внаслідок мігрування. Як показує низка досліджень [1], валовий вміст не завжди відображає реальне забруднення, адже не дає розуміння відносно доступності важких металів для рослин, можливості їх розчинності і вимивання в ґрунтові води. Повне визначення фракційного складу займає досить тривалий час, за умов коли швидко потрібно отримати оперативну інформацію для оцінки екологічної небезпеки та прийняття заходів щодо упередження розповсюдження забруднення, виникає потреба у визначенні найбільш інформативних показників, які б враховували особливості формування і розвитку урбоекосистеми.

Мета роботи полягала в обґрунтуванні вибору форми важких металів-забруднювачів для всебічної оцінки ступеня екологічної небезпеки з врахуванням їх міграційної здатності при можливих змінах ґрунтових умов внаслідок антропогенної діяльності в межах урбоекосистеми.

Важкі метали, що потрапляють до ґрунту у формі різних сполук відрізняються за міграційною здатністю, токсичністю для живих організмів, отже мають неоднаковий рівень потенційної загрози для навколишнього середовища. При проведенні досліджень визначення рівня забруднення з подальшою розробкою методів з ремедіації та оцінювання токсичності ґрунту для біоти при моделюванні різних рівнів техногенного навантаження орієнтуються саме на легкорозчинні сполуки, які покажуть максимально можливий негативний вплив, натомість досліджень з оксидами виконано набагато менше, що також може бути пов'язано зі складністю внесення малих доз оксидів у ґрунт. Оксиди важких металів спричиняють значно меншу екологічну небезпеку в перерахунку на одиницю маси металу, передусім тому що вони відносяться до класу малорозчинних твердих сполук. Для трансформації оксидів важких металів велике значення має наявність у ґрунтовому розчині йонів H^+ , адже вони прискорюють процес розчинення.

Встановити в складі яких саме сполук знаходиться досліджуваний важкий метал досить складно, окрім того слід пам'ятати що ґрунтові умови можуть змінитися в умовах урбоекосистеми в будь-який момент і катіон металу перейде із одної сполуки в іншу.

Альтернативою є визначення важких металів за групами (фракціями), які вилучаються з ґрунту послідовно: 1) водорозчинні сполуки; 2) обмінні катіони; 3) катіони, специфічно сорбовані окремими компонентами ґрунту; 4) важкі метали, зв'язані з органічними речовинами; 5) важкі метали, асоційовані з оксидами/гідроксидами заліза та марганцю; 6) важкі метали, які щільно інтегровані у кристалічні решітки стійких мінералів (залишкова фракція).

Водорозчинна та обмінна фракції характеризуються найбільшою рухомістю та високою біологічною доступністю для рослин. Специфічно сорбована фракція займає проміжну позицію між цими формами. Легкообмінна (іонно-обмінна) та специфічно сорбована фракції ґрунтів виступають резервом важких металів, здатних вивільнятися при зміні фізико-хімічних властивостей міських ґрунтів, володіють високою здатністю до мігрування і є найбільш доступними для поглинання кореневою системою рослин. Важкі метали, пов'язані з органічною речовиною та оксидами або гідроксидами заліза і марганцю не беруть участі у процесах міграції або біологічного засвоєння без суттєвого зовнішнього впливу чи руйнування фаз-носіїв. Метали із залишкової фракції настільки міцно утримуються у структурі мінералів, що за звичайних умов не залучаються до жодних ґрунтових процесів, за винятком механічного переносу разом із ґрунтовими частинками, до складу яких вони входять.

З екологічної точки зору цікавість викликає рухомість важких металів у ґрунті, як їх здатність переходити з твердої фази у ґрунтовий розчин, стаючи доступними для рослин або мігруючи у ґрунтові води. Для встановлення ступеня екологічної небезпеки внаслідок забруднення ґрунту доцільно визначати рухомість важких металів за допомогою «м'яких» розчинників (комбінація води та етилового спирту, ацетатно-амонійний буферний розчин з рН 4,8) – рухомі форми, так і більш агресивних розчинників (1н HCl) – потенційно рухомі форми для розуміння поповнення перших при зміні ґрунтових умов. Вміст рухомих/потенційно рухомих форм зумовлюється концентраціями металів у водорозчинній, обмінній і специфічно сорбованих фракціях, а рівень рухомості визначають як співвідношення загальної кількості рухомих або потенційно рухомих форм до валового вмісту металів у ґрунті.

Відносно урбоєкосистеми м. Дніпро були отримані ряди зменшення рухомості важких металів в ґрунтах: для рухомих форм – Cd (0,73) > Pb (0,72) > Zn (0,19) > Ni (0,10) > Cu (0,05); для потенційно рухомих форм – Cd (0,78) > Pb (0,75) > Zn (0,71) > Cu (0,54) > Ni (0,47). Внаслідок тривалого антропогенного впливу, який призвів до зміни ґрунтових умов різниця між рухомими і потенційно рухомими формами важких металів незначна, що є дуже небезпечним при високому рівні забруднення за свинцем, проте нею не можна нехтувати і за рештою металів в умовах техногенно навантаженої урбоєкосистеми, особливо при розробці заходів з ремедіації ґрунту відносно наявної кількості [2], адже можна отримати непередбачуване вивільнення токсикантів.

Підсумовуючи вище викладене, слід зазначити, що для всебічної оцінки ступеня екологічної небезпеки ґрунтів техногенно навантажених урбоєкосистем слід залучати окрім валового вмісту також вміст рухомих і потенційно рухомих форм для врахування їх міграційної здатності при можливих змінах ґрунтових умов.

Список використаних джерел:

1. Yakovyshyna T., Nester A., Pashechko M., Kalda G., Sokolan J., Piegdon I. (2025). Specificities of considering migration capability of heavy metals in assessing ecological hazard of polluting soils of urban ecosystems. *Journal of Ecological Engineering*. № 26(4). P. 37–44. <https://doi.org/10.12911/22998993/199525>
2. Alsafran M., Saleem M.H., Al Jabri H., Rizwan M., Usman K. (2023). Principles and applicability of integrated remediation strategies for heavy metal removal/Recovery from contaminated environments. *Journal of plant growth regulation*. 42:3419-3440. <https://doi.org/10.1007/s00344-022-10803-1>

Melnychenko S., PhD in Aquatic Bioresources, Senior Lecturer at the Department of Aquatic Bioresources and Aquaculture

(Kherson State Agrarian and Economic University, Ukraine, Kherson)

But Yan., a higher education student of the first (bachelor's) level of higher education, specialty 207. Aquatic bioresources and aquaculture

(Kherson State Agrarian and Economic University, Ukraine, Kherson)

TRANSFORMATION OF ZOOPLANKTON UNDER THE INFLUENCE OF GLOBAL CLIMATE CHANGE (REVIEW)

In modern science, zooplankton is considered one of the most sensitive to climate change links in aquatic ecosystems. This is explained by the fact that zooplankton has a high reproduction rate, a short life cycle and correlations between physiological processes and the temperature factor. It should be noted that zooplankton in water bodies is an important element of the trophic chain, as it connects primary producers, namely phytoplankton, with higher-order consumers, in particular marine mammals and commercially valuable fish species. At the same time, zooplankton is an important component of the «biological carbon pump», as it provides vertical transport of organic matter to the abyssal layers of aquatic ecosystems through the mechanisms of gravitational sedimentation of fecal pellets and active vertical migration. Accordingly, modern scientific data and regional studies of the Black and Azov Seas indicate that climate transformation leads to changes in the biogeography, structure and functional characteristics of zooplankton [1].

A very pronounced consequence of the global temperature increase is the meridional shift of zooplankton distribution areas towards the poles. In particular, scientific studies conducted in the North Atlantic have recorded an expansion of the habitats of thermophilic species to the north by a distance of about 1000 km. At the same time, a rather striking example is the replacement of the copepod species *Calanus finmarchicus* with the warmer species *Calanus helgolandicus*. Such substitution is quite unfavorable for aquatic ecosystems, as *Calanus finmarchicus* has a higher lipid content and higher energy value compared to *Calanus helgolandicus*. *Calanus finmarchicus* is therefore an important food element for the survival of cod larvae and other commercially valuable fish species [1].

At the same time, a number of scientific studies confirm that temperature fluctuations affect not only the distribution areas, but also have an impact on the dominant groups of zooplankton. Studies conducted in the Mediterranean Sea and the Atlantic Ocean have shown that climate change has a significant and diverse impact on the following groups of zooplankton: *Calanus finmarchicus*; *Calanus helgolandicus*; *Temora stylifera*; *Euphausia superba*; *Salpa thompsoni* [2].

An important consequence of climate change for aquatic ecosystems and bioresources is the phenological shift. The increase in temperature and the acceleration of early warming of water lead to an early onset of seasonal peak values of zooplankton communities. As a result, the mass development of copepods occurs somewhat earlier than the spring flowering of diatoms, and the greatest development of zooplankton biomass does not coincide with the moment of the appearance of fish larvae - this creates the phenomenon of the so-called «trophic mismatch». This is confirmed by monitoring scientific observations in the Arctic Ocean, where it is noted that over the past 30 years the peak of the number of many zooplankton species has shifted by approximately 10–22 days earlier and caused the degradation of populations of certain fish species and seabirds.

Numerous scientific studies confirm the fact that temperature influences the reduction of zooplankton body size. According to the metabolic theory of ecology, an increase in temperature stimulates faster development of individuals, but they reach sexual maturity at a

smaller body size. In warmer waters, the energy expenditure for maintaining metabolism increases faster than the body's ability to absorb food, making large body size energetically disadvantageous. Accordingly, this leads to the predominance of small copepod species, protozoa, and rotifers. Thus, a number of scientific observations show that currently in the Black Sea there is a tendency to replace large forms of zooplankton *Calanus euxinus* with smaller species, in particular *Acartia clausi*. Accordingly, this process negatively affects trophic chains, because now, for example, predatory fish species need much more time and energy to maintain food balance [3].

In scientific research, special attention is paid to the process of ocean acidification, which also has a significant negative impact on zooplankton communities. Thus, the absorption of anthropogenic CO₂ leads to a decrease in pH and a decrease in the saturation of water with calcium carbonate, in particular calcite and aragonite. This process has a very critical impact on pteropods, coccolithophores, and foraminifera. For example, for many species of the Southern Ocean and salmonids in the Pacific Ocean, pteropods are an important food source, which threatens the extinction of these commercially valuable fish species by the end of the 21st century [2–3].

At the same time, for freshwater ecosystems of Ukraine, in particular the reservoirs of the Dnieper cascade, climate change leads to thermal stress and eutrophication processes. The development of cyanobacteria leads to stressful conditions for zooplankton, since their vast majority is unfavorable for the nutrition of large forms of zooplankton. As a result, large species of *Daphnia magna*, *Daphnia pulex*, which are effective filter feeders, are replaced by small rotifers and copepods, which are less sensitive to cyanobacterial toxins, but have low efficiency in controlling water bloom processes [4].

Scientific studies show that there is a general trend in the world towards a decrease in the total biomass of zooplankton. According to forecasts, it is expected that by 2100 the total biomass of zooplankton in the World Ocean will decrease by approximately 10-20%, which will lead to a decrease in fish productivity in the future. And the expansion of oxygen minimum zones will lead to difficulties in the vertical migration of many fish species.

Thus, climate change causes complex structural and functional transformations of zooplankton, manifested in habitat shifts, phenological shifts, reduction in body size, rearrangement of dominant groups, and overall reduction in biomass. Such processes have long-term negative consequences for the trophic dynamics of aquatic ecosystems, the efficiency of the "biological carbon pump," and fish productivity, which highlights the need for systematic monitoring and adaptive management of aquatic bioresources.

List of sources used:

1. Bode A. Synchronized multidecadal trends and regime shifts in North Atlantic plankton populations. *ICES Journal of Marine Science*. 2024. № 81 (3). P. 575-586. DOI: <https://doi.org/10.1093/icesjms/fsad095>
2. Benedetti F., Guilhaumon F., Adloff F., Ayata S. D. Investigating uncertainties in zooplankton composition shifts under climate change scenarios in the Mediterranean Sea. *Ecography*. 2018. № 41 (2). P. 345-360. DOI: <https://doi.org/10.1111/ecog.02434>
3. Maszczyk P., Wilczynski W., Gliwicz Z. M., Leniowski K., Zebrowski M. L., Lee J. S., Babkiewicz E. Mechanisms of increasing predation by planktivorous fish with rising temperature may explain the temperature–body size relationships in zooplankton. *Frontiers in Ecology and Evolution*. 2023. № 11. DOI: <https://doi.org/10.3389/fevo.2023.1187404>
4. Нопснарова О., Шевченко В., Мельниченко С. Aspects of optimization of fisheries exploitation of small reservoirs in southern Ukraine on the example of Danilivsky reservoir. 2024. *European Science*. (sge29-02). pp. 170-178. DOI: <https://doi.org/10.30890/2709-2313.2024-29-00-011>

Melnychenko S. G., PhD in Aquatic Bioresources, Senior Lecturer at the Department of Aquatic Bioresources and Aquaculture

Kherson State Agrarian and Economic University, Ukraine, Kherson

Zhdymora S. O., a higher education student of the first (bachelor's) level of higher education, specialty 207. Aquatic bioresources and aquaculture

Kherson State Agrarian and Economic University, Ukraine, Kherson

ABIOTIC DETERMINANTS OF THE ECOLOGICAL SUSTAINABILITY OF WATER RESERVOIRS (USING THE EXAMPLE OF SMALL RESERVOIRS): A REVIEW

Water bodies are complex systems in which there is a constant interaction of abiotic and biotic factors, which not only influence each other, but also determine the features of the functioning and structure of aquatic ecosystems.

Abiotic factors of small reservoirs include their physical and chemical parameters, which have a significant impact not only on water quality parameters, but also on aquatic organisms. Key abiotic factors in these reservoirs include: light, water temperature, salinity, level and presence of dissolved gases, and water chemical parameters.

Small reservoirs are very vulnerable to changes in abiotic factors due to their limited self-regulation capabilities and small areas. Therefore, studying the interaction of abiotic and biotic factors is necessary to ensure their sustainable functioning and effective management of their potential [1].

The key abiotic factor of the aquatic environment of small reservoirs is water temperature. The temperature regime affects the speed of biochemical processes in water bodies and regulates them, and it also has an impact on the speed of metabolic processes of hydrobionts. In view of this, with an increase in the average annual air temperature, which is currently observed in the world, the temperature of aquatic ecosystems also increases, the consequences of which are the acceleration of the decomposition processes in the waters of organic matter - which in turn leads to a decrease in the concentration of dissolved oxygen in aquatic ecosystems. In turn, these changes negatively affect aerobic organisms in small reservoirs - and accordingly lead to unpredictable changes in trophic chains. A change in the temperature factor in small reservoirs also negatively affects the process of fish reproduction, since it can lead to changes in the duration and period of spawning, and this, in turn, has an impact on the species composition and population size.

An equally important abiotic factor of the aquatic environment is the presence of a sufficient amount of dissolved oxygen in it. The oxygen regime and the level of concentration of dissolved oxygen in these water bodies depend on several factors, in particular on the intensity of photosynthesis, the presence of organic matter and temperature. An insufficient level of concentration of dissolved oxygen in reservoirs can cause anaerobic conditions, which are unfavorable for the existence of hydrobionts and zooplankton. Anaerobic conditions can lead to stressful conditions and death of aquatic organisms, which will disrupt trophic chains and the ecological balance of a small reservoir [2].

Another indicator that affects the productivity of phytoplankton and the process of photosynthesis in reservoirs is water transparency. Thus, a low level of water transparency, which in most cases is caused by a large number of inorganic and organic particles, negatively affects the biomass of phytoplankton and reduces the level of photosynthesis in the reservoir. Conversely, high transparency is a prerequisite for improving photosynthetic activity, which contributes to the development of primary production, namely phytoplankton, which is a source of food for herbivorous fish.

And the last, no less important abiotic factor of small reservoirs is the level of

concentration of nutrients in their waters. Here, the main nutrients are phosphorus and nitrogen, since they determine the level of productivity of the reservoir. The "normal" concentration of these nutrients has a positive effect on the ichthyofauna of the aquatic ecosystem, while their excess leads to eutrophication of the water, and therefore to a decrease in its transparency and concentration of dissolved oxygen, which has a negative effect on all levels of the trophic chain in the reservoir [3].

The combined effect of abiotic factors in the aquatic environment affects the species and abundance of fish and zooplankton, which in turn controls the abundance of phytoplankton and in turn affects the concentration of nutrients and the transparency of the aquatic ecosystem.

In turn, the increase in the average annual precipitation also affects the abiotic factors of small reservoirs in different ways. Thus, an increase in the amount of precipitation can affect the ability of reservoirs to retain heat and thermal stratification of water, as it can contribute to a slight cooling of water during periods of intense precipitation. It should be noted that the resulting change in temperature can have an impact on the metabolic processes of small reservoirs and their biodiversity. Existing scientific studies indicate that an increase in the amount of precipitation can be of critical importance for small reservoirs, as it disrupts the ecological stability of their aquatic ecosystem [3 – 4].

Increased precipitation levels may affect hydrodynamics and organic matter input to small reservoirs, which are critical elements that influence dissolved oxygen concentrations in these types of ecosystems. This poses a risk of increased hypoxia in reservoirs due to increased organic matter input and increased eutrophication.

Quite often, increased precipitation is accompanied by runoff from urban areas and agricultural lands into small reservoirs, which usually increases the levels of phosphates, nitrites, and other chemical compounds in their waters [5].

Prolonged and intense precipitation is often the cause of increased water levels and water retention times in small reservoirs, resulting in poor water quality and increased siltation intensity.

In the context of current climate change, studying the abiotic conditions of functioning of small reservoirs in southern Ukraine is important and relevant, as it will allow maintaining stability, normalizing the ecological component of the ecosystem, and ensuring the synergistic development of small reservoirs.

List of sources used:

1. Honcharova O., Shevchenko V., Melnychenko S. Aspects of optimization of fisheries exploitation of small reservoirs in southern Ukraine on the example of Danilivsky reservoir. 2024. *European Science*. (sge29-02). pp. 170-178. DOI: <https://doi.org/10.30890/2709-2313.2024-29-00-011>
2. De Lucena I. C., Do Nascimento W. M., Pinheiro A. P., Cascon P. Ecological responses of two shrimp populations (Palaemonidae) to seasonal abiotic factor variations in a Brazilian semiarid reservoir. *Ethology Ecology & Evolution*. 2020. № 32 (5). P. 409-432. DOI: <https://doi.org/10.1080/03949370.2020.1746404>
3. Mayer T. Interactions of fish, algae, and abiotic factors in a shallow, tropical pond. *Hydrobiologia*. 2020. № 847 (20). P. 4145-4160. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10750-020-04375-y>
4. Fleming J. P., Wersal R. M., Madsen J. D., Dibble E. D. Weak non-linear influences of biotic and abiotic factors on invasive macrophyte occurrence. *Aquatic Invasions*. 2021. № 16 (2). DOI: <https://doi.org/10.1007/s10841-021-00209-0>
5. Mauvisseau Q., Harper L. R., Sander M., Hanner R. H., Kleyer H., Deiner K. The multiple states of environmental DNA and what is known about their persistence in aquatic environments. *Environmental Science & Technology*. 2022. № 56 (9). P. 5322-5333. DOI: <https://doi.org/10.1021/acs.est.1c07638>

Дементьєва В. В., здобувач ОС «Бакалавр»,

Шпакович Б. В., здобувач ОС «Бакалавр»

Науковий керівник: Гаврилюк О. С., доктор філософії з садівництва та виноградарства (PhD), доцент кафедри садівництва ім. В. Л. Симиренка

(Національний університет біоресурсів і природокористування України, м. Київ, Україна)

ВИРОБНИЦТВО САДИВНОГО МАТЕРІАЛУ ЯБЛУНІ ТА ВИМОГИ ДО НЬОГО

Сучасне сільське господарство орієнтоване на впровадження технологічних рішень, що забезпечують зниження собівартості продукції за одночасного підвищення її якості. За даними І. К. Омельченка, О. Д. Чиж, В. А. Потапова, А. С. Ульянцева та інших дослідників, цим вимогам найбільшою мірою відповідають високощільні насадження яблуні, сформовані на екологопластичних середньорослих, напівкарликових і карликових підщепах [4]. Біологічний потенціал сорту повною мірою реалізується лише за умови добору підщепи, адекватної його морфо-біологічним особливостям [1].

Протягом останніх десятиліть в Україні відбувається активна переорієнтація розсадництва на виробництво саджанців на клонових підщепах. У 2004–2006 рр. щорічно вирощували 2,5–4,1 млн саджанців яблуні, з яких лише близько 6 % припадало на сіянцеві підщепи (переважно Антонівка звичайна). Уже у 2008 р. їхня частка зменшилася до 2% (148,5 тис. із 7,5 млн шт.), що свідчить про стрімке витіснення сіянцевих підщеп клоновими формами. В асортименті українських розсадників переважають підщепи серій М і ММ, хоча видовий склад залишається відносно вузьким.

У 2004–2006 рр. близько 40 % садивного матеріалу в господарствах Полісся та Лісостепу щеплювали на середньорослій підщепі ММ.106, ще близько 8 % – на 54–118. У 2008 р. їхня частка становила відповідно 29,3% і 5,1%, що свідчить про структурні зміни в асортименті підщеп при збереженні загальних обсягів виробництва. Водночас істотно зросло використання карликових підщеп, насамперед М.9, яка домінує у промисловому розсадництві Степової зони. Якщо у 2006 р. на цій підщепі було вирощено близько 1 млн саджанців (27 %), то у 2008 р. – уже 4,4 млн шт. (59,1 %). Певна динаміка спостерігалась і щодо підщеп М.26 та 62-396, хоча їхня частка залишалася помірною.

Менш поширені підщепи (Д 1071, ПБ-9, М.4, М.7) поки що займають незначну нішу, проте загалом відзначається тенденція до розширення їх використання, що пов'язано з пошуком форм, більш адаптованих до конкретних ґрунтово-кліматичних умов.

Зростання частки клонових підщеп зумовлене не лише біологічними перевагами, а й економічною ефективністю інтенсивних садів. Насадження на карликових і напівкарликових підщепах відзначаються скороплідністю, високою щільністю садіння та стабільною врожайністю, що забезпечує швидше повернення інвестицій. За оцінками фахівців, строк окупності таких садів майже вдвічі менший порівняно з насадженнями на сіянцевих підщепах.

У країнах Західної Європи, зокрема в Польщі, Нідерландах та Бельгії, а також у США, переважна більшість нових садів закладається на підщепах М.9, М.26 і М.27. Це дозволяє раціонально використовувати площі, знижувати трудові витрати та підвищувати рівень механізації догляду й збирання врожаю. За даними J. S. Cummins і J. Norelli, урожайність таких садів може досягати 70–80 т/га, при цьому понад 90 % плодів відповідають товарним стандартам.

В Україні перехід на клонові підщепи також відбувається, проте його темпи стримуються дефіцитом якісного сертифікованого садивного матеріалу, високими початковими витратами на закладання інтенсивних садів та обмеженою кількістю спеціалістів у галузі виробництва підщеп. Незважаючи на це, попит на високоякісні

саджанці постійно зростає. Як зазначає І. К. Омельченко, пріоритетним завданням сучасного розсадництва є забезпечення галузі здоровим, сортово чистим і біологічно повноцінним садивним матеріалом [3]. Це передбачає створення власної бази вихідних клонових підщеп, підтримання маточників, а також впровадження технологій мікроклонального розмноження.

Важливого значення набувають і маркетингові аспекти виробництва саджанців. Ефективність розсадницьких підприємств залежить від здатності оперативно реагувати на зміни попиту на сорти й типи підщеп, зокрема на зростання інтересу до сортів, стійких до хвороб. Перспективним напрямом є система контрактного вирощування садивного матеріалу, що передбачає попередні угоди між розсадниками та виробниками плодів і мінімізує ризики перевиробництва.

Якість саджанців визначається не лише сортом і підщепою, а й фітосанітарним станом, розвитком кореневої системи та надземної частини, однорідністю рослин. Високоякісний садивний матеріал є основою формування продуктивних насаджень, тоді як використання неякісних саджанців може нівелювати переваги навіть найсучасніших технологій.

Виробництво саджанців регламентується державними стандартами, що визначають основні морфологічні та фітосанітарні показники якості. До них належать відповідність сорту і підщепи, відсутність ознак ураження хворобами та шкідниками, добре розвинена коренева система, міцний приріст надземної частини та якісне місце щеплення. Саджанці поділяють на стандартні, добірні, елітні та сертифіковані категорії. Контроль якості здійснюють із застосуванням вірусологічної діагностики та молекулярно-генетичних методів.

Сертифікація садивного матеріалу гарантує його походження, сортову чистоту та фітосанітарну безпеку, підвищує ринкову вартість продукції та відкриває можливості для інтеграції у міжнародний ринок.

Отже, виробництво високоякісного садивного матеріалу є ключовою передумовою створення продуктивних, довговічних і економічно ефективних насаджень яблуні [2]. Воно має базуватися на сучасних технологіях розмноження, науково обґрунтованому доборі підщеп і сортів, системному фітосанітарному контролі та дотриманні стандартів якості.

Список використаних джерел:

1. Green, S. R., Vogeler, I., Clothier, B. E., Mills, T. M., & Van Den Dijssel, C. (2003). Modelling water uptake by a mature apple tree. *Soil Research*, 41(3), 365-380. <https://doi.org/10.1071/SR02129>
2. Havryliuk, O., Kondratenko, T., Mazur, B., & Petrenko, D. (2023). Pollen quality and selection of pollinators of cultivars of columnar type apple. *Scientific Reports of the National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine*, 0(1(101)). DOI: [http://dx.doi.org/10.31548/dopovid1\(101\).2023.005](http://dx.doi.org/10.31548/dopovid1(101).2023.005)
3. Омельченко, І. К., Є. В. Розсоха, & Н. Ф. Чигрин. "Оцінка клонових підщеп яблуні за тривалістю періоду коренеутворення у відсадків та продуктивністю маточних насаджень." *Садівництво.–2002.–Вип 54* (2002): 89-99.
4. Чиж, О. Д., Фільов, В. В., Гаврилюк, О. М., & Чухіль, С. М. (2008). Інтенсивні сади яблуні. Аграрна наука. 224.

Ковальова В. А., здобувач ОС «Бакалавр»,

Коханівський О. В., здобувач ОС «Бакалавр»

Науковий керівник: Гаврилюк О. С., доктор філософії з садівництва та виноградарства (PhD), доцент кафедри садівництва ім. В. Л. Симиренка

(Національний університет біоресурсів і природокористування України, м. Київ, Україна)

СОРТО-ПІДЩЕПНА КОМБІНАЦІЯ ЯК ЗАСІБ ІНТЕНСИФІКАЦІЇ САДІВНИЦТВА

Інтенсивне садівництво сучасного типу відзначається високим рівнем спеціалізації виробництва та використанням обмеженого, проте економічно найефективнішого асортименту помологічних сортів, що мають стабільний споживчий попит [2]. У більшості країн Західної Європи та світу промислове вирощування зосереджене лише на 5–6 провідних сортах яблуні та їхніх клонах [1.1], які займають близько 80% площ насаджень і формують основну частку валового збору плодів.

На початку XXI століття лідируючі позиції у світовому яблуневому виробництві утримують сорти Голден Делішес, Ред Делішес, Джонаголд, Пінк Леді, Фуджі, Бреберн та їхні клонові модифікації. Агротехнологія їх вирощування детально оптимізована, при цьому визначальним чинником ефективності є добір раціональної сорто-підщепної комбінації. У практиці інтенсивного розсадництва для підвищення біологічної та технологічної узгодженості компонентів іноді застосовують трьохкомпонентні саджанці [3, 4].

Науково обґрунтована сорто-підщепна комбінація забезпечує поєднання цінних господарсько-біологічних ознак сорту і підщепи, що сприяє підвищенню врожайності, покращенню якості плодів і зростанню адаптивності рослин без істотного збільшення ресурсних витрат. Відповідно до сучасних вимог інтенсивного садівництва (І. К. Омельченко та ін. [1.2]), сорти яблуні повинні характеризуватися помірною силою росту, високою скороплідністю, стабільною продуктивністю, формуванням плодів із високими товарними та смаковими показниками, а також доброю реакцією на інтенсивні технології вирощування. Деревя мають формувати компактну, добре освітлену й аеровану крону, що сприяє механізації догляду, зменшенню витрат ручної праці та зниженню пестицидного навантаження [5].

Підвищення біологічної стійкості насаджень є одним із ключових напрямів екологізації виробництва. Втрати врожаю від шкідливих організмів можуть сягати 30%, тому нові сорти мають характеризуватися високою резистентністю до біотичних чинників. Використання адаптованих сорто-підщепних комбінацій дозволяє скоротити кількість фунгіцидних обробок, що знижує собівартість продукції та підвищує її екологічну безпечність. Підвищення екологічної якості яблук розглядається як вагомий фактор їхньої конкурентоспроможності на світовому ринку [29].

Серед найекономічно значущих хвороб яблуні особливе місце посідає парша, контроль якої потребує значних матеріальних і трудових витрат. Нестійкі сорти потребують до 10–12 фунгіцидних обробок за сезон, тоді як стійкі форми – лише 5–6. Отже, вибір оптимальної сорто-підщепної комбінації безпосередньо впливає на економічні показники виробництва та товарні якості продукції [6].

Застосування слаборослих підщеп стало основою формування ущільнених насаджень, що забезпечують високу врожайність з одиниці площі та прискорюють окупність садів. У країнах Західної Європи щільність садіння становить 1600–2400 дерев/га, тоді як у Нідерландах і Бельгії вона досягає 3000–4500 дерев/га. У Польщі, близькій за природними умовами до України, типовою є густота близько 1200 дерев/га, однак у високорентабельних насадженнях її збільшують до 2800 дерев/га і більше [6].

Світовий досвід свідчить про диференційоване використання підщеп залежно від ґрунтово-кліматичних умов. У країнах із високим рівнем інтенсифікації переважають карликові та напівкарликові підщепи, що забезпечують контроль росту і скороплідність. У менш сприятливих умовах застосовують середньорослі підщепи, здатні формувати розвиненішу кореневу систему й підвищену стійкість до стресових факторів.

Розвиток промислового садівництва в Україні має глибоке наукове підґрунтя, пов'язане з працями Левко Смириненко, який обґрунтував принципи адаптивного формування насаджень. Починаючи з 1960-х років, галузь поступово перейшла до інтенсивних технологій, що супроводжувалося зменшенням площ живлення, добром зонально адаптованих сортів і підщеп та зростанням спеціалізації виробництва.

У 1970–1980-х роках активна селекційна робота й упровадження клонових підщеп забезпечили суттєве зростання врожайності та економічної ефективності садівництва. Однак економічні трансформації 1990-х років спричинили скорочення площ насаджень, старіння садів і зниження продуктивності галузі.

На початку XXI століття більшість насаджень експлуатувалися понад нормативний строк і характеризувалися низькою врожайністю. Відновлення галузі можливе лише шляхом створення нових інтенсивних садів на основі сучасних сортів і ефективних клонових підщеп. Науково обґрунтований добір сорто-підщепних комбінацій виступає ключовим біологічним та технологічним чинником підвищення продуктивності, стабільності насаджень і конкурентоспроможності вітчизняного садівництва [8].

Список використаних джерел:

1. Sansavini, S., Donati, F., Costa, F., & Tartarini, S. (2004). Advances in apple breeding for enhanced fruit quality and resistance to biotic stresses: new varieties for the European market. *Journal of fruit and ornamental plant research*, 12(Spec. ed. 2), 13-52.
2. Омельченко, І. К. "Основи створення інтенсивних насаджень яблуні на середньорослих клонових підщепах в Лісостепу України." *Садівництво.–2000.–Вип 51* (2000): 117-124.
- 3 Anja Weintz. Der Apfel in Europa im Jahr 2002 und in Zukunft / Weintz Anja // Obstbau Weinbau. – 2002. – 10. – S. 265.
2. De Marco, Luigi. "Livestock production and animal welfare: a critical analysis of legislation and scientific evidence on operator, animal and consumer safety; a case study on ClassyFarm implementation in small-scale dairy farms." (2025).
3. Fallahi, E., Colt, W. M., Fallahi, B., & Chun, I. J. (2002). The importance of apple rootstocks on tree growth, yield, fruit quality, leaf nutrition, and photosynthesis with an emphasis onFuji'. *HortTechnology*, 12(1), 38-44.
4. Tworowski, Thomas, and Stephen Miller. "Rootstock effect on growth of apple scions with different growth habits." *Scientia horticulturae* 111.4 (2007): 335-343.
5. Malasi, Priyanka, Nidhika Thakur, and Chetanchidambar N. Mangalore. "Response of different rootstock and scion combinations on the success of grafting in apple(Malus domestica)." *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences* 6.9 (2017): 1193-200.
6. Fallahi, Esmaeil, et al. "The importance of apple rootstocks on tree growth, yield, fruit quality, leaf nutrition, and photosynthesis with an emphasis onFuji'." *HortTechnology* 12.1 (2002): 38-44.
7. Czernyszewicz, Eugenia. "Long-term trends in production and consumption of apples in Poland, Europe and worldwide." *Acta Scientiarum Polonorum Hortorum Cultus* 15.3 (2016): 95-104.
8. Шевчук, Н., & Гаврилюк, О. (2022). Сортіві особливості формування саджанців черешні на насінневих та клонових підщепах. Наукові доповіді НУБіП України, 0(4(98)). DOI: <http://dx.doi.org/10.31548/dopovidi2022.04.006>

Коханівський О. В., здобувач ОС «Бакалавр»,

Шпакович Б. В., здобувач ОС «Бакалавр»

Науковий керівник: Гаврилюк О. С., доктор філософії з садівництва та виноградарства (PhD), доцент кафедри садівництва ім. В. Л. Симиренка

(Національний університет біоресурсів і природокористування України, м. Київ, Україна)

АДАПТИВНІСТЬ ЩЕПЛЕНОЇ ЯБЛУНІ ДО ОСНОВНИХ СТРЕС-ФАКТОРІВ ДОВКІЛЛЯ

Адаптивність щеплених дерев – здатність зберігати життєздатність і продуктивність за мінливих ґрунтово-кліматичних та антропогенних умов – є ключовою передумовою ефективності інтенсивних садів. Її значною мірою визначає підщепа: рівень екологопластичності та сумісність із сортом зумовлюють реакцію дерева на посуху й перезволоження, низькі температури, засолення ґрунту та біотичний тиск. Практично адаптивність проявляється через стійкість кореневої системи, здатність підтримувати водно-сольовий баланс і функціональну стабільність фотосинтетичного апарату в стресових умовах.

Добір підщепи під конкретний сорт є важливим технологічним інструментом підвищення витривалості насаджень без суттєвого зростання витрат: він дозволяє зменшити потребу в зрошенні, знизити ризики підмерзання, підвищити стійкість до корневих гнилей і частково компенсувати обмежену родючість ґрунту. Натомість невдалий вибір підщепи спричиняє зниження врожайності, прискорене старіння або випадання дерев у несприятливі роки.

Зимостійкість є лімітуючою ознакою промислового вирощування яблуні в багатьох регіонах [1]. Її рівень залежить як від генетики сорту, так і від умов вегетації та перезимівлі, причому підщепа безпосередньо чи опосередковано впливає на більшість визначальних чинників (узгодженість фаз розвитку, загартування, водозабезпечення, агротехніка тощо). Хоч інтенсивні сади на слаборослих підщепах є економічно найвигіднішими і перспективними для України, у Лісостепу їх застосування обмежується недостатньою морозостійкістю кореневої системи низки підщеп серій М і ММ. За даними П. В. Кондратенка [2], критична температура для більшості таких підщеп у кореневмісному шарі ґрунту становить близько $-10,0 \dots -10,5$ °С; окремі форми мають вищий запас стійкості (до -13 °С і нижче), однак часто поступаються за технологічними показниками (контроль росту, скороплідність, продуктивність), що стримує їх широке впровадження. За малосніжних зим у північній частині Лісостепу температура ґрунту у верхньому 20-сантиметровому шарі може знижуватися до -13 °С і нижче, а пошкодження скелетних коренів нерідко є критичним для виживання дерева. Тому пошук морозо- та зимостійких (зокрема карликових) клонових підщеп для умов Лісостепу України залишається актуальним.

Підщепа впливає і на зимостійкість прищепи, змінюючи характер росту та реакцію на навантаження урожаєм. Важливо враховувати сумісність компонентів: за її порушення знижується стійкість як кореневої, так і надземної системи, і дерево не реалізує потенціал витривалості у період морозів та відлиг. Формування максимальної морозостійкості пов'язане зі своєчасним завершенням росту пагонів, лігніфікацією тканин, накопиченням запасних речовин і процесами аклімації, які активізуються за від'ємних температур.

Не менш критичним чинником адаптивності є водний режим. Оптимальна вологість ґрунту для яблуні становить 60–80 % НВ, а дефіцит вологи в ключові фази (цвітіння, інтенсивний ріст, формування і досягання плодів, диференціація бруньок) різко знижує врожай поточного та наступного років. У контексті потепління і

почастішання посух проблема водного стресу загострюється, зокрема в Лісостепу. Підщепи відрізняються за глибиною та функціональною активністю кореневої системи і, відповідно, за здатністю підтримувати водний баланс. Так, М.9 може демонструвати високу фізіологічну посухостійкість, однак через поверхневе розміщення коренів гірше переносить тривалу ґрунтову посуху без зрошення. Підвищена посухостійкість формується комплексом механізмів (осмотична регуляція, бар'єрні властивості мембран, здатність утримувати воду), і водний дефіцит негативно впливає на фотосинтез, синтез і транспорт асимілятів, визрівання пагонів та зимостійкість, прискорюючи старіння дерев [3, 4].

Додатково важливо враховувати, що адаптивність у виробничих умовах оцінюють не лише за виживанням дерев, а й за стабільністю технологічно значущих показників: темпом наростання листової поверхні, інтенсивністю закладання генеративних бруньок, вирівняністю плодів, часткою товарної продукції та регулярністю плодоношення. Саме підщепа визначає здатність дерева зберігати баланс між вегетативним ростом і генеративною продуктивністю під впливом стресів. За надмірної сили росту погіршується освітленість крони, зростає ризик ураження хворобами та знижується якість плодів; за пригнічення росту – послаблюється відновлення після стресових періодів, зменшується площа асиміляційної поверхні та підвищується ймовірність фізіологічних розладів. Тому для інтенсивних насаджень доцільним є добір підщеп, які забезпечують помірний ріст, раннє плодоношення та водночас достатню стійкість кореневої системи.

Перспективним напрямом є поєднання агротехнічних заходів із підбором підщеп: локальне зрошення й фертигація, мульчування пристовбурних смуг, підтримання оптимальної структури ґрунту, застосування антисресантів та корекція навантаження урожаєм. У сукупності ці елементи підсилюють адаптивний потенціал сорто-підщепних комбінацій і підвищують стабільність виробництва. У практиці також важливо використовувати експрес-методи оцінювання стану насаджень (показники водного статусу, індукція флуоресценції хлорофілу, діагностика кореневої зони), що дозволяє оперативно коригувати технологію та мінімізувати втрати.

Отже, за обмежених можливостей зрошення в Україні добір посухо- та зимостійких підщеп і науково обґрунтованих сорто-підщепних комбінацій є одним із найбільш дієвих шляхів підвищення стабільності й економічної ефективності яблуневих насаджень.

Список використаних джерел:

1. Havryliuk, O.S., Shevchuk, N.V., & Mazur B.M. (2023). Quality indicators of one-year columnar apple seedlings. *Scientific Reports of the National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine*, 0(5(105). DOI: [http://dx.doi.org/10.31548/dopovidi5\(105\).2023.005](http://dx.doi.org/10.31548/dopovidi5(105).2023.005)
2. Кондратенко, П. В., Чиж, О. Д., Кондратенко, Т.Є. & Омельченко, Т. Є. (1997). Створення і продуктивне використання інтенсивних насаджень яблуні: Рекомендації. НЦ УААН «Плодівництво». 24.
3. Andrusyk, Yu.Iu., Kytaiev, O.I., & Lushpihan, O.P. (2008). Resistance to Drought and Heat in Raspberry Varieties in the Northern Forest-Steppe of Ukraine. *Collection of Scientific Papers of Uman State Agrarian University*, 67(1), 146–151.
4. Caspari, H.W., Einhorn, T.C., Leib, B.G., Redulla, C.A., Andrews, P.K., Lombardini, L., Auvil, T. and McFerson, J.R. (2004). PROGRESS IN THE DEVELOPMENT OF PARTIAL ROOTZONE DRYING OF APPLE TREES. *Acta Hort.* 664, 125-132 <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2004.664.12>

Манаєнкова О.А., здобувач ОС «Бакалавр»,

Шпакович Б. В., здобувач ОС «Бакалавр»

Науковий керівник: Гаврилюк О. С., доктор філософії з садівництва та виноградарства (PhD), доцент кафедри садівництва ім. В. Л. Симиренка

(Національний університет біоресурсів і природокористування України, м. Київ, Україна)

СУМІСНІСТЬ СОРТО-ПІДЩЕПНИХ КОМБІНАЦІЙ ЯБЛУНІ

Реалізація біологічного потенціалу сортів яблуні можлива лише за умови високої адаптивності дерев до ґрунтово-кліматичних умов зони вирощування, що значною мірою визначається сумісністю компонентів щеплення в межах сорто-підщепної комбінації. Відтак під час добору нових підщеп для конкретних сортів необхідно оцінювати ступінь їхньої спорідненості та функціональної узгодженості. Водночас сам факт успішного зрощення прищепи й підщепи не гарантує нормального розвитку, стабільного росту й високої продуктивності щепленої рослини. У практиці трапляються випадки, коли дерева після первинно задовільного розвитку набувають пригніченого, хворобливого вигляду та демонструють ознаки несумісності: на тлі доброго приживлення з часом виникають анатомічні порушення у зоні зрощення (механічна несумісність) або розлади обміну речовин між кореневою та надземною частинами (фізіологічна несумісність). Біологічна сутність останньої полягає у порушенні транспорту й перерозподілу метаболітів, що пригнічує ріст, знижує продуктивність і адаптивність та в окремих випадках спричиняє передчасну загибель дерев.

Основою несумісності є генетично детерміновані відмінності метаболізму підщепи та прищепи. Це проявляється у розбіжностях хімічного складу тканин (зокрема білкових комплексів, спорідненість яких визначає узгодженість взаємодії), у відмінностях біохімічних процесів (у слабкосумісних поєднаннях можливе надмірне накопичення вуглеводів і продуктів пероксидного окиснення ліпідів, що прискорює старіння щепленого з'єднання), а також у недостатній синхронізації функціональних змін під впливом екологічних чинників і дисонансному проходженні фенологічних фаз, зокрема під час входу в період спокою та виходу з нього. Сукупна дія цих чинників суттєво знижує узгодженість компонентів щепленої рослини.

За даними А. М. Силаєвої [1], явище несумісності та підходи до його подолання вивчені недостатньо повно, що ускладнює розроблення ефективних профілактичних і технологічних заходів. Найбільш результативним підходом на практиці залишається виявлення повністю сумісних сорто-підщепних поєднань, причому їх оцінювання має бути максимально оперативним і технологічно зручним.

Нині запропоновано чимало методів діагностики несумісності для плодових культур, зокрема яблуні. Однак значна частина методик характеризується складністю виконання, тривалістю або потребою у дефіцитних і дорогих реактивах, що обмежує їх широке застосування. Тому розроблення швидких і доступних підходів до визначення різних типів несумісності сорто-підщепних комбінацій яблуні залишається актуальним завданням.

Помірні прояви несумісності можуть тривалий час не мати виразних зовнішніх ознак – протягом 5–10, а інколи й 15 років, особливо за високого рівня агротехніки та сприятливих ґрунтово-кліматичних умов. Така форма відома як прихована (сповільненої дії) несумісність і є найбільш складною для ранньої діагностики. Однак навіть прихований її перебіг супроводжується зниженням ефективності фотосинтезу, порушенням водного балансу та змінами метаболізму, що істотно послаблює стійкість дерев (особливо до посухи), знижує продуктивність і прискорює старіння. Дослідження також свідчать, що прихована несумісність може істотно зменшувати зимостійкість

щеплених дерев, зокрема кореневої системи. Візуально виражена несумісність проявляється різними типами. Один із варіантів – неміцне зрощення, коли значна кількість саджанців ламається у розсаднику або вже в плодоносному саду, хоча до моменту перелому ріст дерев може здаватися нормальним. Для таких випадків характерна гладка поверхня зламу, що вказує на недостатню міцність з'єднання за наявності зовнішньої «щільності» прилягання тканин.

Інший поширений тип – несумісність за механізмом «голодування» підщепи, коли зрощення може бути міцним, однак порушується транспорт асимілятів і темпи обмінних процесів. Унаслідок цього надземна частина накопичує крохмаль інтенсивніше, тоді як корені відчують дефіцит вуглеводів, що проявляється відставанням кореневої системи у рості, погіршенням закріплення дерева в ґрунті та утворенням напливів прищепи над місцем щеплення. За високого ступеня несумісності можливе відмирання коренів і загибель саджанців у другій половині літа. Несумісність цього типу нерідко супроводжується скороченням вегетаційного періоду, передчасним опаданням листя, зниженням урожайності та погіршенням якості плодів: плоди дрібнішають, хоча іноді набувають більш інтенсивного забарвлення.

Для оцінювання сумісності часто застосовують візуальну діагностику. W. T. Chang [2] відносить до можливих ознак несумісності передчасне припинення росту окулянтів, зміну забарвлення листків і листопад. Проте такі симптоми можуть бути індуковані й іншими чинниками (посуха, порушення агротехніки, пошкодження), що знижує точність діагностики саме несумісності. Наприклад, кільцева перетяжка через несвоєчасно знятий шпигат зимової обв'язки або механічне кільцеве пошкодження кори штамба під час обробітку пристовбурних смуг можуть спричинити напливи, подібні до тих, що спостерігаються при несумісності.

Потовщення прищепи над підщепою також не є однозначним діагностичним критерієм. Таке явище часто трапляється при щепленні яблуні на М.8, М.9 та їхні клони й у багатьох випадках не становить загрози, а може відображати активний потік асимілятів до кореневої системи. Натомість ситуація, коли підщепа в зоні зрощення дорівнює прищепі за товщиною, але звужується донизу, може свідчити про порушення балансу обмінних процесів. Водночас літературні дані щодо інформативності цих ознак суперечливі: трапляються як високопродуктивні довговічні комбінації з вираженими напливами, так і несумісні поєднання без помітних зовнішніх деформацій. Отже, щеплені дерева, особливо за прихованої несумісності, не завжди демонструють чіткі морфологічні ознаки на ранніх етапах, що ускладнює або унеможлиблює їх своєчасне вибракування у розсаднику чи саду.

Експрес-оцінка рівня сумісності та функціональної стійкості нових сортів і підщеп має особливе значення для оперативного впровадження перспективних комбінацій у промислове садівництво, особливо в умовах кліматичних змін, пов'язаних із глобальним потеплінням [1]. Перспективними у цьому контексті є сучасні фізіологічні методи, зокрема ті, що базуються на аналізі параметрів фотосинтетичних реакцій і функціонального стану фотосинтетичного апарату рослин.

Список використаних джерел:

1. Силаєва, А. М. Фізіологічні дослідження в інституті садівництва УААН: історія, сьогодення, погляд у майбутнє. *Садівництво*. – 2000. – Вип. 50, 66-80.
2. Chang, W. T. (1937). Studies in incompatibility between stock and scion, with special reference to certain deciduous fruit trees. *Journal of Pomology and Horticultural Science*, 15(4), 2-325.
3. Havryliuk, O.S., Shevchuk, N.V., & Mazur B.M. (2023). Quality indicators of one-year columnar apple seedlings. *Scientific Reports of the National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine*, 0(5(105). DOI: [http://dx.doi.org/10.31548/dopovidi5\(105\).2023.005](http://dx.doi.org/10.31548/dopovidi5(105).2023.005)

Щербатюк А. Б., здобувач ОС «Магістр»,

Ковальова В. А., здобувач ОС «Бакалавр»

Науковий керівник: Гаврилюк О. С., доктор філософії з садівництва та виноградарства (PhD), доцент кафедри садівництва ім. В. Л. Симиренка

(Національний університет біоресурсів і природокористування України, м. Київ, Україна)

ВПЛИВ СОРТО-ПІДЩЕПНИХ КОМБІНАЦІЙ НА БІОЛОГІЧНІ ТА ГОСПОДАРСЬКО-ЦІННІ ВЛАСТИВОСТІ ДЕРЕВ ЯБЛУНІ

Сорто-підщепна комбінація є одним із провідних біологічних чинників, що визначають інтенсивність росту, особливості розвитку, рівень продуктивності та довговічність дерев яблуні. Підщепа регулює не лише силу росту і архітектуру крони, а й строки вступу в плодоношення, урожайність, морфометричні та біохімічні показники плодів, а також стійкість рослин до дії абіотичних і біотичних стресорів. Саме узгодженість біологічних властивостей сорту та підщепи лежить в основі ефективності інтенсивних технологій садівництва.

Підщепа істотно впливає на перебіг фенологічних фаз розвитку яблуні – строки розпускання бруньок, початок і тривалість цвітіння, завершення росту пагонів і досягання плодів. Навіть у межах одного сорту ці показники можуть змінюватися на кілька діб залежно від підщепи, що зумовлено відмінностями у водо- та мінеральному живленні, а також у темпах формування кореневої системи [6].

Дерева на карликових підщепах, як правило, раніше вступають у фазу цвітіння, характеризуються скороченим вегетаційним періодом і швидшим досяганням плодів. Це сприяє формуванню якісної продукції навіть у регіонах із коротким теплим періодом. Натомість сильнорослі підщепи подовжують період вегетації, дещо затримуючи досягання, проте забезпечують стабільніший ріст у роки з несприятливими погодними умовами.

Вплив підщепи проявляється і в інтенсивності цвітіння, кількості закладених генеративних бруньок та співвідношенні між вегетативними і генеративними органами [8]. За умов фізіологічної несумісності між сортом і підщепою можливе скорочення вегетаційного періоду, пригнічення росту пагонів та зниження морозостійкості. За доброї сумісності спостерігається синхронний розвиток надземної і кореневої частин, що забезпечує гармонійний ріст і високу продуктивність [2].

Сила росту щеплених дерев безпосередньо пов'язана з функціональною активністю кореневої системи підщепи. Карликові підщепи формують компактну, але розгалужену кореневу систему, ефективну у засвоєнні вологи з верхніх шарів ґрунту. Сильнорослі підщепи, навпаки, утворюють глибоку кореневу систему, що підвищує посухостійкість, але знижує реакцію на зрошення та удобрення [3].

Підщепа визначає і морфологію дерева – висоту, форму крони, товщину штамба, довжину пагонів та характер розміщення плодових утворень. Дерева на карликових підщепах відзначаються компактністю, кращим освітленням крони та рівномірнішим забарвленням плодів, що полегшує догляд і збирання врожаю. Сильнорослі підщепи формують значну листову поверхню та потужний ріст, однак знижують ефективність використання площі.

Сорто-підщепна комбінація визначає і строки вступу в плодоношення. На підщепах М.9, М.26, 62-396, 54-118 яблуні починають плодоносити на 2–3-й рік після садіння, тоді як на ММ.106, ММ.111 або сіянцях – через 5–6 років. Слаборослі підщепи стримують вегетативний ріст, спрямовуючи асимілянти на формування генеративних органів.

Підщепа впливає і на рівень урожайності та її стабільність. Хоча індивідуальна продуктивність дерев на карликових підщепах нижча, завдяки більшій щільності садіння

вони забезпечують вищий урожай з гектара. Так, за даними П. В. Кондратенка, насадження на М.9 перевищують за врожайністю сади на сіянцевих підщепах у 1,5–2 рази [4].

Важливою є роль підщепи у формуванні якості плодів [1]. На карликових підщепах формуються крупніші, інтенсивніше забарвлені плоди з вищим вмістом цукрів. Комбінації з М.9 сприяють оптимальному співвідношенню цукрів і кислот, тоді як підщепи типу ММ.106 або ММ.111 забезпечують кращу лежкість і транспортабельність плодів.

Підщепа впливає також на накопичення біологічно активних речовин – вітаміну С, фенольних сполук, антиоксидантів, що підвищує харчову цінність плодів [7].

Значний вплив підщепи простежується у функціонуванні фотосинтетичного апарату. У дерев на карликових підщепах листкова поверхня менша, проте ефективніше використовує фотосинтетично активну радіацію завдяки кращому освітленню. У сильнорослих дерев крона часто загущена, що знижує фотосинтетичну активність внутрішніх ярусів [1.2].

Сорто-підщепні комбінації відрізняються за рівнем екологічної адаптивності. Наприклад, ММ.106 і 54-118 відзначаються більшою посухостійкістю, тоді як М.9 і М.27 більш вимогливі до вологості та родючості ґрунту. Фізіологічна несумісність між компонентами може призводити до ослаблення росту і передчасного старіння дерев, тому нові комбінації потребують тривалого випробування.

Підщепа визначає і довговічність саду: сильнорослі підщепи забезпечують експлуатацію насаджень до 25–30 років, карликові – 15–18 років. Проте завдяки швидкій окупності інтенсивні насадження на карликових підщепах є економічно вигіднішими.

Отже, сорто-підщепна взаємодія формує комплекс біологічних і господарсько цінних ознак яблуні – від фенології розвитку до якості плодів і довговічності саду. Науково обґрунтований добір комбінацій є ключовим напрямом інтенсифікації галузі та підвищення конкурентоспроможності вітчизняного яблуневого садівництва.

Список використаних джерел:

1. Havryliuk, O., Bondarenko, Y., Boichuk, H., & Petrenko, D. (2022). Formation of productivity of apple varieties in kyiv. *Scientific Reports of the National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine*, 0(1(95)). DOI: <http://dx.doi.org/10.31548/dopovidi2022.01.010>
2. Havryliuk, O., Kondratenko, T., & Mazur, B. (2022). Frost resistance of the columnar apple tree the method of direct freezing. *Scientific Reports of the National University of Life and Environmental Sciences*
3. Кондратенко, П. В., Чиж, О. Д., Кондратенко, Т.Є. & Омельченко, Т. Є. (1997). Створення і продуктивне використання інтенсивних насаджень яблуні: Рекомендації. НЦ УААН «Плодівництво». 24.
4. Кондратенко, Т. Є. (1999). Господарсько-біологічна оцінка сортів яблуні осіннього строку дозрівання. Садівництво. 48, 17–22.
5. Омельченко, І. К. "Основи створення інтенсивних насаджень яблуні на середньорослих клонових підщепах в Лісостепу України." *Садівництво. –2000.–Вип 51* (2000): 117-124.
6. Омельченко, І. К. "Основи створення інтенсивних насаджень яблуні на середньорослих клонових підщепах в Лісостепу України." *Садівництво. –2000.–Вип 51* (2000): 117-124.
7. Силаєва, А. М. Фізіологічні дослідження в інституті садівництва УААН: історія, сьогодення, погляд у майбутнє. *Садівництво. –2000. –Вип, 50*, 66-80.
8. Чиж, О. Д., Фільов, В. В., Гаврилюк, О. М., & Чухіль, С. М. (2008). Інтенсивні сади яблуні. Аграрна наука. 224.

Тур В.М., здобувач рівня PhD спеціальності G2 «Технології захисту навколишнього середовища»

Науковий керівник: Ковров О.С., професор кафедри екології та технології захисту навколишнього середовища

(Національний технічний університет «Дніпровська політехніка», м. Дніпро, Україна)

ОБҐРУНТУВАННЯ РЕЦЕПТУРИ ВИГОТОВЛЕННЯ ФІТОПЕЛЕТІВ ДЛЯ ФІТОРЕМЕДІАЦІЇ ЗЕМЕЛЬ

Фітореємедіація деєрадованих і забруднених земель часто обмежується низькою доступністю волоєи та елементів живлення, токсичністю субстрату, дефіцитом корисної мікробіоти, а також фізичною нестабільністю техногенних поверхонь. Одним із практичних рішень є застосування гранульованих композицій (фітопелет), що поєднують насіння/інокулянти з матрицею орєано-мінеральних компонентів, здатних утримувати воду, адсорбувати токсиканти і забезпечувати стартове живлення [1].

Поряд із агротехнічними перевагами, фітопелети у реємедіації виконують роль «носія функцій»: локально зменшують біодоступність важких металів (за рахунок біочару, цеолітів, фосфатних матеріалів тощо) та стимулюють біодеєградацію органічних поллютантів через підселення мікроорєанізмів і покращення структури ґрунту [2].

Рациональна рецептура фітопелет базується на 5 складових:

(А) Лігноцелюлозна основа (40–55 %), формує каркас і пористість, знижує щільність і покращує водно-повітряний режим;

(В) Біогумус (25–40 %) є джерелом гумусових речовин і доступних елементів живлення та працює у суміші як каталізатор біологічних процесів;

(С) Природні сорбенти та мінеральні меліоранти (5–15 %) можуть бути представлені цеолітами, бентонітами, біочаром, доломітом, фосфатними матеріалами, які забезпечують буферність, іонний обмін, адсорбцію та іммобілізацію токсикантів;

(D) Зв'язувачі (3–8 %), наприклад крохмаль, лігносульфонат чи біополімери, визначають механічну міцність і характер розмокання в природному середовищі;

(Е) Інокулянти (1–3 %) у вигляді мікробних препаратів, біокрасту, фосфатмобілізатори, мікориза тощо є «біологічними двигунами» сукцесії фітоценозу;

(F) Насіння рослин (1–2 %), які підбирають для наєпряму фітореємедіації земель.

Обґрунтовані діапазони інєредієнтів фітопелет представлено на рис. 1.

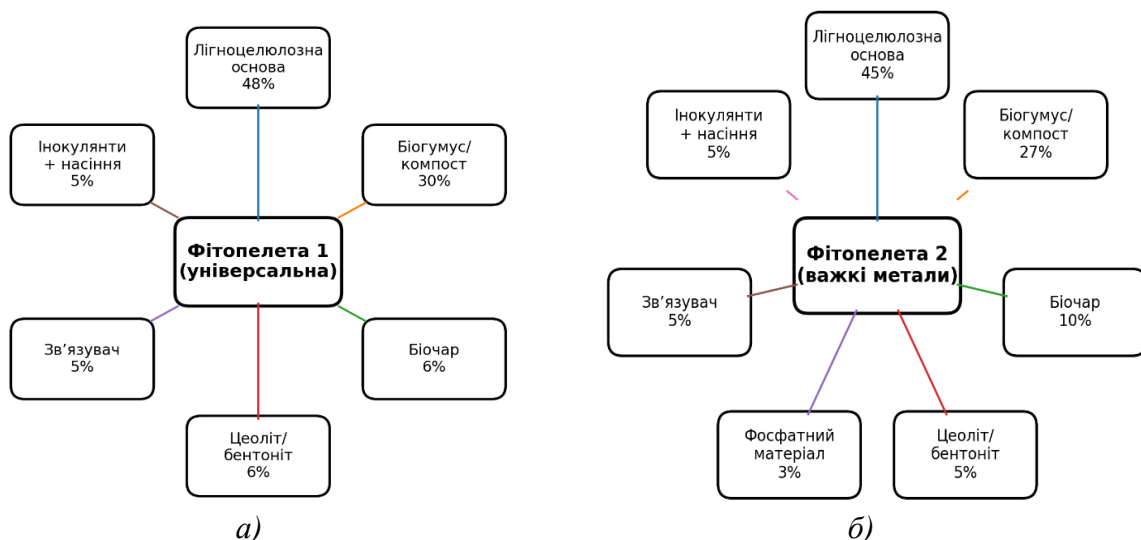


Рисунок 1 – Склад фітопелет для загальної (а) та спеціальної (б) фітореємедіації земель
Фітопелети можуть мати різний вміст інєредієнтів залежно від наєпряму

фіторе mediaції земель.

Біогумусні фітопелети забезпечують високий старт росту, але при надлишку органічної дрібнодисперсної фази можуть втрачати стабільність у мокрому стані. Тому біогумус/компост доцільно обмежувати ~30–35 % у «універсальних» сумішах і підсилювати каркас лігноцелюлозою та сорбентами [3].

Пелетовані компост-біочар суміші показують перспективність гранульованих органічних поправок для покращення властивостей ґрунту (водоутримання, доступність елементів, мікробіологічна активність). Це підтримує доцільність включення біочару 5–10 % у фітопелети для ремедіаційних задач [4].

Сорбентно-мінеральні рецептури (цеоліт, бентоніт, доломіт, фосфати) доречні для техногенних субстратів і металів, але їх надлишок може «розбавляти» трофіку та знижувати пористість. Оптимальним є 8-15% залежно від токсикологічного профілю ділянки.

Фітопелети доцільно проектувати як орґано-мінеральний композит із 5 функціональними блоками, де каркас (лігноцелюлоза) створює ефективну пористість, біогумус дає стартову трофіку, сорбенти з меліорантами забезпечують зниження фітотоксичності та корекцію рН, зв'язувач модифікує механічну стабільність, а інокулянти з насінням забезпечують біологічний запуск сукцесій.

Універсальна рецептура для більшості деґрадованих чи забруднених земель: 48 % лігноцелюлози, 30 % біогумусу, 12 % сорбентів (біочар, цеоліт, бентоніт), 5 % зв'язувачого інґредієнту, 5 % інокулянтів/насіння. Для ґрунтів із важкими металами рекомендовано підсилити сорбентний блок до ~15 % (із підвищенням частки біочару та/або фосфатних матеріалів), що узгоджується з даними про здатність біочару знижувати біодоступність металів і надходження в рослини [5].

В цілому, екотехнологія фітопелетів є ефективним, маловитратним і екологічно безпечним інструментом для біоактивації деґрадованих земель. Її переваги полягають у поєднанні процесів фіторе mediaції, біомеліорації та мікробного відновлення ґрунтів. Впровадження цієї технології сприятиме формуванню зелених бар'єрів, стабілізації техногенних ландшафтів і відновленню екосистем у постіндустріальних регіонах.

Список використаних джерел:

1. Bozdar B., Ahmed N., Meghwar M. R., Zhu Z. *Seed Pelleting Technologies: Paving the Way for Resilient and Sustainable Future Farming* // Food and Energy Security. 2026. Vol. 15, No. 1. e70193. DOI: <https://doi.org/10.1002/fes3.70193>
2. Sung-inthara T., Juntahum S., Senawong K., Katekaew S., Laloon K. *Pelletization of soil amendment: Optimizing the production and quality of soil amendment pellets from compost with water and biochar mixtures and their impact on soil properties* // Environmental Technology & Innovation. 2024. Vol. 33. 103505. <https://doi.org/10.1016/j.eti.2023.103505>
3. Wu X., Mei H., Xu J., Ji T., Huang H., Ding Y., Zhu W. *A field study: Vermicompost mitigates Cd migration in soil-celery system* // Ecotoxicology and Environmental Safety. 2026. Vol. 309. 119730. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2026.119730>
4. Wei Y., Ma J., Liu K., Zhang S., Wang J. *Biochar-Based Remediation of Heavy Metal-Contaminated Soils: Mechanisms, Synergies, and Sustainable Prospects* // Nanomaterials. 2025. Vol. 15, No. 19. 1487. DOI: <https://doi.org/10.3390/nano15191487>
5. Zhang K., Khan Z., Yu Q., Qu Z., Liu J., Luo T., Zhu K., Bi J., Hu L., Luo L. *Biochar Coating Is a Sustainable and Economical Approach to Promote Seed Coating Technology, Seed Germination, Plant Performance, and Soil Health* // Plants. 2022. Vol. 11, No. 21. 2864. DOI: <https://doi.org/10.3390/plants11212864>

Гетта А.А., аспірантка спеціальності 183 Технології захисту навколишнього середовища

Науковий керівник: Ковров О.С., д.т.н., професор кафедри екології та технологій захисту навколишнього середовища

(Національний технічний університет «Дніпровська політехніка», м. Дніпро, Україна)

ФОРМУВАННЯ СТАБІЛЬНОГО СУБСТРАТНОГО СЕРЕДОВИЩА У КОНТРОЛЬОВАНІЙ ТЕХНОЛОГІЇ ВЕРМІКУЛЬТИВУВАННЯ

В умовах сучасності, коли органічні відходи стрімко збільшуються у світі, їх ефективна переробка з дотриманням принципів екологічної безпеки стає одним із найважливіших чинників збереження природних ресурсів і скорочення навантаження з боку людини на екосистеми. Серед таких методів виділяється вермікультивування – біотехнологічний процес, що використовує дощових черв'яків виду *Eisenia fetida*, які можуть швидко перетворювати органічну сировину в стабілізований органічний продукт – біогумус.

На відміну від природної декомпозиції, де склад органічної речовини та параметри середовища протікання біодеградації є нерегульованими, що ускладнює прогнозування процесів трансформації, сучасна технологія має забезпечувати формування стабільного субстрату. Це дозволяє створити оптимальні умови для життєдіяльності *Eisenia fetida* та гарантувати високий вихід якісного кінцевого продукту – біогумусу [1].

Метою роботи є наукове обґрунтування основних показників стабільності субстратного середовища у контрольованій технології вермікультивування та визначення впливу цих показників на швидкість обробки органічних відходів та на якість біогумусу.

Субстрат у вермікультивуванні виконує багато функцій: є середовищем для життя дощових черв'яків, джерелом поживних речовин і модератором фізико-хімічних умов. Однією з основних вимог до субстратного середовища є структурна стабільність, яка пов'язана з аерацією, доступом кисню та рухом організмів.

Негативними аспектами ущільнення органічної речовини є виснаження кисню та перехід субстрату в анаеробний стан, що негативно впливає на *Eisenia fetida* та метаболізм мікроорганізмів [2].

Було виявлено, що найкраща структура субстрату досягається за допомогою інгредієнтів різного розміру частинок – подрібнені рослинні залишки, солома та торф утворюють пористу структуру, яка сприяє не тільки руху черв'яків, але й проникненню кисню в глибші шари субстрату [3]. Можна знайти комбінації таких інгредієнтів, які забезпечують найкращий компроміс між двома суперечливими потребами: пухким субстратом для проривання черв'яків та вологоутримуючим субстратом для підтримки стабільності біологічної системи.

Ще однією важливою змінною для стабільного субстратного середовища є вміст вологи. Оскільки дощові черв'яки можуть здійснювати газообмін через поверхню свого тіла, їм потрібен певний рівень вологи в середовищі для підтримки нормальної фізіологічної активності. Коли надто сухо, рух і дихання ґрунтових організмів обмежені, коли надто волого, анаеробні процеси беруть гору, і активність *Eisenia fetida* пригнічується. Критичний вміст вологи для підтримки стабільності субстрату та активного біорозкладу відповідає 70–80 % вологості у вологому стані, що підтверджується результатами низки експериментальних досліджень [1].

Хімічний склад субстрату визначає також умови, необхідні для стабільної діяльності біотехнологічної системи. Значення рН може впливати на мікрофлору і активність дощових черв'яків. Нейтральний або слабколужний діапазон ($\text{pH} = 6,5\text{--}7,5$)

вважається оптимальним для обслуговування метаболітів у черв'яків і дозволяє їм активно руйнувати органічні речовини.

Мікробіологічна активність субстрату є одним з ключових факторів стабільності середовища. Симбіотичні бактерії та гриби, які входять до складу органічних речовин, здійснюють первинну трансформацію складних сполук та формують легкодоступні для черв'яків джерела енергії, які активізують ферментативну діяльність. Змішування підґрунтових субстратів із високим вмістом структурних вуглеводів впливає на склад мікроорганізмів, а потім – і на швидкість процесу обробки. Збалансоване співвідношення компонентів підтримує стабільність середовища та добре впливає на подальший біоконвертний процес.

Частина контрольованої технології передбачає також регулювання температурного режиму, який безпосередньо впливає і на активність, і на життєздатність *Eisenia fetida*. При температурі менше 15 °C знижується активність та обмін речовин у черв'яків, хоча на температуру вище 30 °C у них можуть впливати тепловий стрес та смерть окремої групи особин. Забезпечення стабільного температурного режиму в районі 18–25 °C є необхідною умовою.

Отже, впровадження контрольованої технології із використанням датчиків температури та автоматизованих систем зволоження дозволить уникнути коливань критичних параметрів. Це забезпечить передбачуваність процесу біодеградації та гарантує стабільно високий вихід якісного біогумусу.

Список використаних джерел:

1. Lazcano C., Domínguez J. The use of vermicompost in sustainable agriculture: impact on plant growth and soil fertility. *Soil nutrients*. 2011. Ch.10. P. 1–23.
2. Ndegwa P. M., Thompson S. A. Integrating composting and vermicomposting in the treatment and bioconversion of biosolids. *Bioresource Technology*. 2001. Vol. 76, no. 2. P. 107–112. DOI: [https://doi.org/10.1016/s0960-8524\(00\)00104-8](https://doi.org/10.1016/s0960-8524(00)00104-8)
3. Pig manure vermicompost as a component of a horticultural bedding plant medium: effects on physicochemical properties and plant growth / R. M. Atiyeh et al. *Bioresource Technology*. 2001. Vol. 78, no. 1. P. 11–20. DOI: [https://doi.org/10.1016/s0960-8524\(00\)00172-3](https://doi.org/10.1016/s0960-8524(00)00172-3)

Аміров М.Г., аспірант

Науковий керівник: Колесник В.Е., д.т.н., професор кафедри екології та технологій захисту навколишнього середовища

(Національний технічний університет «Дніпровська політехніка», м. Дніпро, Україна)

ЕНЕРГОЕКОЛОГІЧНІ АСПЕКТИ АВТОНОМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ТИМЧАСОВИХ УКРИТТІВ В УМОВАХ НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЙ

Забезпечення життєдіяльності в тимчасових укриттях (бліндажах) під час надзвичайних ситуацій та бойових дій традиційно пов'язане з використанням твердопаливних печей або найпростіших електронагрівачів. Проте такі рішення мають суттєві екологічні та безпекові недоліки: високий рівень викидів продуктів горіння (СО, тверді частинки), ризик задимлення замкнутого простору та значний тепловий слід. В умовах глобального тренду стосовно енергозбереження та необхідності мінімізації екологічно небезпечного впливу на довкілля у надзвичайних кризових умовах, актуальним стає пошук рішень, що поєднують автономність і мобільність альтернативних джерел енергії з екологічною безпекою.

Мета роботи полягала в оцінюванні теплових втрат тимчасового укриття – заглибленої у ґрунт захисної споруди та обґрунтування вибору автономної мобільної системи енергозабезпечення, яка дозволить мінімізувати споживання викопного палива та обсяги викидів екологічно небезпечних речовин в атмосферу при підтриманні достатнього рівня екологічної безпеки людського помешкання.

Досліджено типове заглиблене у ґрунт укриття (3 х 6 х 2 м) з дерев'яним каркасом та ґрунтовим обвалуванням. Методика включала розрахунок теплових втрат споруди та порівняльний аналіз енергоекологічної ефективності різних способів її екологічно безпечного енергопостачання. Критерієм ефективності енергозабезпечення укриття із застосуванням автономних мобільних джерел енергії обрано мінімізацію витрат первинного палива (бензину/дизелю) на генерацію одиниці теплової енергії, що прямо корелює з обсягом викидів парникових газів та токсичних продуктів згорання.

Аналіз теплофізичних властивостей огорожувальних конструкцій укриття показав, що попри заглиблення в ґрунт, але при відносно високій площі бокових стін і даху та певних втрат крізь двері, укриття при низьких зимових температурах має малий сукупний тепловий опір (0,22 м²×К/Вт). Це призводить до значних тепловтрат, які складають близько 4,5 кВт (детальні дані наведено в табл. 1).

Таблиця 1

Показники теплових втрат тимчасового укриття

Складові трансмісії тепла	Гradient температури (Тв–Тз), °С	Потужність втрати тепла W, Вт	Площа S, м²	Тепловий опір R, м²×К/Вт
Стіни	9,1	1857	33,9	0,167
Підлога	9,1	39,3	18,0	4,167
Двері	25,0	509,1	3,4	0,167
Дах	17,0	1705	18,45	0,167
Інфільтрація	–	411	–	–
В цілому для укриття	12,3	4521,4	73,75	0,22

Традиційний підхід із використанням електронагрівачів прямої дії потребував би мало мобільного напівстаціонарного генератора потужністю від 5 кВт, що споживає палива на рівні 2,5–3 л/год (30–36 літрів за пів-добу) і призвело б до відповідних значних викидів вихлопних газів навколо укриття.

Як екологічно доцільну альтернативу стосовно системи енергозабезпечення укриття запропоновано використання технології теплових насосів (ТН). Завдяки їхньому коефіцієнту теплового перетворення ($COP \approx 3,0-4,0$), система на базі ТН «повітря-повітря» та «повітря-вода» дозволяє отримати необхідні 4,5 кВт теплової потужності, споживаючи лише 1,1–1,5 кВт електричної енергії.

Це дозволяє застосувати в такій системі компактний (портативний) мобільний інверторний бензогенератор малої потужності (до 1,5 кВт), що забезпечить збереження паливного ресурсу та суттєво знизить екологічне навантаження на територію розташування тимчасового людського помешкання:

1. Зменшується споживання палива до 0,4–0,6 л/год (в 4–5 разів менше порівняно з прямою електрогенерацією тепла).

2. Пропорційно зменшується обсяг викидів CO_2 та оксидів азоту і чадного газу в атмосферу.

3. Знижується шумове забруднення (рівень шуму портативних інверторних генераторів значно нижчий за традиційні дизель-генератори значної потужності), також задимлення, що визначає видимість.

В результаті проведених досліджень зроблено наступні висновки:

1. Експлуатація тимчасових людських укриттів характеризується високою енергоємністю через низький тепловий опір конструкцій. Використання традиційних методів і засобів їх енергозабезпечення є екологічно небезпечним в обмеженому територіальному просторі та ресурсозатратним.

2. Впровадження енергетично та екологічно ефективної системи «інверторний генератор + тепловий насос» є виправданим рішенням. Воно дозволяє скоротити споживання паливного ресурсу (ресурсозбереження) та обсяги екологічно небезпечних викидів в атмосферу у 4–5 разів порівняно з традиційними методами, забезпечуючи при цьому прийнятний рівень екологічної безпеки території розташування тимчасового людського помешкання.

Список використаних джерел:

9. Держенергонагляд. Державна інспекція енергетичного нагляду : офіційний вебпортал. URL: <https://www.sies.gov.ua> (дата звернення: 18.01.2026).

10. Державні санітарні норми опалення : ДСН 3.36.039-99. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/rada/show/va039282-99#Text> (дата звернення: 18.01.2026).

11. Типове добове споживання електроенергії побутовими приладами : Міністерство енергетики України. URL: <https://www.mev.gov.ua> (дата звернення: 18.01.2026).

Прус М.В., аспірант спеціальності 183 Технології захисту навколишнього середовища

Науковий керівник: Яковишина Т.Ф., д.т.н., професорка кафедри екології та технологій захисту навколишнього середовища

(Національний технічний університет «Дніпровська політехніка», м. Дніпро, Україна)

ЕНЕРГОЕФЕКТИВНЕ КЕРУВАННЯ МОДУЛЬНОЮ ВЕРТИКАЛЬНОЮ ТЕПЛИЦЕЮ ЗІ ЗМІННИМ ОБ'ЄМОМ

Питання енергоефективності технологій виробництва посідає ключове місце в досягненні сталого розвитку та підвищенні екологічної безпеки населення через задоволення його потреб в екологічно безпечній продукції. Вертикальні ферми та теплиці контрольованого середовища забезпечують прогнозовану якість продукції, але залишаються енергоємними через штучне освітлення та клімат-контроль. Для невеликих установок (модульних ферм) ключовою проблемою стає не лише зниження абсолютного споживання енергії, а й підвищення енергоефективності на одиницю біомаси та стабільність мікроклімату при змінних зовнішніх умовах [1-3].

Мета роботи – розробити кіберфізичну систему керування модульною вертикальною теплицею зі змінним корисним об'ємом, яка адаптує режими освітлення, вентиляції/обігріву та подачі поживного розчину відповідно до фаз росту культури, зменшуючи непотрібний об'єм повітря для кондиціонування та втрати тепла [1, 2].

Запропоновано архітектуру «модуль – контролер – хмарний контур оптимізації»: кожен модуль містить сенсори температури/вологості/CO₂/освітленості, датчики стану розчину (ЕС, pH) та виконавчі механізми (LED, вентилятор, нагрівач/помпа, клапани). На локальному рівні реалізовано контури стабілізації (ПД/правила), а на верхньому рівні – оптимізаційний контур, який перебирає допустимі профілі керування (наприклад, фотоперіод, цільові діапазони температури, параметри вентиляції) та обирає план із мінімальною питомою енерговитратою за обмеженнями якості вирощування [1, 4, 5].

Особливість підходу – механічна/конструктивна зміна об'єму модуля (телескопічна або секційна надбудова) синхронізується з керуванням мікрокліматом: при меншій висоті модуля знижується інерційність повітряного об'єму, прискорюється вихід на режим та зменшуються витрати на підтримку температури й вологості. Для запобігання «перерегулюванню» при швидких змінах об'єму вводиться режим м'якого переходу: перерахунок коефіцієнтів регуляторів і тимчасове обмеження потужності виконавчих механізмів [1, 2].

Таблиця 1

Ключові контури керування модулем

Контур	Сенсори	Актuatorи	Типова дискретизація
Мікроклімат	T, RH, CO ₂	вентилятор, нагрівач/охолодження, заслінки	1–10 с
Освітлення	PAR/люкс, температура LED	LED драйвер	1–60 с
Живлення рослин	ЕС, pH, рівень	помпа, дозатори, клапани	5–60 с
Стан модуля	положення/висота, струм, напруга	привід зміни висоти	0,5–5 с

Практичним результатом є специфікація прототипу одного модуля (сенсори, актуатори, контролер, протокол обміну, структура даних телеметрії) та набір сценаріїв експериментів: (1) базовий режим з фіксованим об'ємом; (2) адаптивний об'єм +

локальні контури; (3) адаптивний об'єм + оптимізаційний контур із прогнозом енерговитрат (табл. 1). Критерії порівняння: питомі витрати електроенергії (кВт·год/кг), відхилення мікроклімату від цільових діапазонів, стабільність ЕС/рН та темп росту біомаси [1, 2].

Очікувана наукова новизна полягає у поєднанні (а) керування змінним об'ємом як керованим параметром системи та (б) енергетичної оптимізації профілів вирощування на основі даних сенсорної мережі. Практична цінність – можливість масштабування ферми шляхом додавання модулів із мінімальною переналаштовуваністю та зниженням витрат на енергію завдяки зменшенню об'єму кондиціювання [2, 4, 5].

Підсумовуючи вище викладене слід зазначити, що розробка та впровадження кіберфізичної системи керування модульною вертикальною теплицею зі змінним корисним об'ємом через адаптацію режимів шляхом врахування потреб рослин в різні фази росту сприятиме максимальній їх продуктивності при суттєвому енергозбереженні, що, в свою чергу забезпечить, сталий розвиток та задовольнить потреби населення в екологічно безпечній продукції.

Список використаних джерел:

1. Misericocchi L., Franco, A. (2024). Benchmarking energy efficiency in vertical farming: Status and prospects. *Thermal Science and Engineering Progress*. DOI: 10.1016/j.tsep.2024.103165.
2. Aborujilah A. (2025). Towards Sustainable Vertical Farming: A Systematic Review of Energy Return on Investment Efficiency and Optimization Strategies. *Sustainability*. 17(18):8142. DOI: 10.3390/su17188142.
3. Sowmya C., Anand M., Indu Rani C., Amuthaselvi G., Janaki P. (2024). Recent developments and inventive approaches in vertical farming. *Frontiers in Sustainable Food Systems*. 8:1400787. DOI: 10.3389/fsufs.2024.1400787.
4. Ariesen-Verschuur N., Verdouw C., Tekinerdogan B. (2022). Digital Twins in greenhouse horticulture: A review. *Computers and Electronics in Agriculture*. DOI: 10.1016/j.compag.2022.107183.
5. Gund R., Badgujar C.M., Samiappan S., Jagadamma S. (2025). Application of Digital Twin Technology in Smart Agriculture: A Bibliometric Review. *Agriculture*. 15(17):1799. DOI: 10.3390/agriculture15171799.

Сенчишин С.С., ст. гр. 183м-24н-1

Науковий керівник: Павличенко А.В., д.т.н., професор кафедри екології та технологій захисту навколишнього середовища

(Національний технічний університет «Дніпровська політехніка», м. Дніпро, Україна)

ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ВОДООХОРОННОЇ ДІЯЛЬНОСТІ ПІДПРИЄМСТВ З ВИГОТОВЛЕННЯ ТА ПЕРЕРОБКИ СВИНЦЕВИХ АКУМУЛЯТОРІВ

Промислові стічні води є найбільшим джерелом забруднення навколишнього середовища. Саме тому, проблеми забруднення гідросфери перетворились на одну з найважливіших проблем охорони компонентів довкілля. Особливу небезпеку представляє забруднення навколишнього середовища сполуками важких металів.

В промисловості для виготовлення оболонок кабелів і пластин акумуляторів застосовують свинець та його сполуки. На сірчано-кислих заводах із свинцю виготовляють кожухи, змійовики холодильників і інші відповідальні частини апаратури. Свинець іде на виготовлення боєприпасів та дробу. Він входить до складу багатьох сплавів, наприклад, сплави для підшипників, типографського сплаву. Також свинець добре поглинає рентгенівське та гамма-випромінювання і використовується для захисту від нього при роботі з радіоактивними речовинами. З кожним роком потреба промисловості в свинці невіддільно зростає.

Виробництво та подальша переробка акумуляторних батарей пов'язана з значними екологічними проблемами. Найбільш гостра з них – забруднення навколишнього середовища сполуками свинцю [1, 2]. Сполуки свинцю при потраплянні у природні водойми можуть негативно впливати на стан гідробіотів, якість води, а також і на гідротехнічні споруди. Свинець і його сполуки спричиняють на організм людини роздратовуючу, мутагену та акумулювальну дію. Свинцеві сполуки погіршують органолептичні показники води, можуть накопичуватися в тканинах живих організмів та в рослинах, негативно впливають на процеси самоочищення водойм.

Метою роботи є обґрунтування можливості доочищення стічних вод підприємств, що спеціалізуються на виготовленні нових та переробці відпрацьованих батарей від свинцю та його сполук, що в майбутньому дозволить удосконалити процес очищення цих вод і тим самим звести до мінімуму навантаження на екологічну систему промислового району.

Виробництво свинцево-кислотних акумуляторних батарей і утилізації відпрацьованих акумуляторів, відходів та брухту свинцю, відноситься до категорії підприємств першого класу небезпеки, оскільки цілий ряд технологічних операцій безпосередньо пов'язані з свинцевим пилом та сірчаною кислотою [1, 2]. У виробництві використовується ряд речовин і сполук, що містять наступні метали і речовини: свинець, залізо, алюміній, сурму, олово, миш'як, натрій, сірку, сульфати тощо. Згідно з технологічними схемами ці елементи та речовини знаходяться в твердій фазі, за виключенням періодів плавлення в різних печах та сірчаної кислоти [3-5]. Свинецьовмісні стічні води є одними з найбільш небезпечних і тому вимоги до їх очищення є досить високими [4-6].

Основними джерелами формування стічних вод підприємства з виготовлення та подальшої переробки відпрацьованих акумуляторів є дільниця пасти (виробництво пасти); дільниця бакового формування (баки формування й миття пластин); дільниця батарейного формування (промивання корпусу). Крім того, стічні води утворюються також при проведенні санітарних робіт у цехах, при охолодженні технологічного устаткування. Аналіз ефективності існуючої схеми очистки виробничих

стічних вод виявив, що вона потребує удосконалення з метою більш глибокої очистки стічних вод від свинцю.

Для доочищення стічних вод підприємства від сполук свинцю обґрунтовано метод співосадження іонів свинцю на частинках сульфату магнію, що утворюються при додаванні гідроксиду магнію до стічних вод і подальшій седиментації їх у відстійнику.

Процес очищення відбувається в декілька стадій: нейтралізація сірчаної кислоти додаванням розчину гідроксиду натрію; осадження сполук свинцю додаванням вапняного молока і ортофосфату натрію; укрупнення часток суспензії методом флокуляції додаванням хлориду заліза (III); видалення із стічних вод нерозчинних сполук осадженням у відстійниках; осадження сполук свинцю методом співосадження додаванням сульфату магнію, а також зневоднення шламів на фільтрпресі.

Впровадження запропонованого технологічного рішення дозволить запобігти забрудненню водойм виробничими стічними водами, що містять сполуки свинцю, повернути його у повторне використання, а також скоротити споживання свіжої води на технологічні потреби виробництва.

Список літератури

1. Дмитриков В. П. Рециклінг відпрацьованих свинцево-олов'яних акумуляторних батарей. Повідомлення 1. Екологічні і хімічні аспекти / В. П. Дмитриков, А. В. Степова, О. В. Проценко, О. А. Ревак, В. С. Бахарєв. Екологічна безпека. 2018. Вип. 2. С. 13-17. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/ekbez_2018_2_4.
2. Башева Т.С. Підвищення рівня екологічно безпечної утилізації відпрацьованих акумуляторів / Т.С. Башева, Н.В. Куликова, Я.Г. Оман // Трансфер технологій: від ідеї до прибутку: Матеріали І міжнародної науково-практ. конф. студ., асп. і молод. учених, 27-29 квітня 2010р. [текст] в 2 т. – Дніпропетровськ: Національний гірничий університет, 2010. – Т. 2. – С. 10-11.
3. Спосіб утилізації відпрацьованих свинцево-олов'яних акумуляторів: пат. 151412 Україна: МПК (2022.01). № u 202105573; заявл.04.10.2021; опубл. 20.07.2022; Бюл. №29. Дмитриков В. П., Аміруллоєва Н.В., Нельга А.Т., Дрожжана О.У.
4. Пат. 8093 Україна, МКИ H01M10/06,C01B17/90. Спосіб утилізації електроліту відпрацьованих свинцево-кислотних акумуляторів: / Н. М. Червонцева, Т. С. Башева, О. І. Сердюк, О. Г. Яценко ; заявник і патентовласник Дон ДУЕТ ім. М. Туган – Барановського, ДонНАБА. - №u200500397 ; заявл. 17.01.2005; опубл. 15.07.2005, Бюл.№7
5. Трус, І. М., Гомеля, М. Д., Мельниченко, Є. В., & Мігранова, В. О. (2021). Очищення води від іонів важких металів відстоюванням, нанофільтруванням та флоутацією. Технічні науки та технології, (1(15), 204–213. [https://doi.org/10.25140/2411-5363-2019-1\(15\)-204-213](https://doi.org/10.25140/2411-5363-2019-1(15)-204-213)
6. Heavy metal ions removal from metal plating wastewater using electrocoagulation: Kinetic study and process performance / M. Al-Shanag et al. Chem Eng J. 2015. Vol. 260. P. 749-756.

Фадєєв В.Ю., ст. гр. 183м-24н-1

Науковий керівник: Павличенко А.В., д.т.н., професор кафедри екології та технологій захисту навколишнього середовища

(Національний технічний університет «Дніпровська політехніка», м. Дніпро, Україна)

ОБҐРУНТУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНИХ РІШЕНЬ З ПЕРЕРОБКИ ВІДХОДІВ ВИДОБУТКУ ТА ЗБАГАЧЕННЯ ВУГІЛЛЯ

В Україні в багатьох промислових регіонах внаслідок роботи гірничодобувної, переробної промисловості та теплоенергетики утворюються значні обсяги техногенних утворень, для зберігання яких з обороту вилучаються значні площі земель, і їх кількість збільшується з кожним роком. Україна займає одне з перших місць у світі за обсягом накопичуваних відходів. Технології переробки є застарілими, вартість паливно-енергетичних ресурсів, а також всіх видів транспортування різко зросла, значно звузилася діяльність переробних організацій.

На сьогоднішній день на поверхні шахт, територіях збагачувальних фабрик України існує понад 1000 породних відвалів, в яких розміщено близько 2 млрд. тонн гірської маси з вмістом вугілля від 3 до 20% [1-3]. У шламосховищах в даний час знаходиться понад 100 млн. тонн шламів з зольністю 45-50%. Загальна кількість вугілля, що може бути вилучена з гірничої маси, що знаходиться на поверхні становить близько 200 млн. тонн, що вдвічі перевищує річний видобуток вугілля в Україні в період розквіту вугільної промисловості.

Проблема поводження з техногенними утвореннями є вкрай актуальною і потребує розробки ефективних заходів та рішень, спрямованих на вирішення ситуації, що склалася на даний час в Україні [3-5].

Для вирішення проблеми поводження з відходами видобутку та переробки вугілля рекомендуються наступні заходи:

- розробка наукових основ підвищення екологічної безпеки територій розміщення відходів видобутку та переробки вугілля;
- використання породи в якості вторинного ресурсу при закладці відпрацьованого простору шахт, що ліквідуються, а також зменшення деформацій земної поверхні;
- прогнозування змін якості об'єктів довкілля на територіях розміщення породних відвалів та шламосховищ;
- розробка і впровадження заходів, направлених на запобігання трансформації природних ландшафтів і забруднення земної поверхні твердими відходами видобутку і переробки вугілля;
- удосконалення технологій видобутку і збагачення вугілля, що дозволить знизити об'єми утворення відходів.

Відходи видобутку та збагачення вугілля містять широкий спектр цінних компонентів, вміст яких деколи перевищує кларки. Тому з метою їх комплексної переробки рекомендуються наступні заходи:

- узагальнення, систематизація та районування техногенних утворень та родовищ, що розширює уяву про мінерально-ресурсний потенціал;
- дослідження кількісно-якісних параметрів вмісту корисних компонентів у відходах видобутку та збагачення вугілля, визначення параметрів їх збагачуваності;
- розкриття методичних принципів формування комплексу економічних показників та стимулювання розробки техногенних утворень з впровадженням міжнародних стандартів;
- розробка нових методів отримання вугільних продуктів з техногенних родовищ з низьким вмістом золи, сірки та шкідливих і токсичних речовин;

– сучасна електронна база даних технологій вилучення цінних компонентів з техногенних родовищ з урахуванням розроблених новітніх технологій їх переробки.

Після вилучення цінних компонентів з відходів, отримана маса може бути використана в технологіях закладки відпрацьованого простору шахт, що забезпечить зменшення або повне виключення зсуву порід і збереження земної поверхні від зрушень. При цьому розбирання породних відвалів і використання порід в якості закладного матеріалу дозволить зменшити площі земель, що відводяться під відвали, а також знизити до мінімуму забруднення об'єктів навколишнього середовища, а також покращити умови проживання населення в вугледобувних регіонах.

Список літератури

1. Чоботько І.І., Хорольський А.О., Виноградов Ю.О., Косенко А.В. Інноваційні технології використання відходів вуглевидобутку. Монографія. – Дніпро: ЛІРА, 2023. – 170 с.
2. Проскурня Ю.А. Мінералогія відвалів вугільних шахт Донбасу (на прикладі Донецько-Макіївського промислового району): автореф. дис. ... канд. техн. наук: 04.00.20 / Криворізький технічний університет, Кривий Ріг, 2000. – 21 с.
3. Павличенко А. В. Екологічна небезпека породних відвалів ліквідованих вугільних шахт / А. В. Павличенко, А. А. Коваленко // Геотехнічна механіка: міжвід. зб. наук. праць / Ін-т геотехнічної механіки ім. М. С. Полякова НАН України. – Д., 2013. – Вип. 110. – С. 114–120.
4. Петльований М.В., Гайдай О.А. Аналіз накопичення і систематизація породних відвалів вугільних шахт, перспективи їх розробки // Геотехнічна механіка. № 136, 2017. – С. 147-158.
5. Книш І.Б. Перспективи використання відходів вугільної промисловості Львівщини як нової мінеральної сировини. Вісник Львівського університету. №20, 2006. – С. 111-123.

Безпека праці

УДК 614.894

Шошин Д.В., аспірант спеціальності 184 Гірництво

(Національний технічний університет «Дніпровська політехніка», м. Дніпро, Україна)

Муха О.А., к.т.н., доцент кафедри охорони праці та цивільної безпеки

(Національний технічний університет «Дніпровська політехніка», м. Дніпро, Україна),

старший науковий співробітник лабораторії з безпеки життєдіяльності, інженерії та інших технічних досліджень

(Дніпропетровський науково-дослідний інститут судових експертиз Міністерства юстиції України, м. Дніпро, Україна)

РОЗРОБКА ШАХТАРСЬКОГО ФІЛЬТРУВАЛЬНОГО РЕСПІРАТОРА

В даній роботі наведені результати розробки нового фільтрувального респіратора для гірників, основною відмінністю якого є зменшення початкового опору дихання та збільшення терміну захисної дії за рахунок виконання задньої стінки у вигляді конфузору. Це сприяє рівномірному розподілу пилового осаду на поверхні фільтра за рахунок зменшення площі перетину конуса, поступовому підвищенню швидкості повітряного потоку, який обтікає всю поверхню гофрованого фільтра.

Респіратор (рис. 1) містить еластомерну півмаску з обтюратором 1 і клапаном видиху 2, яка жорстко з'єднана з фільтрувальною коробкою 3. Між фільтрувальною коробкою і півмаскою розміщено розподільчу пластину 4 з чотирма точками для закріплення наголів'я 5 з кріпильним гарнітуром 6.



Рисунок 1 – Загальний вигляд фільтрувального респіратора:

1 – гумова півмаска; 2 – вузол клапан видиху; 3 – фільтрувальна коробка; 4 – розподільча пластина для закріплення головного гарнітуру; 5, 6 – верхній і нижній ремінці наголів'я

Лабораторні випробування запропонованого респіратора проводилися в порівнянні з існуючим захисним пристроєм РПА, який є стандартним ЗІЗОД на більшості вугільних шахт України. Результати, наведені в табл. 1, демонструють переваги нової конструкції за ключовими показниками. Зокрема, коефіцієнт проникнення тест-аерозолі хлориду натрію на добровольцях зменшився з 4 до 1,5 %, що свідчить про вищу ефективність бар'єрної функції. Початковий опір вдихання фільтрувальної коробки при витраті повітря 30 л/хв. знизився з 25 до 9 Па, полегшуючи дихання та зменшуючи фізичне навантаження на користувача. Пиломісткість при концентрації пилу 500 мг/м³ та витраті 30 дм³/хв. до досягнення граничного опору 100 Па зросла з 1,1 до 4,8 г, а час заповнення фільтрів до граничного опору подовжився з 75 до 320 хв. Ці покращення обумовлені оптимізованим розподілом потоку, що запобігає швидкому насиченню фільтра та забезпечує пролонгований захисний ефект.

Таблиця 1 – Результати лабораторних випробувань фільтрувальний респіраторів

Показники	Значення показників респіраторів	
	Існуючий	Запропонований
Коефіцієнт проникнення за тест-аерозолем хлорид натрію на добровольцях К, %	4	1,5
Початковий опір вдихання фільтрувальної коробки при витраті повітря 30 л/хв., Па	25	9
Пиломіскість при запыленні з концентрацією пилу 500 мг/м ³ , витраті повітря 30 дм ³ /хв. до досягнення граничного опору дихання 100 Па, г	1,1	4,8
Час запылення фільтрів до досягнення граничного опору дихання 100 Па, хв	75	320

Запропонований респіратор відповідає вимогам нормативних документів щодо ЗІЗОД у гірничій промисловості (зокрема, стандартам ДСТУ EN 149:2017 [1] та аналогічним) і може бути рекомендований для впровадження на підприємствах вугільної промисловості України з метою підвищення рівня охорони праці та зниження професійних ризиків, пов'язаних з респіраторними захворюваннями. Подальші дослідження передбачають польові випробування в реальних шахтних умовах для верифікації лабораторних даних та оцінки ергономічних аспектів.

Список використаних джерел:

1. ДСТУ EN 149:2017 Засоби індивідуального захисту органів дихання. Фільтрувальні півмаски для захисту від аерозолів. Вимоги, випробування, маркування (EN 149:2001+A1:2009, IDT) (2017): затверджений наказом ДП «УкрНДНЦ» від 22.12.2017 № 448. URL: https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=75012.

Стрілець Д.А., Веретельникова Ю.Ю., студентки

Науковий керівник: Крайнюк О.В. к.т.н., доцент, завідувачка кафедри кібербезпеки
(Харківський національний автомобільно-дорожній університет, Харків, Україна)

КІБЕРСТІЙКІСТЬ СИСТЕМ АВТОМАТИЗОВАНОЇ ВИДАЧІ ЗІЗ ЯК ФАКТОР ГАРАНТОВАНОЇ БЕЗПЕКИ ПРАЦІ

На сучасному етапі розвитку промисловості забезпечення безпеки працівників виходить за межі суто адміністративних заходів, вимагаючи впровадження високотехнологічних рішень. Одним із найбільш ефективних кроків у цьому напрямі є повна автоматизація процесів обліку та видачі засобів індивідуального захисту (ЗІЗ). Використання інтелектуальних вендингових терміналів на базі промислового інтернету речей (IIoT) дозволяє організувати безперебійний доступ персоналу до необхідного спорядження у режимі 24/7. Такий підхід фактично усуває ризики, пов'язані з людським фактором: від помилок у паперових журналах обліку до затримок, викликаних графіком роботи складських приміщень.

Аналіз сучасних систем автоматизації показує, що більшість із них побудовані за централізованим принципом. У такій архітектурі вендинговий термінал виступає лише виконавцем, який мусить отримувати дозвіл на кожну операцію від віддаленого сервера. Це створює критичну вразливість, відому як «єдина точка відмови»: будь-який розрив зв'язку через технічний збій або цілеспрямовану DDoS-атаку призводить до миттєвої зупинки роботи всього комплексу [1, 2].

Для сфери охорони праці такий «інформаційний параліч» є неприпустимим. Якщо працівник на початку зміни не може отримати каску, респіратор або інше необхідне спорядження через відсутність інтернету, це не просто технічна затримка, а пряме порушення законодавчих норм безпеки, що ставить під загрозу життя та здоров'я людей.

Щоб розв'язати цю проблему, ми пропонуємо змінити парадигму захисту: замість стандартного підходу «гарантованого блокування» (Fail-Secure) [3, 4], який просто вимикає пристрій для збереження даних, впровадити алгоритм «гарантованої безпеки» (Fail-Safe). В основі цього рішення лежить концепція периферійних обчислень (Edge Computing), яка перетворює кожен термінал на автономний інтелектуальний вузол, здатний самостійно приймати рішення.

Розроблений алгоритм передбачає адаптивне перемикання між трьома станами залежно від якості мережі:

- в умовах стабільного з'єднання (режим ONLINE) система працює з хмарною базою в реальному часі, забезпечуючи миттєву фіксацію кожної транзакції;
- якщо зв'язок стає нестабільним, термінал переходить у режим обмеженої функціональності (DEGRADED). Щоб не створювати черг на виробництві, пристрій авторизує працівників за локальним кешем, продовжуючи фонові спроби синхронізації з сервером;
- у випадку повної «цифрової ізоляції» активується режим OFFLINE. У цьому стані автомат повністю бере на себе управління видачею ЗІЗ за аварійними квотами, що збережені в його пам'яті, та фіксує всі дії у внутрішньому захищеному журналі.

Практична цінність такої моделі полягає у фактичному розірванні жорсткого зв'язку між фізичною безпекою працівника та станом IT-інфраструктури підприємства. Навіть у випадках масштабних мережеских аварій або цілеспрямованого зовнішнього втручання, система продовжує виконувати свою головну функцію - безперебійне надання засобів захисту. Це дозволяє підтримувати високий рівень виробничої дисципліни, адже будь-які технічні негаразди більше не можуть бути виправданням для допуску персоналу до роботи без необхідного спорядження.

Окрему увагу в роботі приділено питанню юридичної достовірності та цілісності даних в умовах відсутності зв'язку з центральною базою. Для того, щоб журнал видачі ЗІЗ мав доказову силу та був захищений від несанкціонованих змін, кожна операція в автономному режимі супроводжується створенням унікального цифрового відбитка за допомогою алгоритму криптографічного хешування SHA-256. Такий підхід робить локальний журнал стійким до маніпуляцій, гарантуючи, що після відновлення зв'язку всі дані будуть передані на сервер у первинному вигляді.

Ефективність запропонованого алгоритму була перевірена шляхом імітаційного моделювання. Результати показали, що навіть в умовах тривалих кібератак або повної ізоляції сегментів мережі, доступність засобів захисту зростає до 98%. Окрім технічної стійкості, впровадження локальної авторизації має суттєвий організаційний ефект: швидкість обробки запиту скорочується до мілісекунд. Це дозволяє повністю розв'язати проблему «вузьких місць» - скупчення людей біля терміналів на початку робочої зміни, що також є важливим аспектом загальної безпеки на підприємстві.

Впровадження запропонованої автономної системи створює суттєвий соціально-економічний ефект, що виходить за межі суто технічної стабільності. По-перше, гарантована доступність засобів захисту в режимі реального часу мінімізує юридичні та репутаційні ризики підприємства. Наявність цифрових доказів видачі ЗІЗ, захищених криптографічним хешуванням, дозволяє однозначно підтвердити дотримання норм охорони праці навіть у періоди глобальних мережевих збоїв або хакерських атак. По-друге, усунення «вузьких місць» біля терміналів на початку зміни не лише підвищує продуктивність праці, а й знижує рівень психоемоційної напруги серед персоналу, створюючи комфортне та передбачуване середовище. Таким чином, використання периферійних обчислень перетворює цифровізацію охорони праці з фактора ризику на інструмент соціальної відповідальності, де пріоритетом є безумовне збереження життя та здоров'я кожного працівника.

Таким чином, перехід до автономних інтелектуальних систем видачі ЗІЗ на засадах периферійних обчислень дозволяє гарантувати неухильне виконання норм охорони праці. Це перетворює IoT-термінали з простих інструментів обліку на надійні та стійкі елементи загальної системи промислової безпеки, здатні ефективно функціонувати в агресивному цифровому середовищі.

Список використаних джерел:

- 1 Ghosh, S., Shetty, M., Bansal, C., & Nath, S. (2022). How to fight production incidents?: an empirical study on a large-scale cloud service. *Proceedings of the 13th Symposium on Cloud Computing*. <https://doi.org/10.1145/3542929.3563482>.
- 2 Alnajim, A., Habib, S., Islam, M., Thwin, S., & Alotaibi, F. (2023). A Comprehensive Survey of Cybersecurity Threats, Attacks, and Effective Countermeasures in Industrial Internet of Things. *Technologies*. <https://doi.org/10.3390/technologies11060161>.
- 3 Zacharski, A., Samborski, T., Zbrowski, A., Koziol, S., Mrozek, M., & De Hallenburg, M. (2023). Disposable personal protective equipment vending machine. *Technologia i Automatyizacja Montażu*. <https://doi.org/10.7862/tiam.2023.2.4>.
- 4 Tsiknas, K., Taketzis, D., Demertzis, K., & Skianis, C. (2021). Cyber Threats to Industrial IoT: A Survey on Attacks and Countermeasures. *IoT*. <https://doi.org/10.3390/iot2010009>.

Чемикос С.В., аспірант спеціальності 263 Цивільна безпека

Науковий керівник: Голінько В.І., д.т.н., завідувач кафедри охорони праці та цивільної безпеки

(Національний технічний університет «Дніпровська політехніка» м. Дніпро, Україна)

МІЩЕЛЬ ІНТЕГРОВАНОЇ ОЦІНКИ ПРОФЕСІЙНИХ РИЗИКІВ У АГРОПРОМИСЛОВОМУ СЕКТОРІ З УРАХУВАННЯМ КОМБІНОВАНОГО ВПЛИВУ НЕБЕЗПЕЧНИХ ФАКТОРІВ

Агропромисловий сектор традиційно класифікується як одна з найбільш небезпечних галузей світової економіки, що характеризується стабільно високим рівнем виробничого травматизму та професійної захворюваності. Специфіка сільськогосподарського виробництва полягає у формуванні складного робочого середовища, де працівники піддаються одночасному або послідовному впливу широкого спектра небезпечних чинників. Традиційні парадигми управління охороною праці, які фокусуються на ізольованому оцінюванні впливу окремих стресорів (наприклад, встановленні гранично допустимих концентрацій виключно для інгаляційного впливу однієї хімічної речовини), демонструють свою повну методологічну неспроможність у сучасних умовах інтенсивного землеробства. Сьогодні загальновизнано, що множинні професійні експозиції та коекспозиції до біомеханічних, фізичних та хімічних небезпек значно підвищують ризик розвитку несприятливих наслідків для здоров'я працівників, вимагаючи невідкладного перегляду фундаментальних підходів до інженерії безпеки та оцінки ризиків[1].

В основі сучасного предиктивного ризик-менеджменту в агросекторі лежить концепція комбінованої дії небезпечних факторів, яка передбачає одночасний або послідовний вплив на організм кількох чинників при одному і тому ж або різних шляхах надходження. Взаємодія цих факторів вкрай рідко має лінійний адитивний характер; набагато частіше спостерігається синергетичний ефект, коли сумарний деструктивний вплив значно перевищує очікуваний від простої математичної сумації[2]. Працівники сільського господарства зазнають комплексної дії хімічних полютантів (пестициди, гербіциди, фунгіциди, органічний пил, біогази), що часто супроводжується інтенсивними фізичними навантаженнями від вібрації сільськогосподарської техніки, високих рівнів промислового шуму та екстремальних мікрокліматичних умов[2].

Одночасно з цим, специфіка праці генерує критичні ергономічні ризики: необхідність перенесення важких предметів, виконання високочастотних рухів, що повторюються, та тривале перебування у незручних вимушених позах, які визнані головними детермінантами розвитку хронічних м'язово-скелетних розладів[3]. Аналіз патофізіологічних механізмів показує, що, наприклад, тепловий стрес експоненціально прискорює абсорбцію ліпофільних агрохімікатів через шкірні покриви, збільшуючи загальну токсикокінетичну дозу, а дія загальної вібрації від машинно-тракторного агрегату в синергії з вимушеною сидячою позою оператора критично підвищує внутрішньодисковий тиск, швидко провокуючи дегенеративні зміни хребта та стійку втрату працездатності.

Незважаючи на доведену багатовимірність та складність професійних ризиків у сільському господарстві, переважна більшість підприємств продовжує спиратися на якісні та напівкількісні інструменти, базовим з яких є двовимірна матриця ризиків. Дослідження доводять, що традиційні матричні методи оцінки мають низку фундаментальних епістемологічних та структурних недоліків. По-перше, вони характеризуються високим рівнем дискретності: безперервний спектр об'єктивних

ризиків примусово втискається у вузьку сітку категорій (ефект компресії діапазону), що призводить до некоректного пріоритетування заходів безпеки та унеможливорює математичне моделювання нелінійних синергетичних ефектів[4]. По-друге, найвагомим концептуальним недоліком матриць є їхня схильність відокремлювати оцінку ймовірності події від фактичної ефективності впроваджених бар'єрів безпеки. На практиці це призводить до прихованого та хибного прийняття високих ризиків, оскільки організації часто спираються на найменш надійні засоби контролю (адміністративні заходи або базові засоби індивідуального захисту), інтуїтивно вважаючи катастрофічні наслідки "малоймовірними"[5]. Ця ілюзія безпеки нівелює саму суть превентивної інженерії та створює умови для неконтрольованого розвитку аварійних ситуацій.

Подолання цих системних обмежень вимагає безальтернативного переходу до розробки та впровадження інтегрованих кількісних моделей оцінки. Застосування об'єктивних математично обґрунтованих методів дозволяє не лише констатувати факт наявності небезпеки, а й кількісно управляти нею. Емпіричні дослідження доводять, що формалізоване кількісне впровадження систем управління охороною праці та засобів телеметрії (Інтернету речей) у механізованому сільському господарстві має пряму, доказову кореляцію зі зниженням рівня травматизму: збільшення стандартизованого індексу впровадження безпекових систем лише на 10 пунктів асоціюється зі зниженням частоти інцидентів на 27%[6].

Характеристика методу оцінки	Традиційна матриця ризиків	Кількісна інтегрована модель (Fuzzy Logic)
Врахування комбінованого впливу	Оцінює кожен небезпечний фактор строго ізольовано	Математично моделює синергію факторів
Точність та дискретність	Висока дискретність, ефект "стиснення діапазону"	Безперервна оцінка через функції належності
Об'єктивність результатів	Залежність від когнітивних упереджень експерта	Спирається на формалізовану логічну базу правил
Інтеграція ефективності засобів безпеки	Здебільшого ігнорується при розрахунку ймовірності	Динамічно коригує підсумковий індекс ризику

Для побудови такої оптимізованої математичної моделі найбільш перспективним є використання інструментарію теорії нечітких множин та нечіткої логіки (Fuzzy Logic), що ідеально підходить для аналізу виробничих середовищ із високим ступенем невизначеності та суб'єктивності. На відміну від жорсткої булевої логіки матриць, системи нечіткого висновку дозволяють конвертувати як точні інструментальні вимірювання, так і лінгвістичні експертні оцінки в єдиний інтегральний індекс професійного ризику[7]. На етапі фазифікації жорсткі показники (рівень шуму у децибелах, концентрація газу у ppm, частота ергономічних відхилень) трансформуються у нечіткі множини. Далі, використовуючи механізми логічного висновку типу Мамдані та продукційні правила "ЯКЩО-ТО", модель обчислює багатовимірну поверхню відгуку, яка імітує нелінійні реакції організму на сукупний стрес. Метод дефазифікації (наприклад, центр ваги) дозволяє отримати фінальний точний індекс, повністю вирішуючи проблему дискретності.

Підсумовуючи, використання традиційних матричних методів в умовах сучасного агропромислового комплексу є недостатнім для забезпечення керованого захисту працівників від комбінованого впливу небезпечних факторів. Критично необхідною є розробка та масштабування кількісних моделей на базі нечіткої логіки, які здатні інтегрувати вплив одночасної дії хімічних, фізичних та ергономічних стресорів, адекватно враховувати реальну ефективність інженерних бар'єрів безпеки та забезпечувати менеджмент науково обґрунтованими даними для проактивного стратегічного планування.

Список використаних джерел:

1. Multiple occupational exposures and coexposures to chemical, biomechanical, and physical hazards on adverse health outcomes among agricultural workers. PubMed Central (PMC). [Електронний ресурс]. Режим доступу до ресурсу: <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC6129995/>.
2. БЖД самостійна робота: Комбінована дія шкідливих речовин. Scribd. [Електронний ресурс]. Режим доступу до ресурсу: <https://www.scribd.com/document/819938143>.
3. An Analysis of Occupational Hazards Based on the Physical Ergonomics Dimension to Improve the Occupational Health of Agricultural Workers: The Case in Mayo Valley, Mexico. Safety. 2024. Vol. 10. [Електронний ресурс]. Режим доступу до ресурсу: <https://investigadores.unison.mx/en/publications/an-analysis-of-occupational-hazards-based-on-the-physical-ergonom-2/>.
4. Теоретичні аспекти універсалізації оцінки професійного ризику. ResearchGate. [Електронний ресурс]. Режим доступу до ресурсу: https://www.researchgate.net/publication/376870037_TEORETICNI_ASPEKTI_UNIVERSALIZACII_OCINKI_PROFESIJNOGO_RISKU.
5. The fundamental flaw of the risk matrix tool. Orana Skills Centre. 2025. [Електронний ресурс]. Режим доступу до ресурсу: <https://www.oranaskillscentre.com/post/the-fundamental-flaw-of-the-risk-matrix-tool>
6. Quantitative study on the relationship between the implementation of safety systems and the reduction of occupational incidents in mechanized agricultural environments. ResearchGate. [Електронний ресурс]. Режим доступу до ресурсу: <https://www.researchgate.net/publication/396963291>.
7. Fuzzy set and fuzzy logic theory for risk level assessment. MDPI. [Електронний ресурс]. Режим доступу до ресурсу: <https://www.mdpi.com/2073-8994/12/4/525>.

¹Гречка Н.В., магістрант спеціальності 261 «Пожежна безпека»

Науковий керівник: ²Шалапко Д.О., к.т.н., доцент кафедри автомобілів та технологій їх експлуатації

(¹Національний університет цивільного захисту України, м. Черкаси, Україна)

(²Черкаський державний технологічний університет, м. Черкаси, Україна)

КОНСТРУКТИВНО-ТЕХНОЛОГІЧНІ АСПЕКТИ БЕЗПЕЧНОЇ ІНТЕГРАЦІЇ ВОДНЮ У СУДНОВІ ЕНЕРГОУСТАНОВКИ

Декарбонізація морського транспорту визначена Міжнародною морською організацією як стратегічний пріоритет, що відображено в ухваленій у 2023 р. стратегії скорочення викидів парникових газів (MEPC.377(80)) та в регуляторній рамці запобігання забрудненню з суден, сформованій Конвенцією MARPOL 73/78 [1], [2]. У цьому контексті водень розглядається як енергоносіє, здатний забезпечити часткове заміщення вуглеводневого палива в суднових енергоустановках за умови дотримання вимог безпеки.

Разом із тим інтеграція водню в машинне відділення змінює профіль виробничих небезпек. Для практичних конфігурацій «дизель–водень» критичними стають конструктивні й компоновочні рішення паливної/газової траси (довжина трубопроводів, кількість з'єднань, доступність вузлів, близькість до гарячих поверхонь, умови вентиляції), оскільки саме вони визначають імовірність витоку та параметри накопичення водню. Цей висновок узгоджується як з результатами інженерних досліджень паливних систем із газоподібними водневими добавками [4], так і з підходами до оцінювання ризиків для водневих суден, узагальненими EMSA [3].

Метою роботи є аналіз конструктивно-технологічних рішень інтеграції водню у суднові енергоустановки з позицій безпеки праці (секція 9) та формалізація факторів ризику, пов'язаних із трубопроводами водню та пожежною небезпекою. На рівні причинно-наслідкової моделі небезпека реалізується при поєднанні трьох умов:

- (i) виникнення витоку;
- (ii) можливості накопичення у замкнених/слабковентильованих об'ємах;
- (iii) наявності джерел запалювання.

Практичне значення такого підходу полягає у можливості раннього ранжування компоновок ще на етапі проєктування/модернізації [4].

Для систематизації керованих змінних ризику запропоновано перелік факторів і інженерних бар'єрів безпеки (табл. 1). Таблиця побудована за логікою «фактор – механізм – компенсація» та орієнтована на рішення, які прямо впливають на захист персоналу: мінімізація витоків (скорочення L_{H_2} , зменшення N_{join}), зниження ймовірності небезпечних концентрацій (вентиляція, газодетекція), зменшення маси можливого викиду (секціонування/ESD) і забезпечення готовності протипожежних систем та водопостачання [3], [6].

Таблиця 1

Фактори ризику трубопроводів водню та пожежної небезпеки

Фактор ризику	Механізм небезпеки	Характерний показник	Напрямок мінімізації	Інженерні бар'єри
Довжина траси трубопроводу H_2	Зростання ймовірності витоку	L_{H_2}	↓	Оптимізація маршруту, механічний захист
Кількість з'єднань	Витоки на стиках, людський фактор	N_{join}	↓	Зварні ділянки, стандартизація арматури

Прокладання в замкнених об'ємах	Накопичення і стратифікація	f_{conf}	↓	Вентильовані коридори, локальна витяжка
Рівень вентиляції	Час перебування у вибухонебезпечному діапазоні	ACH	↑	Примусова вентиляція
Близькість до гарячих поверхонь	Ініціювання займання	d_{hot}	↑	Віддалення, теплові екрани
Секціонування та ESD	Масштаб аварійного викиду	N_{ESD}	↑	Аварійне відсічення
Газодетекція	Запізнення реагування	t_{det}	↓	Датчики, резервування
Протипожежна готовність	Тяжкість наслідків	готовність систем	↑	Водопостачання, регламенти

Список використаних джерел:

1. International Maritime Organization. 2023 IMO Strategy on Reduction of GHG Emissions from Ships: Resolution MEPC.377(80), adopted on 7 July 2023. London: IMO, 2023.
2. International Maritime Organization. International Convention for the Prevention of Pollution from Ships (MARPOL 73/78): Consolidated edition. London: IMO, 2022.
3. European Maritime Safety Agency. Mapping safety risks for hydrogen-fuelled ships: Study investigating the safety of hydrogen as fuel on ships. Lisbon: EMSA, 2024.
4. Shalapko D., Radchenko M., Pavlenko A., Radchenko R., Radchenko A., Pyrysunko M. Advanced fuel system with gaseous hydrogen additives. Bulletin of the Polish Academy of Sciences: Technical Sciences. 2024. Vol. 72(2). Art. e148837. DOI: 10.24425/bpasts.2024.148837.
5. Шалапко Д. О. Моделювання та аналіз інтеграції водневих систем до суднових енергетичних комплексів. Інновації в суднобудуванні та океанотехніці: матеріали XIV Міжнар. наук.-техн. конф. 2023. С. 212–216.
6. Гречка Н. В., Гой Т. О., Демидченко А. І., Виливок О. С., Лесніченко Т. Ю., Мигаленко К. І. Особливості протипожежного водопостачання у будівлях з масовим перебуванням людей. У зб.: Проблеми надзвичайних ситуацій (матеріали). 2025.

Гречка Н.В., магістрант спеціальності 261 «Пожежна безпека»

Науковий керівник: Костенко Т.В., д.т.н., професор кафедри пожежної і техногенної безпеки об'єктів і технологій

(Національний університет цивільного захисту України, м. Черкаси, Україна)

АНАЛІЗ ПОЖЕЖНОЇ НЕБЕЗПЕКИ МАШИННИХ ВІДДІЛЕНЬ СУДЕН

Машинне відділення (МВ) морського судна є одним із найбільш пожежонебезпечних об'єктів серед усіх промислових і транспортних систем. У відносно невеликому за об'ємом приміщенні сконцентровані потужні теплові агрегати, сотні кілометрів електричної проводки, трубопроводи горючих рідин під тиском і джерела інтенсивного іскроутворення.

Статистика підтверджує гостроту проблеми. За даними Європейського агентства морської безпеки (EMSA), пожежі та вибухи на судах є третьою за частотою причиною значних морських аварій у Європейському регіоні, поступаючи лише посадкам на мілину та зіткненням. У структурі судових пожеж машинне відділення стабільно посідає перше місце за кількістю подій та матеріальними збитками: протягом 2015–2023 рр. на МВ припадало від 25 до 33% усіх зареєстрованих пожеж на судах. Людські жертви від пожеж у МВ становлять близько 15–20% від загального числа загиблих внаслідок судових пожеж [1].

Машинне відділення сучасного морського судна являє собою багаторушне технологічне приміщення, що займає, залежно від типу і розмірів судна, від 800 до 5 000 м² підлогової площі і висоту від 8 до 25 м. У ньому розміщені головні рушійні установки (дизельні двигуни, турбіни або дизель-електричні комплекси), допоміжні дизелі-генератори, котельні установки, насосні агрегати (паливні, мастильні, баластові, осушувальні, пожежні), системи кондиціонування, компресори, розподільні електрошити та автоматизовані системи управління. Загальна кількість одиниць обладнання в МВ великого контейнеровоза або балкера може перевищувати 500 [1].

Технологічне середовище МВ характеризується поєднанням чинників, що синергетично підсилюють пожежну небезпеку: постійна наявність значних кількостей горючих рідин — мазуту, дизельного палива, мастил і гідравлічних рідин — у трубопроводах, фільтрах, підігрівачах і ємностях; наявність потужних постійних і нестационарних джерел тепла (вихлопні системи, поверхні котлів, турбокомпресорів); складна геометрія простору з численними горизонтальними поверхнями, де можуть накопичуватися горючі рідини і матеріали; обмежена природна вентиляція і складність забезпечення рівномірного провітрювання всіх зон МВ [1,2].

Особливістю МВ як об'єкта пожежної небезпеки є динамічність умов: режим роботи двигунів, тиск і температура в системах, рівень навантаження на електромережу змінюються залежно від умов рейсу, що призводить до циклічних змін теплового і механічного навантаження на обладнання. Перехідні режими — пуск, зупинка, зміна навантаження — є найбільш небезпечними з точки зору виникнення несправностей і витоків, оскільки супроводжуються різкими змінами тиску, температури і вібраційних навантажень [3].

Отже, машинне відділення судна є складною технічною системою з надзвичайно високим рівнем пожежного навантаження, де одночасно поєднуються горючі середовища, високотемпературні поверхні та розгалужені електроенергетичні мережі, що функціонують в умовах агресивного морського середовища й постійних вібраційних

навантажень. Така сукупність чинників формує стійкий багатофакторний пожежний ризик, який має системний характер і потребує комплексного управління.

Паливна система головного двигуна, зокрема форсунки, є домінуючим джерелом пожежної небезпеки за інтегральним критерієм «частота × тяжкість наслідків», формуючи до третини всіх випадків пожеж у машинному відділенні. Водночас ризик картерної пожежі та вибуху, попри нижчу імовірність реалізації, характеризується критично високим потенціалом руйнівних наслідків.

Таким чином, саме ці елементи суднової енергетичної установки повинні визначатися як пріоритетні об'єкти ризик-орієнтованого технічного контролю, модернізації систем раннього виявлення несправностей та впровадження ефективних протипожежних заходів. Концентрація ресурсів на найбільш уразливих вузлах дозволить суттєво знизити загальний рівень пожежної небезпеки машинного відділення та підвищити рівень безпеки екіпажу і судна в цілому.

Список використаних джерел:

1. International Maritime Organization. 2023 IMO Strategy on Reduction of GHG Emissions from Ships: Resolution MEPC.377(80), adopted on 7 July 2023. London: IMO, 2023.
2. International Maritime Organization. International Convention for the Prevention of Pollution from Ships (MARPOL 73/78): Consolidated edition. London: IMO, 2022.
3. European Maritime Safety Agency. Mapping safety risks for hydrogen-fuelled ships: Study investigating the safety of hydrogen as fuel on ships. Lisbon: EMSA, 2024.

Шуваєв П., аспірант, спеціальності 263 Цивільна безпека

Науковий керівник: Яворська О.О., д.т.н., професор кафедри охорони праці та цивільної безпеки

(Національний технічний університет «Дніпровська політехніка» м. Дніпро, Україна)

ШТУЧНИЙ ІНТЕЛЕКТ – КОРИСТЬ ЧИ НЕБЕЗПЕКА?

Швидка обробка значної кількості інформації для прийняття рішення, аналіз фондових показників для визначення критеріїв інвестиційної привабливості, створення прогнозних моделей – ШІ (штучний інтелект) оперативно реагує, постійно аналізує та вводить нові дані. Але іноді абсолютно неочікувано і як нам здається безпідставно змінює «правила гри».

Зміна правил гри ШІ для нас не завжди є позитивною практикою, яка дозволяє швидко досягати мети. Нажаль, швидкі зміни часто стають загрозами, до яких людство з різних причин не встигає прилаштуватись. Особливо це стає небезпечно, коли зрозумілі для нас правила перестають діяти, а нових ми ще не створили. Саме про це нам повідомили брати Грім в одній із своїх відомих казок. Ні чоботар, ні його дружина, яка діяла виходячи із гарних мотивів (дбайливість, порядність, вдячність) не знали правил, за якими жили і діяли маленькі чоловічки. Порушивши правила, герої казки втратили допомогу чоловічків. Звідси виникає питання, які зміни вносить в наше життя ШІ?

Сьогодні існує багато інформації про загрози і небезпеки, які є наслідком діяльності ШІ. Наприклад, згадаємо улюблених фантастів Айзека Азімова, Філіпа Діка або Вільяма Гібсона, які сформували певний обсяг знань та нашу уяву про роботів та ШІ. Більшість класичних науково-фантастичних творів зосереджені саме на можливих негативних наслідках, які виникають у взаємодії людина-робот: повстання роботів, втрата людьми контролю над технологіями, емоційних та екзистенціальних станів, які проявляються при взаємодії людини зі ШІ, який все більше діє розумно. Чого тільки вартує опис суперкомп'ютера HAL 9000 в «Космічній Одисеї» Артура Кларка, який здогадавшись, що люди хочуть його вимкнути, вбив майже всіх членів команди. Автор в романі зміг передати майже всі види небезпеки, що несе ШІ, від фізичних до когнітивних, які пов'язані із проблемами захищеності мережі, що робить спілкування між ШІ та людьми небезпечним, або неналежної автентифікації, що призводить до відмови в доступі до інформації або навпаки відбувається несанкціонований доступ.

Загалом, до основних небезпек застосування ШІ відносять:

- безробіття, втрату конфіденційності;
- ізоляцію та відсутність соціального діалогу;
- викрадення даних та технологій;
- упередженість ШІ до людей з різних соціальних груп;
- загрози кібербезпеці, автентифікації, доступності, доброчесності поводження з даними;
- маніпуляції і дезінформація щодо представлених даних.

Виникає питання – залишити як є, і сподіватися на краще, чи все ж таки стати творцем долі? Якщо забажаємо стати творцями долі, то виникає необхідність у пошуку ефективної та безпечної корисної взаємодії між ШІ та людиною. Що для цього потрібно? Давайте звернемося до казки, щоб зрозуміти як можна застосувати ШІ уникаючи ризиків.

Перше – важливість залучення відповідних фахівців для успішної роботи системи з ШІ, що призводить до уникнення ризику застосування неадаптованих моделей та алгоритмів штучного інтелекту, які не враховують конкретних вимог і особливостей кожної окремої галузі економіки.

Друге – застосування ШІ дозволяє вивільнити час для вдосконалення майстерності, пошуку нових ідей і технологій, що дозволяє уникнути ризику низької професійної компетентності працівників в організації.

Третє – реалізація потенціалу ШІ з перетворення наявних викликів на можливості для зростання та успіху. Це може призвести до появи ризику недосконалості заходів із забезпечення безпеки інформаційної інфраструктури у разі застосування технологій штучного інтелекту внаслідок виникнення потенційних загроз. Звідси виникає необхідність у забезпеченні інформаційної безпеки.

Четверте – необхідність обережного поводження з ШІ, щоб не стати його заручником, оскільки це зменшить ризик залежності від даних, які до речі можуть бути втрачені через дії кіберзловмисників і кібератак.

П'яте – необхідність при роботі з ШІ забезпечити справедливість, конфіденційність та прозорість, що зменшить ризик втрати приватності на особисте життя працівниками.

Щоб максимально скористатись можливостями ШІ, не ставши його жертвою потрібен збалансований підхід. Він передбачає поєднання людського досвіду з прийняття стратегічних рішень і міжособистісній взаємодії з можливостями ШІ зі значної обробки та аналізу даних та рутинних операцій, гарантуючи доповнення один одного, а не заміну одного іншим.

Спробуємо поділитись кількома практичними рекомендаціями:

- регулярно оновлюйте системи ШІ, оскільки технології швидко розвиваються, оновлення дозволять залишитись в курсі останніх досягнень, забезпечуючи більш точні та ефективні результати;
- інвестуйте в навчання співробітників, оскільки розвиток навичок дозволить ефективно використовувати, а головне керувати додатками ШІ;
- встановіть чіткі етичні принципи і правила, оскільки використання ШІ пов'язане з їх упередженістю, викраденнями даних, втрати конфіденційності, прозорість і справедливість допоможе підтримувати довіру та запобігти невірним рішенням.

Отже, користь від застосування ШІ – це перш, за все вивільнення часу для людини, який бажано потратити для виконання складної та корисної роботи з пошуку нових креативних ідей для творчості, майбутнього розвитку та досягнення успіху. При цьому не забуваємо, що основною загрозою від використання ШІ є відсутність конфіденційності, вразливість даних, які запросто може отримати компетентний програміст.

Єфіменко О.П., аспірант спеціальності 263 Цивільна безпека
Науковий керівник: Столбченко О.В., к.т.н., доцент кафедри ОП та ЦБ
(Національний технічний університет «Дніпровська політехніка»)

ЕФЕКТИВНІСТЬ ЗАСОБІВ ІНДИВІДУАЛЬНОГО ЗАХИСТУ ОРГАНІВ ДИХАННЯ: ПРОБЛЕМИ ТА ПЕРСПЕКТИВИ

Відповідно до ст. 13 Закону України «Про охорону праці» від 14 жовтня 1992 р. № 2694-ХІІ, роботодавець зобов'язаний створити на робочому місці нормовані умови праці. Згідно з нормативно-правовими актами, концентрація токсикантів (пил, дим, гази, туман) в повітрі робочої зони повинна бути менше гранично допустимих концентрацій (*далі* — ГДК), а у випадках, коли рівень розвитку науки і техніки не дозволяє це зробити, робітників треба забезпечити ефективними засобами індивідуального захисту органів дихання (*далі* — ЗІЗОД) — респіраторами відповідного функціонального призначення (протипиловими, протигазовими або газопилозахисними).

Процедура вибору ефективних ЗІЗОД здійснюється згідно з ДСТУ EN 529:2006 «Засоби індивідуального захисту органів дихання. Рекомендації щодо вибору, використання, догляду і обслуговування. Настанова», затвердженого наказом Державного комітету України з питань технічного регулювання та споживчої політики від 29 червня 2006 р. № 179 (*далі* — ДСТУ EN 529:2006), у такій послідовності:

- ідентифікація шкідливих речовин у повітрі робочої зони;
- оцінка ризиків, обґрунтування вибору;
- навчання працівників навичкам використання, зберігання і обслуговування ЗІЗОД. Нажаль, навіть добросовісне виконання згаданої процедури не гарантує ефективний захист органів дихання користувача, оскільки розробники ДСТУ EN 529:2006 формалізували стадії вибору ефективного функціонального ЗІЗОД, «забувши» про користувачів.

Не зважаючи на існування процедури з перевірки придатності до працівника, все ж таки неврахованою є зміна рис обличчя за віком, статтю і національністю, що з часом, через недосконалість конструкцій півмасок призведе до утворення щілин за смугою обтюраторії, і як наслідок — збільшення підсмоктувань і погіршення захисних властивостей ЗІЗОД.

Утворення щілин за смугою обтюраторії і, відповідно, збільшення підсмоктувань і погіршення захисних властивостей ЗІЗОД посилюється ще й відсутністю досить простого і зрозумілого методу перевірки щільності прилягання півмаски до обличчя на виробництві, який би враховував силу натягу наголів'я. Остання відіграє у забезпеченні високого ступеню захисту досить вагомую роль.

Чим більша сила натягу наголів'я, тим важче аерозолям потрапити у підмасковий простір в обхід фільтра. Однак, сила натягу наголів'я обмежуються фізіологічною межею витривалості людини, та знаходиться у межах 4-6 Н, оскільки її збільшення призведе до появи болювого відчуття на обличчі через здавлювання м'яких тканин.

Для того, щоб уникнути утворення щілин за смугою обтюраторії, збільшення підсмоктувань і погіршення захисних властивостей ЗІЗОД, існує декілька шляхів:

- бажано перед постачанням півмасок на конкретне виробництво провести визначення розмірів обличчя співробітників і підібрати відповідні їм ЗІЗОД;

необхідне складання відповідних антропометричних таблиць з визначенням ключових розмірів необхідних як для проектування півмасок так і для перевірки (набору випробувачів);

- конструкції півмасок повинні бути зі змінною геометрією для можливості врахування як вікових так і національних анатомічних особливостей.

Для забезпечення контролю притискних зусиль і щільності прилягання півмаски можна скористатись достатньо швидким і простим методом — термографування.

Навіть для протиаерозольних фільтрів виникають складнощі з визначення терміну захисної дії ЗІЗОД, хоча і надаються рекомендації — за утрудненням дихання. Однак, на опір фільтрів значно впливає швидкість руху повітря, яка може відрізнятись через фізіологічну будову легень або через важкість виконуваної роботи. Може так статись, що в одних і тих самих умовах одним працівникам потрібно декілька фільтрів, а іншим і одного вистачить. Ще складніша проблема з визначення терміну захисної дії протигазових фільтрів. Рекомендація стандарту — за суб'єктивним відчуттям запаху є некоректною, адже у працівників різний органолептичний поріг, при чому у деяких газів зовсім відсутній запах. Також в стандарті не вказано, які шкідливі гази можна виявляти за запахом, а які — категорично «не можна».

Вихід із ситуації, коли є не зрозумілим встановлення терміну захисної дії ЗІЗОД, вбачається в першу чергу в розробці фільтрів з індикатором закінчення терміну захисної дії. Для протипилових він може базуватись на датчику перепаду тиску, для протигазових — на зміні кольору сорбенту, який вступає у реакцію. Також провідні компанії розробники ЗІЗОД надають консультації у вигляді розроблених програм для розрахунку терміну захисної дії, які розміщені на їх сайтах.

До речі, номінальний коефіцієнт захисту респіраторів, визначений у лабораторних умовах і наведений у додатку С ДСТУ EN 529:2006, не можна використовувати для встановлення ступеню захисту працівників на робочому місці. Існують багато різноманітних чинників, що можуть погіршити ефективність ЗІЗОД які не враховуються при лабораторній перевірці. Зокрема, — щільність прилягання півмаски до обличчя.

Список використаних джерел

1. US Occupational Safety and Health Administration (OSHA): “Respiratory Protection,” US Occupational Safety and Health Administration (OSHA). Code of Federal Regulations Title 29, Part 1910.134 (2014). pp. 426–452
2. Brey L. and E. Johnson: “Prediction of the Effect of High Relative Humidity on Organic Vapor Cartridge Performance.” Presentation at the American Industrial Hygiene Conference & Exposition, New Orleans, LA, June 2001.
3. Brey L.: “Effect of High Relative Humidity on OV Cartridge Performance.” Presentation at the International Society for Respiratory Protection Conference, Boston, MA, September 26, 2012

УДК 614.894:005.334

Кравченко Б.Д., аспірант спеціальності 263 Цивільна безпека**Науковий керівник: Голінько В.І., д.т.н., професор кафедри охорони праці та цивільної безпеки***(Національний технічний університет «Дніпровська політехніка», м. Дніпро, Україна)*

ОПТИМІЗАЦІЯ СИСТЕМИ ЗАХИСТУ ОРГАНІВ ДИХАННЯ НА ПІДПРИЄМСТВІ: ВІД ОЦІНКИ РИЗИКІВ ДО СТАНДАРТІВ ISO

Сучасний розвиток промислової безпеки в Україні нерозривно пов'язаний із впровадженням міжнародного стандарту ISO 45001:2018 [1], що вимагає від підприємств переходу від формального забезпечення персоналу засобами індивідуального захисту (ЗІЗ) до науково обґрунтованої стратегії мінімізації ризиків. В умовах складних виробництв, де неможливо повністю усунути шкідливі чинники технічними методами, вибір засобів індивідуального захисту органів дихання (ЗІЗОД) стає критичним елементом безпеки. З огляду на це, оптимізація системи захисту органів дихання стає одним із найскладніших завдань, оскільки вона вимагає врахування не лише хімічних чи фізичних характеристик забруднювачів, а й фізіологічних параметрів працівників та особливостей технологічних процесів.

Саме тому виникає потреба в оптимізації системи захисту через перехід від спрощеної схеми порівняння фактичної концентрації з гранично допустимою концентрацією (ГДК) до багатокритеріального інтегрального аналізу. Такий метод дозволяє системно зважити комплекс взаємопов'язаних чинників, які зазвичай залишаються поза увагою. Зокрема, оцінці підлягають не лише характеристики середовища, як-от хімічний склад газів чи дисперсність аерозолів, а й параметри самого робочого процесу. Мова йде про інтенсивність праці, об'єм легеневої вентиляції та мікроклімат, які безпосередньо впливають на реальну ефективність захисту. Не менш важливими є індивідуальні особливості працівника – від форми обличчя, що визначає щільність прилягання маски, до стану здоров'я дихальної системи та сумісності з іншими ЗІЗ, наприклад окулярами чи касками.

Математично таку модель доцільно розглядати як функцію імовірності потрапляння шкідливих речовин у підмасочний простір та тяжкості наслідків тривалому впливу забруднювачів. Це дозволяє диференціювати вибір засобів захисту залежно від реальних умов експлуатації. Якщо для легкої роботи достатньо виправданим є використання фільтрувальних напівмасок класу FFP2, то при важких фізичних навантаженнях у тому самому середовищі необхідні системи з примусовою подачею повітря (PAPR). Це дозволяє не лише гарантувати високий рівень очищення повітря, а й мінімізувати додаткове навантаження на серцево-судинну систему працівника, спричинене опором диханню, що повністю відповідає принципам стандарту ISO 45001 [1].

Впровадження такого багатфакторного аналізу сьогодні має спиратися на сучасну класифікацію за стандартом ISO 17420 [2]. На відміну від застарілих підходів, що базувалися на конструктивних типах виробів, цей стандарт фокусується на експлуатаційних характеристиках та рівнях захисту (Protection Levels). Це дає можливість фахівцям з охорони праці підбирати засоби відповідно до розрахованого профілю ризику, враховуючи механічну міцність, температурну стійкість та, що найважливіше, дихальну роботу (Work of Breathing), яку змушений виконувати працівник.

Разом із тим, практичне втілення стратегії базується на положеннях ДСТУ EN 529:2006 [3]. Цей документ визначає конкретний порядок вибору та догляду за засобами, дозволяючи вибудувати чітку послідовність дій від моменту оцінки потреби до

сервісного обслуговування. Саме на основі цієї настанови розробляються внутрішні регламенти підприємства щодо перевірок та технічного сервісу, що є запорукою збереження захисних властивостей обладнання протягом усього часу його використання. Якщо ISO 17420 [2] каже, яким має бути засіб за рівнем захисту, то ДСТУ EN 529:2006 [3] пояснює, як підприємство має вибудувати життєвий цикл цього засобу: від моменту виникнення потреби до моменту утилізації, та дає можливість адаптувати загальні принципи ISO 45001 [1] до реальних виробничих умов, перетворюючи абстрактні вимоги на зрозумілі робочі алгоритми та усуваючи суб'єктивність під час підбору засобів захисту. ДСТУ EN 529:2006 є ключовим сполучним елементом між загальними вимогами ISO 45001 та технічними специфікаціями ISO 17420, оскільки він дає практичну відповідь на питання «як саме організувати процес» [1-3].

Оптимізація системи захисту дихання в рамках системи управління охороною праці (СУОП) за стандартом ISO 45001 [1] неможлива без реалізації вимог ISO 16975:2017 [4,5]. Цей стандарт регламентує створення комплексної програми захисту, яка включає обов'язкову процедуру перевірки щільності прилягання (Fit Testing). Без цього етапу будь-яка теоретична оцінка ризику втрачає сенс, адже навіть найдорожчий фільтр не захистить при наявності щілин по лінії обтюрації. Інтеграція кількісних методів тестування прилягання (Fit Test) у процес оцінки ризиків дозволяє обчислити реальний коефіцієнт захисту, який часто виявляється значно нижчим за номінальний. Такий підхід забезпечує не лише безпеку, а й економічну ефективність, оскільки запобігає закупівлі надлишкових або невідповідних засобів захисту. Ключовою відмінністю міжнародного підходу є акцент на коефіцієнті захисту (Protection Factor), який має бути підтверджений не лише паспортними даними виробу, а й практичними тестами на відповідність (Fit Testing) для кожного окремого працівника.

Ефективність такої системи підтримується через цикл безперервного вдосконалення Plan-Do-Check-Act (PDCA), що є фундаментальною вимогою ISO 45001 [1]. На етапі планування здійснюється детальний аналіз робочих місць та визначення профілів ризику, що дозволяє обґрунтовано обрати тип захисту. Під час виконання передбачається не лише видача засобів, а й обов'язкове навчання персоналу та індивідуальна перевірка щільності прилягання масок. Впроваджується процедура Fit Testing (кількісна або якісна перевірка щільності прилягання), яка згідно з ISO 16975-3:2017 [5] є обов'язковою. Етап перевірки включає регулярний моніторинг коректності використання ЗІЗОД та стану здоров'я працівників, а також аналіз зворотного зв'язку від працівників щодо ергономічності обраних моделей. Кінцевим етапом є коригувальні дії, які передбачають оновлення номенклатури засобів захисту у разі модернізації виробництва або появи на ринку досконаліших фільтрувальних технологій. Такий ітераційний підхід гарантує, що система захисту залишається актуальною та дієвою в мінливих умовах виробничого середовища.

Отже, проведене дослідження підтверджує, що сучасна модель захисту органів дихання на підприємстві має трансформуватися з простої закупівлі засобів захисту в комплексну управлінську систему. Впровадження принципів ISO 45001 [1] дозволяє інтегрувати питання безпеки праці безпосередньо в бізнес-процеси, роблячи захист здоров'я персоналу пріоритетним завданням. Ключовим інструментом тут стає перехід до нових критеріїв класифікації за ISO 17420 [2], де вибір пристрою базується на його реальній експлуатаційній ефективності та забезпеченні фізіологічного комфорту працівника. Практична стійкість такої системи гарантується дотриманням вимог ISO 16975 [4,5], що вимагає впровадження обов'язкових програм тестування прилягання та навчання персоналу, без яких навіть найсучасніші ЗІЗОД залишаються неефективними. Разом із методичними настановами ДСТУ EN 529:2006 [3], ці стандарти формують цілісний алгоритм від ідентифікації небезпек до регламентованого технічного обслуговування. Таким чином, лише поєднання ризик-орієнтованого підходу з чітким дотриманням міжнародних стандартів дає змогу створити адаптивну систему захисту,

яка здатна реально мінімізувати рівень професійних захворювань у складних умовах сучасного виробництва. Тільки інтегральний підхід, що поєднує аналіз середовища, ергономіку та результати індивідуальних тестувань на прилягання, може гарантувати збереження здоров'я персоналу.

Список використаних джерел:

1. ДСТУ ISO 45001:2019. Системи управління охороною здоров'я та безпекою праці. Вимоги та настанови щодо застосування (ISO 45001:2018, IDT) URL: chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcgclefindmkaj/https://zakon.isu.net.ua/sites/default/files/normdocs/dstu_iso_45001_2019.pdf.
2. ISO 17420-1:2021. Respiratory protective devices - Performance requirements - Part 1: General. URL: <https://www.iso.org/standard/66730.html> (дата звернення: 24.02.2026).
3. ДСТУ EN 529:2006. Засоби індивідуального захисту органів дихання. Рекомендації щодо вибору, використання, догляду і обслуговування. Настанова. [Чинний від 2007-10-01 наказ № 179 від 2006-06-29]. Вид. офіц. Київ: ДП «УкрНДНЦ», 2008. 50 с.
4. ISO 16975-1:2017. Respiratory protective devices — Selection, use and maintenance — Part 1: Establishing and implementing a respiratory protective device programme. URL: https://www.iso.org/standard/60853.html?utm_source=chatgpt.com.
5. ISO 16975-3:2017. Respiratory protective devices — Selection, use and maintenance — Part 3: Fit-testing procedures. URL: https://www.iso.org/standard/64513.html?utm_source=chatgpt.com.

УДК 681.518.54

Таран Я.С., студент спеціальності 263 Цивільна безпека**Науковий керівник: Лісовицька І. А., к.т.н., доцент кафедри охорони праці та цивільної безпеки***(Національний технічний університет «Дніпровська політехніка», м. Дніпро, Україна)***АНАЛІЗ ТЕХНІЧНОЇ ДОКУМЕНТАЦІЇ ТА МАТЕРІАЛІВ РОЗСЛІДУВАННЯ НВ
ЯК ДЖЕРЕЛО ДОКАЗІВ У СУДОВІЙ ЕКСПЕРТИЗІ**

У сучасних умовах інтенсифікації виробничих процесів, впровадження нових технологій та обладнання особливої актуальності набуває проблема забезпечення належного рівня охорони праці. Незважаючи на вдосконалення нормативно-правової бази, нещасні випадки на виробництві залишаються поширеним явищем, що зумовлює необхідність їх ґрунтовного розслідування та правової оцінки. У багатьох випадках результати розслідування нещасних випадків стають предметом судового розгляду, де вирішальну роль відіграє судова експертиза.

Судова експертиза - це дослідження на основі спеціальних знань у галузі науки, техніки, мистецтва, ремесла тощо об'єктів, явищ і процесів з метою надання висновку з питань, що є або будуть предметом судового розгляду. Судово-експертна діяльність здійснюється на принципах законності, незалежності, об'єктивності і повноти дослідження. Судово-експертну діяльність здійснюють державні спеціалізовані установи, їх територіальні філії, експертні установи комунальної форми власності, а також судові експерти, які не є працівниками зазначених установ, та інші фахівці (експерти) з відповідних галузей знань.

Судова експертиза у справах, пов'язаних із нещасними випадками на виробництві, спрямована на встановлення причин та обставин події, визначення відповідності дій посадових осіб вимогам законодавства про охорону праці, а також на виявлення причинно-наслідкових зв'язків між порушеннями та наслідками. Одним із основних джерел доказової інформації для експерта є технічна документація та матеріали розслідування нещасних випадків.

Технічна документація— це сукупність матеріалів, які досліджуються експертами для встановлення відповідності об'єктів вимогам норм, безпеки, часу виготовлення або справжності. До технічної документації відносять: інструкції з експлуатації, проєктно-кошторисна документація, інструкції з охорони праці, технологічні карти, регламенти виконання робіт, паспорти та сертифікати відповідності на обладнання, журнали технічного обслуговування і ремонту, акти перевірок контролюючих органів.

Аналіз зазначених документів дає змогу судовому експерту встановити, які вимоги безпеки були передбачені для конкретного виду робіт, а також оцінити рівень їх дотримання на момент настання нещасного випадку. Важливе значення має зіставлення вимог нормативно-технічної документації з фактичними умовами праці. Такий підхід дозволяє виявити відхилення від встановлених норм, зокрема використання несправного або несертифікованого обладнання, відсутність або неналежне проведення інструктажів, порушення технологічного процесу, недотримання вимог щодо засобів індивідуального захисту. Виявлені порушення можуть бути безпосередніми або опосередкованими причинами нещасного випадку.

Також важливу роль у судово-експертному дослідженні відіграють матеріали розслідування нещасних випадків. До них належать акти за формами Н-1/НП, пояснення потерпілого, свідків та посадових осіб, протоколи огляду місця події, схеми, фотоматеріали, медичні висновки. Ці документи відображають фактичні обставини події, послідовність дій учасників та стан виробничого середовища на момент настання нещасного випадку.

Акт за формою Н-1 — це офіційний документ, що засвідчує нещасний випадок, пов'язаний із виробництвом, гостре професійне захворювання або отруєння. Він складається комісією за результатами розслідування для встановлення обставин, причин події та визначення заходів запобігання.

Акт НП документ, який складається за результатами розслідування комісією, якщо травма чи смерть працівника сталася під час перебування на роботі, але не була пов'язана з виконанням трудових обов'язків.

До матеріалів розслідування НВ належать такі документи:

екстрене повідомлення закладу охорони здоров'я про звернення потерпілого з посиланням на нещасний випадок та/або гостре професійне захворювання (отруєння);

повідомлення роботодавця (замовника робіт) про нещасний випадок та/або гостре професійне захворювання (отруєння), звернення органу досудового розслідування, інформація, отримана з інших джерел (звернення юридичних і фізичних осіб тощо), рішення (постанова) суду про проведення розслідування чи повторного розслідування або про встановлення факту настання нещасного випадку та/або гострого професійного захворювання (отруєння) у судовому порядку;

лист потерпілому (членам його сім'ї чи уповноваженій ними особі) про утворення комісії з розслідування (спеціального розслідування) нещасного випадку та/або гострого професійного захворювання (отруєння) та запрошення до співпраці;

протоколи засідання комісії (спеціальної комісії) з розслідування нещасного випадку та/або гострого професійного захворювання (отруєння) щодо розподілу обов'язків, зустрічі з потерпілим (членами його сім'ї чи уповноваженою ними особою);

протокол огляду місця, де стався нещасний випадок та/або гостре професійне захворювання (отруєння);

ескіз місця, де стався нещасний випадок та/або гостре професійне захворювання (отруєння), необхідні плани, схеми, фотознімки такого місця, пошкоджених об'єктів, устаткування, інструментів тощо;

пояснювальні записки та протоколи опитування посадових осіб, потерпілих, свідків нещасного випадку та/або гострого професійного захворювання (отруєння) та інших осіб;

висновки експертизи (технічної, науково-технічної, медичної тощо) у разі проведення та/або експертної комісії у разі її утворення;

висновок про діагноз, причини смерті або характер і ступінь тяжкості травми потерпілого, стан алкогольного, токсичного чи наркотичного сп'яніння потерпілого;

результати додаткових лабораторних досліджень шкідливих і небезпечних факторів виробничого середовища, важкості та напруженості трудового процесу, проведених установами, організаціями, лабораторіями, яким надано право проводити такі дослідження (у разі їх проведення);

запити до органів та установ про надання відповідних висновків і матеріалів;

відповіді (висновки) органів та установ;

витяги з нормативно-правових актів щодо охорони праці, вимоги яких порушені;

інформація щодо відповідності встановленим вимогам нехарчової продукції, під час використання (експлуатації) якої сталися нещасний випадок та/або гостре професійне захворювання (отруєння) або використання (експлуатація) якої могло стати їх причиною (однією із причин), - у разі проведення спеціального розслідування;

інші документи залежно від обставин і причин нещасного випадку та/або гострого професійного захворювання (отруєння) за рішенням комісії.

Загалом аналіз технічної документації та матеріалів розслідування нещасних випадків є необхідною умовою формування науково обґрунтованого та об'єктивного експертного висновку. Такий підхід сприяє правильному встановленню причинно-наслідкових зв'язків, визначенню відповідальності винних осіб та прийняттю справедливих судових рішень. Крім того, результати судової експертизи можуть бути

використані для розроблення профілактичних заходів, спрямованих на зниження рівня виробничого травматизму та підвищення ефективності системи охорони праці.

Список використаних джерел:

1. Про судову експертизу: Закон України від 25.02.1994 № 4038-ХІІ (зі змінами і доповненнями).
2. Інструкція про призначення та проведення судових експертиз та експертних досліджень : наказ Міністерства юстиції України від 08.10.1998 № 53/5 (зі змінами).
3. Про затвердження Порядку розслідування та обліку нещасних випадків, професійних захворювань та аварій на виробництві: від 17 квітня 2019 р. № 337 Київ
4. Шепітько В. Ю. Судова експертиза в кримінальному провадженні: навч. посіб. Харків : Право, 2019. 256 с.

**Ребрищева В.І., студентка 4 курсу,
Науковий керівник: Крайнюк О.В. к.т.н., доцент, завідувачка кафедри
кібербезпеки**

(Харківський національний автомобільно-дорожній університет, Харків, Україна)

ВИКОРИСТАННЯ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ ДЛЯ КОНТРОЛЮ БЕЗПЕКИ ПРАЦІ НА ТРАНСПОРТНИХ ОБ'ЄКТАХ

Забезпечення безпеки праці на транспортних об'єктах є однією з ключових умов стабільного функціонування транспортної галузі та збереження життя і здоров'я працівників. Автотранспортні підприємства, логістичні термінали, депо та інші транспортні об'єкти характеризуються підвищеним рівнем професійних ризиків, що зумовлено інтенсивним рухом транспортних засобів, складними умовами праці, впливом шуму, вібрацій, а також значним навантаженням на водіїв і обслуговуючий персонал. За даними наукових досліджень, значна частина аварійних ситуацій та виробничого травматизму виникає внаслідок людського фактора, зокрема втоми, неуважності, порушення режимів праці та відпочинку [1].

Одним із перспективних напрямів підвищення рівня безпеки праці є впровадження технологій штучного інтелекту. Сучасні системи на основі штучного інтелекту, зокрема машинного навчання, комп'ютерного зору та аналізу великих масивів даних, дозволяють автоматично виявляти потенційно небезпечні ситуації, прогнозувати ризики та формувати рекомендації щодо запобігання аваріям.

Штучний інтелект відкриває нові можливості для постійного та автоматизованого моніторингу умов праці на транспортних об'єктах, де традиційні методи контролю часто є недостатньо оперативними або залежать від людського фактора. На відміну від періодичних перевірок, ШІ-системи забезпечують безперервний аналіз виробничого середовища в режимі реального часу, що дозволяє своєчасно виявляти потенційно небезпечні ситуації та запобігати виробничому травматизму.

Основою таких рішень є обробка великих масивів даних, що надходять із камер відеоспостереження, датчиків середовища (температури, рівня шуму, вібрації, загазованості), телематичних систем транспортних засобів, а також носимих пристроїв працівників. Використовуючи алгоритми машинного навчання та комп'ютерного зору, ШІ здатний аналізувати поведінку водіїв і персоналу, фіксувати відхилення від нормативних вимог безпеки та формувати автоматичні попередження.

Одним із пріоритетних напрямів є моніторинг стану водіїв, де інтелектуальні системи вчасно фіксують ознаки втоми, сонливості або втрати концентрації. Це має критичне значення для вантажних і пасажирських перевезень, адже перевтома часто стає причиною ДТП. Згідно з міжнародними звітами, впровадження ШІ-рішень суттєво мінімізує ризики, спричинені людським фактором. Також технології відеоаналітики дозволяють контролювати безпеку персоналу безпосередньо на підприємствах, автоматично виявляючи відсутність засобів індивідуального захисту, перебування людей у небезпечних зонах або порушення під час обслуговування техніки.

Практичне впровадження штучного інтелекту у сфері безпеки праці на транспортних об'єктах уже сьогодні здійснюється через низку інтелектуальних систем, спрямованих на зменшення аварійності, виробничого травматизму та негативного впливу людського фактора. Ці системи відрізняються за функціональним призначенням, однак їх об'єднує здатність автоматично аналізувати дані, виявляти ризики та підтримувати прийняття управлінських рішень.

Одним із найбільш розвинених і поширених прикладів застосування ШІ у транспортній сфері є системи моніторингу стану водія. Такі системи базуються на

технологіях комп'ютерного зору та аналізі поведінкових і фізіологічних показників. Камери, встановлені в кабіні транспортного засобу, фіксують напрямок погляду, положення голови, частоту моргання, міміку обличчя та інші ознаки, що можуть свідчити про втому, сонливість або відволікання водія.

Ще одним важливим прикладом застосування ШІ є використання інтелектуальних сенсорних мереж і носимих пристроїв для моніторингу умов праці персоналу на транспортних підприємствах. Такі системи збирають дані про мікроклімат робочого середовища (температуру, вологість, рівень шуму, вібрації, загазованість), а також фізичний стан працівників. Носимі пристрої (смарт-браслети, датчики на спецодязі) можуть фіксувати підвищене навантаження, тривале перебування в небезпечних умовах або перевищення допустимих норм.

Використання штучного інтелекту в системах охорони праці на транспортних об'єктах має значний потенціал для підвищення рівня безпеки, однак одночасно супроводжується низкою обмежень, які необхідно враховувати при впровадженні таких технологій.

Однією з головних переваг застосування ШІ є можливість безперервного моніторингу умов праці та поведінки працівників у режимі реального часу. Водночас така постійна фіксація даних породжує етичні та правові ризики, пов'язані з конфіденційністю персональної інформації та приватністю працівників, що потребує чітких правил зберігання та використання даних.

Значною перевагою ШІ є його здатність аналізувати великі обсяги даних і прогнозувати потенційні ризики ще до виникнення аварійних ситуацій. Прогнозна аналітика дає змогу перейти від реактивного підходу до проактивного управління безпекою праці, що особливо важливо у транспортній сфері з високою ціною помилки. Проте точність таких прогнозів безпосередньо залежить від якості вихідних даних і коректності алгоритмів, а помилки в навчальних вибірках можуть призводити до хибних рішень або недооцінки ризиків [3].

Автоматизація процесів охорони праці є ще однією суттєвою перевагою використання ШІ. Інтелектуальні системи здатні зменшувати навантаження на фахівців з охорони праці, автоматично формувати звіти, виявляти порушення та надавати рекомендації. Однак надмірна залежність від автоматизованих рішень може знижувати роль людського контролю та професійної експертизи, що є критичним у складних або нестандартних ситуаціях.

Таким чином, використання штучного інтелекту для контролю безпеки праці на транспортних об'єктах є перспективним та актуальним напрямом розвитку систем охорони праці. Аналіз показує, що застосування інтелектуальних технологій дозволяє забезпечити безперервний моніторинг умов праці, своєчасно виявляти небезпечні ситуації, зменшувати вплив людського фактора та підвищувати рівень профілактики аварій і виробничого травматизму. Особливо важливим є використання ШІ для моніторингу стану водіїв і контролю дотримання вимог безпеки персоналом на території транспортних підприємств.

Список використаних джерел:

1. Kalla D. AI-Powered Driver Behavior Analysis and Accident Prevention Systems for Advanced Driver Assistance. *International Journal of Scientific Research and Modern Technology*. 2022. Vol. 1, Issue 12. P. 1–9.
2. International Labour Organization. Revolutionizing health and safety: The role of AI and digitalization at work : global report. Geneva : *International Labour Office*, 2024. 78 p. URL: <https://doi.org/10.54394/KNZE0733>
3. Zdravković S., Dobrić F., Injac Z., Lukić-Vujadinović V., Veličković M., Bursać Vranješ B., Marinković S. AI-Driven Safety Evaluation in Public Transport: A Case Study from Belgrade's Closed Transit Systems. *Sustainability*. 2025. Vol. 17. Article 8283.

Лапко К.А., аспірант спеціальності 263 Цивільна безпека

Науковий керівник: Яворська О.О., д.т.н., професор кафедри охорони праці та цивільної безпеки

(Національний технічний університет «Дніпровська політехніка» м. Дніпро, Україна)

УДОСКОНАЛЕННЯ ПРОЦЕСУ ОЦІНКИ ТА КЕРУВАННЯ РИЗИКАМИ ВТРАТ В ДИНАМІЧНОМУ СЕРЕДОВИЩІ

Удосконалення процесу керування ризиками втрат у інтегрованих системах управління організаціями з урахуванням вимог міжнародних серії стандартів: ISO 9001, ISO 14001, ISO 31001, ISO 45001, ISO 50001 може відбуватися за рахунок розподілу врахування небезпечних чинників, в тому числі через воєнний стан. Вони збільшують ймовірність настання небезпечної події – зростання до неприйнятних фінансових, матеріальних, екологічних, енергетичних та соціальних втрат. Розгляд моделі керування ризиками втрат розглядаються за декількома фазами: до настання небезпечної події і після її настання і після відновлення середовища організації – зниження до прийнятних рівнів ризику.

Розробка алгоритму керування динамічними ризиками [1], передбачає визначення всіх небезпечних чинників за трьома фазами [2]: до настання небезпечної події, після її настання та відновлення середовища організації. При цьому модель передбачатиме зв'язок небезпечних чинників внутрішнього та зовнішнього середовища організації пов'язаних з їх негативним впливом на зростання ймовірності настання небезпечної події та ступеня тяжкості з урахуванням зміни небезпечних чинників в часу [3]. Також передбачається визначити небезпечні чинники, які характерні не тільки для діяльності організації, а й спричинені бойовими діями, що збільшують ймовірність настання небезпечної події – невиконання своїх зобов'язань перед партнерами організацією, що призводить чи відновлює свою виробничу діяльність на прифронтових територіях.

Для вирішення задачі планується провести моніторингове дослідження по визначенню впливових груп небезпечних чинників, які збільшують ймовірність настання небезпечної події – виявлення суттєвих, які найбільше впливають на різні види втрат організації. Проведено аналіз таких груп небезпечних чинників: людські, технологічні, фінансові, соціальні, воєнні та моніторингове дослідження умов стабільного функціонування організації на прифронтових територіях задля виявлення рівня втрат щодо її підтримки та життєдіяльності. Важливим також є порівняння рівня збитків організації у довоєнний період та під час військових дій, що є наслідком впливу комплексу чинників, зокрема зі змінами у навколишньому середовищі.

Передбачено розподіл всіх визначених небезпечних чинників, між першою фазою (до настання небезпечної події), які впливають на діяльність організації і якість продукції, та другою фазою (після настання небезпечної події), що збільшують втрати організації і потребують визначення тяжкості наслідків, та третьої фази (після відновлення діяльності організації). Для визначення залишкових небезпек в організації передбачено розробку концепції для розрахунку величини ризиків втрат, виходячи із наслідків настання небезпечної події або за видом збитків із зоною відповідальності організації та адміністрацій; з урахуванням наслідків втрат через бойові дії, які потребують відновлюваних заходів з підтримки держави, а також зоною відповідальності підприємства, щодо впливу на стан втрати здоров'я працівника. В результаті встановлена ієрархія запобіжних та захисних заходів, за рахунок додавання інженерних івентів [4], які направлені на відновлення організації, що постраждала через бойові дії. Крім того, будуть розроблені матриці для оцінки величини ризику втрат, які

враховують класифікацію тяжкості наслідків від втрат, що виникли відразу після настання небезпечної події, після відновлення роботи підприємства. Запропоновано опис запобіжних дій зі зменшення тяжкості наслідків з урахуванням сфери відповідальності організації та адміністрації [5]. Будуть розроблені форми з оцінки динамічного ризику.

Для досягнення поставленої мети планується використати метод морфологічного аналізу, який заснований на підборі можливих рішень для окремих частин завдання на основі кількох морфологічних типових ознак важливих для розв'язуваної задачі, і складання всіх можливих поєднань небезпечних чинників та запобіжних заходів, які дозволять зменшити величину професійних ризиків. Для вдосконалення процесу керування професійними ризиками буде використана відома модель "Краватка-Метелик" (ISO 31010:2018) [6], яка дозволяє оцінити професійний ризик, як добуток ймовірності настання небезпечної події та тяжкості наслідків з урахуванням впливу небезпечних зовнішніх і внутрішніх чинників, небезпечних дій чи небезпечних бездій.

Список використаних джерел:

1. Цопа, В.А., Яворська, О.О., Брезіцька, М.С., Чеберячко, С.І., Дерюгін, О.В., Яворський, А.В. (2022). Аналіз моделей керування професійними ризиками за міжнародними стандартами. Проблеми охорони праці в Україні, 38(3-4), 16-24. DOI: 10.36804/nndipbor.38(3-4). 2022.16-24.
2. Цопа, В.А., Голінько, В.І., Чеберячко, Ю.І., Дерюгін, О.В., Архірей, М.М. (2022). Використання матриці Хеддона для оцінки ризику дорожньо-транспортної пригоди. Сучасні технології в машинобудуванні та транспорті, 2(19), 221-233. DOI: 10.36910/automash.v2i19.921.
3. Tsopa, V., Borodina, N., Cheberiachko, S., Deryugin, O., Hilpert, V., & Borovytskyi, O. (2022). Assessment of professional risks of the driver of a technological truck for forestry conditions. Journal of Scientific Papers "Social Development and Security", 12(5), 67-84. DOI:10.33445/sds.2022.12.5.7.
4. Tsopa, V.A., Cheberiachko, S.I., Yavorska, O.O., Deryugin, O.V. & Aleksieiev, A.A. (2022). Improvement of the safe work system. Naukovyi Visnyk Natsionalnoho Hirnychoho Universytetu, 6, 104-111. DOI: 10.33271/nvngu/2022-6/104.
5. Elaboration of an integral system of company management by developing corporate and safety culture Tsopa, V.A., Cheberiachko, S.I., Yavorska, O.O., Hilpert, V.V., Yavorskyi, A.V., *Naukovyi Visnyk Natsionalnoho Hirnychoho Universytetu* 2021, 2021(3), pp. 100–105
6. Tsopa, V.A., Cheberiachko, S.I., Yavorska, O.O., Deryugin, O.V. & Aleksieiev, A.A. (2022). Improvement of the safe work system. Naukovyi Visnyk Natsionalnoho Hirnychoho Universytetu, 6, 104-111. DOI: 10.33271/nvngu/2022-6/104.

Жир Є.С., аспірант спеціальності К10 Цивільна безпека

Науковий керівник: Радчук Д.І., к.т.н., доцент кафедри охорона праці та цивільна безпека

(Національний технічний університет «Дніпровська політехніка», м.Дніпро, Україна)

РОЗПІЗНАВАННЯ ПОЖЕЖІ ЗА ВТОРИННИМИ ОЗНАКАМИ ДЛЯ СИСТЕМ ВІДЕОСПОСТЕРЕЖЕННЯ

Ефективність систем протипожежного захисту безпосередньо залежить від швидкості виявлення осередку займання. Традиційні сенсорні системи, такі як димові датчики, часто демонструють обмежену чутливість у промислових приміщеннях з високими стелями [1]. Водночас сучасні рішення на основі комп'ютерного зору переважно орієнтовані на пряму візуалізацію полум'я [2]. Хоча такі системи здатні локалізувати вогонь швидше за класичні датчики, у реальних умовах пожежа часто виникає в зонах, прихованих від прямого огляду перешкодами. Ця проблема потребує вирішення розвитку методів розпізнавання пожежі за вторинними ознаками. Деякі дослідники пропонують вирішувати проблему «сліпих зон» за допомогою системи дзеркал, проте це ускладнює інфраструктуру об'єкта і робить рішення менш зручним [3].

Більш раціональним рішенням є використання вторинних ознак вогню для його локалізації поза зоною прямої видимості. Серед основних методів непрямого виявлення можна виділити наступні: детекція диму та аналіз відблисків, мерехтіння вогню.

Детекція задимлення є найпоширенішим підходом для розпізнавання вторинних ознак пожежі, оскільки дим часто з'являється до формування відкритого полум'я [4], з переваг можна відзначити:

- можливість виявлення пожежі на стадії раннього тління, до утворення відкритого вогню;
- використання стандартних методів на основі нейронних мереж для класифікації диму;
- інтегрується в наявні системи відеоспостереження без додаткових апаратних витрат.

Проте метод має і суттєві недоліки:

- зниження ефективності при розпізнаванні напівпрозорого чи світлого диму на ранніх етапах;
- зберігається необхідність прямої видимості - камера повинна безпосередньо фіксувати сам дим.

Метод виявлення за відблiscами ґрунтується на аналізі динаміки змін освітленості в приміщенні. Специфічні відблиски та зміна інтенсивності тіней на стінах дозволяють ідентифікувати осередок займання навіть тоді, коли сам вогонь знаходиться поза зоною прямої видимості. Переваги цього методу:

- дозволяє обійти ключове обмеження відеоаналітики та фіксувати вогонь, що знаходиться за перешкодою або поза полем зору камери;
- інтегрується в наявні системи відеоспостереження без додаткових апаратних витрат.

З недоліків варто відзначити наступне:

- головний виклик - висока ймовірність хибних спрацювань через стороннє мерехтіння, не пов'язане з пожежею (наприклад, відблиски екранів чи сонця);
- метод не працює на стадії раннього тління, оскільки для фіксації відблисків системі потрібне вже відкрите займання.

Створення гібридного рішення, що поєднує пряме розпізнавання вогню з аналізом вторинних ознак (диму та відблисків), суттєво підвищує загальну ефективність системи. Це дозволяє фіксувати пожежу ще на початкових етапах тління та значно розширює зону моніторингу приміщення без додаткових витрат на нове обладнання.

Список використаних джерел:

1. Image-Based Fire Detection in Industrial Environments with YOLOv4 / O. Zell et al. Proceedings of the 12th International Conference on Pattern Recognition Applications and Methods – ICPRAM. SciTePress, 2023. P. 379–386. DOI: 10.5220/0011689400003411.
2. Fire Detection with Deep Learning: A Comprehensive Review / R. N. Vasconcelos et al. Land. 2024. Vol. 13, no. 10. 1696. DOI: <https://doi.org/10.3390/land13101696>.
3. Mirror Target YOLO: An Improved YOLOv8 Method With Indirect Vision for Heritage Buildings Fire Detection / J. Liang, J. Cheng. IEEE Access. 2025. Vol. 13. P. 11195–11203. DOI: 10.1109/ACCESS.2025.3528046.
4. An Improved Fire and Smoke Detection Method Based on YOLOv8n for Smart Factories / Z. Zhang, L. Tan, T. L. K. Robert. Sensors. 2024. Vol. 24, no. 15. 4786. DOI: <https://doi.org/10.3390/s24154786>.

Штефан А.Ю., аспірант спеціальності 263 Цивільна безпека

Науковий керівник: Чеберячко С.І., д.т.н., професор кафедри охорони праці та цивільної безпеки

(Національний технічний університет «Дніпровська політехніка», м. Дніпро, Україна)

ВИКОРИСТАННЯ ПІДЗЕМНОГО РОЗМІЩЕННЯ, ЗОКРЕМА ІСНУЮЧИХ ГІРНИЧИХ ВИРОБОК, ДЛЯ КРИТИЧНО ВАЖЛИВИХ ВИРОБНИЦТВ

Виробничий потенціал України має глибокі історичні корені та сформувався на базі потужної індустріальної спадщини радянського періоду. Після розпаду СРСР Україна успадкувала розвинену промислову інфраструктуру, що включала підприємства важкої, машинобудівної, хімічної, металургійної, авіаційної, енергетичної та оборонної галузей. Зокрема, в Україні функціонували великі промислові центри — Київ, Дніпро, Харків, Запоріжжя, Кривий Ріг, Миколаїв, Донецьк, Луганськ, де зосереджувалося виробництво стратегічно важливої продукції для всього Союзу.

Для розміщення критично важливих виробництв у захищених або підземних просторах можуть розглядатися такі типи об'єктів, як законсервовані шахти, певні групи виробок (горизонтальні штреки, штольні або похилі виробки), які можуть бути придатними для зберігання обладнання, розміщення частини технологічних процесів, які не потребують великих приміщень, створення підземних лабораторій чи серверних кімнат, підземних логістичних вузлів, технічних приміщень, інженерних центрів.

Розміщення в них забезпечує природний захист від ударної хвилі та уламків, постійну температуру, можливість інженерного укріплення. Водночас треба враховувати потреби у геотехнічній та геомеханічній оцінці стану масиву, стабільність порід, їхню міцність, тріщинуватість, ризик обвалів. Також необхідно оцінити гідрогеологію та гідроізоляцію на предмет підтоплень, водоприпливів, водонебезпеки, дегазацію та вентиляцію, відсутність небезпечних газів, зокрема метан, радон, CO₂.

Також мають бути враховані аспекти доступу, логістики, комунікацій, зокрема можливість під'їзду вантажного транспорту, підведення електрики та інших мереж, можливість захисту та ізоляції виробництва.

У деяких регіонах є гірничі підприємства з розгалуженими підземними пустотами, зокрема вапнякові витяжні виробки, гіпсові підземні комплекси, штольні. Такі типи об'єктів мають великі площі, відносно сухі та стабільні породи, великі можливості для переобладнання. Окрім того на Одещині та Поділлі є довгі системи виробок у м'яких породах (ракушняк, вапняк), такі як катакомби та штольневі масиви. Для повноцінного використання необхідно провести стабілізацію масивів, протиобвальні заходи, забезпечити необхідні комунікації.

1 кілограм тротилу (TNT) вивільняє еквівалентну енергію $4,184 \times 10^6$ Джоулів або 4,184 Мегаджоулів (MJ). Глибина проникнення 152-мм бетонобійного снаряда в залізобетон при зустрічі по нормалі — до 0,75 м, 203-мм до 1,25 м [1]. Результати проведених слегових і льотних випробувань показали, що бойові частини здатні пробивати залізобетонної перешкоди, товщиною 7-7,5 м [2].

У російському вторгненні в Україну з 2022 року використовуються декілька типів засобів дистанційного ураження зі значною масою ВР. В умовах воєнного стану для безпечного розміщення критично важливих виробництв треба використовувати приміщення, що забезпечують захист від використання засобів дистанційного ураження зі значною масою вибухових речовин. На відстані 50-150 км від лінії бойового зіткнення треба припускати використання засобів дистанційного ураження із масою вибухових речовин до 3000 кг. На відстані більше 150 км - до 500 кг.

Спрощена формула для визначення необхідної товщини монолітного перекриття з армованого бетону від звичайної фугасної авіабомби вільного падіння, що містить заряд ВР близько половини своєї ваги (до 60%), що падає з великої висоти зі швидкістю в межах 300 м/с:

$$H_{з/б} = k_H * M^{1/3}, \text{ м (1)},$$

де: М — маса бомби, кг;

k_H — коефіцієнт матеріала: для бетонних покрівель складає від 0,25 до 0,35, краще значення 0,25 відноситься до залізобетону з противоскольним шаром [3].

Таким чином, на відстані 50-150км від лінії бойового зіткнення, за умови припущення використання засобів дистанційного ураження із масою вибухових речовин до 3000кг, товщина монолітного перекриття з армованого бетону має складати $0,35 * 3000^{1/3} = 5\text{м}$. Однак, якщо врахувати дані випробувань БЧ BLU-122/В, товщина монолітного перекриття з армованого бетону має перевищувати 7,5м.

Ядерна зброя малої потужності, що проникає в ґрунт (ПГЯЗ), здатна зруйнувати укріплені цілі, зариті на велику глибину. Однак ніяке ПГЯЗ не зможе заглибитися в залізобетон більше, ніж на вчетверо довжину снаряда - 12 метрів для снаряда довжиною 3 метри. Для руйнування структури, заритої на глибину 100м, знадобиться боеголовка з потужністю понад 3кт. Цей вибух утворить вирву радіусом близько 80м та глибиною 30м [4].

Вага 1м³ ґрунту сильно варіюється, але зазвичай становить від 1200 до 1800 кг (1.2 - 1.8 тонни), залежно від типу ґрунту (пісок, глина, чорнозем, суглинок).

При використанні ФАБ-500 виникає воронка діаметром до 9 метрів та глибиною до 3 метрів, ФАБ-1500 із 700кг ВР - воронка діаметром до 15 метрів та глибиною до 5 метрів. Такий самий ФАБ, що має 870кг вибухівки - воронка діаметром до 20–25 метрів та глибиною до 6 метрів в пухкому ґрунті.

Враховуючи вищенаведені дані, на відстані 50-150км від лінії бойового зіткнення, за умови припущення використання засобів дистанційного ураження із масою вибухових речовин до 3000кг, критично важливі виробництва треба розміщувати на глибині більше 8м. Якщо врахувати можливість використання ядерної зброї, критично важливі виробництва треба розміщувати на глибині більше 30м.

У цьому випадку об'єм ґрунту над 1 м² складе 30м³, при цьому вага ґрунту над 1 м² складе $30 \times 1800 = 54000\text{кг}$. Таким чином, заглиблена залізобетонна конструкція повинна витримати щонайменше 54000 кг/м², або 54 т/м². При цьому це мінімальне навантаження лише від власної ваги ґрунту. При реальному проектуванні треба додати коефіцієнт надійності (1,2–1,5), навантаження від водонасичення, динамічні та сейсмічні впливи, власну вагу конструкції. Таким чином, розрахункове навантаження може скласти 65–80 т/м².

Формула опору матеріалів для балки або плити, із коефіцієнтом надійності 1,4, шарнірно опертої на двох кінцях із пролітом між опорами $L=6\text{м}$, під рівномірною розподіленим навантаженням q :

$$M_{max} = \frac{qL^2}{8} \text{ (2).}$$

Розрахункове навантаження $q=54\text{т/м}^2 \times 1,4 \approx 75\text{т/м}^2 \approx 750\text{кН/м}^2$.

$$M_{max} = 750 \times 36/8 = 3375\text{кН} \cdot \text{м} \text{ (3).}$$

Несуча здатність залізобетонного перерізу:

$$M = 0,15 * f_{cd} * b * h^2 \text{ (4),}$$

де:

$$f_{cd} \approx 17\text{МПа (розрахунковий опір бетону);}$$

$$b = 1\text{м.}$$

Розв'язуємо відносно h :

$$h \approx \sqrt{\frac{M}{0,15 * f_{cd}}} \text{ (5).}$$

$$h \approx \sqrt{\frac{3,375 * 10^6}{0,15 * 17 * 10^6}} \approx \sqrt{1,32} \approx 1,15 \text{ м}$$

Таким чином, для розміщення критично важливих виробництв під землею товщина плити заглибленої на 30м має складати 1,1-1,2м, на відміну від 7,5м, розміщеної на поверхні.

Залізобетонні вироби, зокрема перемичка плитна ЗПП 27-71п станом на грудень 2025 року коштує 3540,00грн [5]. Цей виріб має вагу 568кг та об'єм 0,237м³. Таким чином, 1м³ залізобетонного виробу коштує 14937грн.

Облаштування 1м² монолітного перекриття з армованого бетону товщиною 7,5м буде коштувати 112025грн, облаштування 1м² монолітного перекриття з армованого бетону товщиною 1,2м буде коштувати 17924,4грн, на 94100,6грн (2250 дол. США) менше або у 6,25 рази. На площі 1000м² економія складе більше 2 млн дол. США.

Найбільш поширені підстанції (ПС) напругою 330 кВ займають площу від 4,5 до 12га [7]. Водночас, при використанні сучасних систем цей показник можна скоротити до 1,5га, або 150000м² [8]. У випадку підземного розташування можна передбачити декількарівневе розташування обладнання, зокрема трансформуючого та комунікаційного, зменшивши таким чином площу земельної ділянки. Однак необхідно обов'язково оцінити гідрогеологію ділянки, забезпечити гідроізоляцію площі задля запобігання підтоплень, водоприпливів, іншої водонебезпеки через критичну вразливість електричного обладнання, а також забезпечити охолодження та вентиляцію.

У випадку поверхневого розміщення ПС для захисту обладнання необхідно облаштування монолітного перекриття з армованого бетону товщиною 7,5м, яке буде коштувати 112025грн або 2600 дол. США за 1м², і навіть у випадку захищеного розміщення тільки найбільш вартісного та критично важливого трансформаційного обладнання, що дозволить скоротити захищені площі до 0,25га, або 25000м², витрати складуть 65 млн дол. США на одну ПС, що значно перевищує вартість будівництва нової ПС 330 кВ, яка складала 642 млн грн, або 22,5 млн дол. США у 2020 році [9]. При цьому для захисту найбільш поширених ПС напругою 330 кВ у кількості 88од треба буде витратити 5,7 млрд дол. США.

Водночас при підземному розміщенні ПС можна використати декількарівневе розміщення трансформаційного та комунікаційного обладнання, що дозволить скоротити захищені площі до 0,25га, або 25000м², витрати складуть 10 млн дол. США на одну ПС. При цьому для захисту обладнання найбільш поширених ПС напругою 330 кВ у кількості 88од необхідно буде витратити 0,88 млрд дол. США.

Зрозуміло, що варіанти із декількарівневим розміщенням обладнання будуть більш вигідними, але оцінка захисту має проводитись окремо для кожного з об'єктів.

Список використаних джерел:

1. Бетонобійний снаряд (б.д.). wikipedia.org. URL: uk.wikipedia.org/wiki/Бетонобійний_снаряд.
2. Проникаючі бойові частини (Penetrator warheads). URL: <https://forum.dcs.world/topic/150347-pronikajushhie-boevye-chasti-renetrator-warheads/>.
3. Дерев'янчук А.Й., Шелест М.Б. Артилерійське озброєння і боєприпаси. Навчальний посібник. – Суми: Вид-во СумДУ, 2010. – 415с.
4. Robert W. Nelson. Low-Yield Earth-Penetrating Nuclear Weapons. *Science and Global Security*, 2002, Volume 10, pp. 1 - 20. <https://scienceandglobalsecurity.org/ru/archive/sgrs10nelson.pdf>.
5. Прайс-лист на залізобетонні вироби. URL: https://www.rembud.rv.ua/files/price_zbv.pdf.
6. План розвитку системи передачі на 2020-2029 роки. // НЕК "Укренерго". – 2019. – С. 28–51.

7. Реконструкція ВРП 150, 35 кВ підстанції «Дніпро-Донбас» 330 кВ. Реконструкція ВРП 150 кВ і ЗРП 10 кВ підстанції «Криворізька» 330 кВ (б.д.). URL: <https://tep-soyuz.com.ua/uk/projects/raspredelenie-elektroenergii/rekonstrukcia-oru-150-35-kv-podstancii-dneprdonbass-330-kv-rekonstrukcia-oru-150-kv-i-zru-10-kv-podstancii-krivorozskaa-330-kv>.

8. Укренерго розпочинає будівництво унікальної ПС 330 кВ «Західна» поблизу Києва (09.03.2021). URL: <https://ua.energy/zagalni-novyny/ukrenergo-rozpochynaye-budivnytstvo-unikalnoyi-ps-330-kv-zahidna-poblyzu-kyyeva/>.

9. Нове будівництво ПС 330 кВ «Тилігул» з заходами ЛЕП 330 кВ для приєднання вітрової електростанції «ДТЕК Тилігульська вітроелектростанція» на території Березанського району, Миколаївської області інв. № новий 45300000-0 Будівельно-монтажні роботи (30.10.2020). URL: <https://www.dzo.com.ua/tenders/7730860/>.

УДК 331.5:355.01(477)

Штефан А.Ю., аспірант спеціальності 263 Цивільна безпека

Науковий керівник: Чеберячко С.І., д.т.н., професор кафедри охорони праці та цивільної безпеки

(Національний технічний університет «Дніпровська політехніка», м. Дніпро, Україна)

ЛІДЕРСТВО ПРАЦІВНИКІВ В СИСТЕМАХ УПРАВЛІННЯ ОХОРОНОЮ ЗДОРОВ'Я І БЕЗПЕКОЮ ПРАЦІ

В сучасних умовах системи управління охороною здоров'я і безпекою праці (ОЗіБП) характеризується переходом від технократичної моделі забезпечення безпеки до поведінково-орієнтованої парадигми. Прийняття міжнародного стандарту ISO 45001:2018 (в Україні — ДСТУ ISO 45001:2019) інституціоналізувало поняття лідерства та активної участі працівників як ключової умови результативності системи. Розділ 5 стандарту прямо покладає відповідальність за ефективність ОЗіБП на вище керівництво та вимагає створення умов для залучення персоналу до процесів управління ризиками.

Статистичний аналіз виробничого травматизму свідчить, що організаційні причини (невиконання вимог інструкцій, низька дисципліна, формальний підхід до ризиків) становлять значну частку інцидентів. Це підтверджує обмеженість підходів, що ґрунтуються виключно на інженерному контролі та адміністративному нагляді. Формування зрілої культури безпеки можливе лише за умов розвитку лідерства на всіх рівнях організаційної ієрархії від вищого керівництва до рядових робітників.

Саме кількісна методика оцінювання рівня лідерства в ОЗіБП дозволить перевести декларативні принципи культури безпеки у вимірювану та порівнювану площину.

Менеджмент і лідерство в ОЗіБП не є тотожними поняттями. Менеджмент забезпечує нормативну відповідність, функціонування процедур і контроль виконання вимог. Лідерство ж формує цінності, переконання та добровільну безпечну поведінку. Якщо менеджмент відповідає за «апаратну частину» системи, то лідерство — за її «культуру».

Еволюція культури безпеки добре ілюструється моделлю DuPont Bradley Curve, яка описує чотири стадії розвитку: реактивну, залежну, незалежну та взаємозалежну. Перехід до взаємозалежного рівня можливий лише за умови розподіленого лідерства, коли кожен працівник виступає активним носієм безпечних практик.

Таким чином, оцінювання лідерства має спиратися не на суб'єктивні враження або лише на показники травматизму (запізнювальні індикатори), а на систему випереджальних показників, що відображають поведінкові аспекти управління ризиками.

Індекс лідерства (ІЛ) визначається як зважена сума трьох компонентів:

З — залученість до виконання функцій системи управління ОЗіБП;

О — особиста результативність у стратегічних та операційних ініціативах;

А — рівень впливу на підлеглих / авторитет.

Формула має вигляд:

$$ІЛ = k_1 \cdot З + k_2 \cdot О + k_3 \cdot А,$$

де k_1 , k_2 , k_3 , — вагові коефіцієнти, які визначаються експертами для коригування компонентів між керівниками, фахівцями і працівниками.

Усі компоненти нормалізуються до 100-бальної шкали за формулою лінійної трансформації. При цьому результати ≥ 85 балів відповідають високому рівню лідерства, 70–84 — середньому, < 70 — потребує розвитку.

Рівні інтерпретації значень індексу лідерства (ІЛ) ґрунтуються на апробованих порогових значеннях, які широко застосовуються в міжнародній практиці оцінки зрілості культури безпеки та лідерства в охороні праці. Зокрема, у Caterpillar Safety Perception Survey (адаптація NOSACQ-50) та рекомендаціях Institution of Chemical Engineers (ICChemE).

Кількісна оцінка лідерства дозволяє здійснювати регулярний моніторинг поведінкових факторів, інтегрувати лідерські показники в систему KPI, підвищити прозорість та об'єктивність управлінських рішень.

Водночас існують ризики формалізації процесу. Використання ІЛ як інструменту покарання може призвести до маніпуляцій даними та зниження рівня довіри. Тому принципами впровадження ІЛ мають бути анонімність опитувань, орієнтація на розвиток, а не санкції, кореляція між випереджальними та запізнювальними показниками. Такий підхід забезпечує диференційовану оцінку відповідно до реального впливу суб'єкта на систему.

Запропонована методологія розрахунку ІЛ в ОЗіБП, яка представляє собою зважену суму трьох основних компонентів: залученість до виконання функцій системи управління ОЗіБП, особисту результативність у стратегічних/операційних ініціативах з ОЗіБП та рівень впливу на підлеглих / авторитет, що дозволяє організаціям перевести абстрактні концепції поведінкових чинників лідерства у вимірювану, оцифровану площину.

Вона може застосовуватися для регулярного моніторингу лідерських практик, оцінювання результативності керівників і фахівців, розвитку культури безпеки організації, підготовки до сертифікаційних аудитів.

Список використаних джерел:

1. Katz, L., Krueger, A. (2019). The Rise and Nature of Alternative Work Arrangements in the United States, 1995–2015. *Industrial and Labor Relations Review*, 72 (2), 382–416. DOI: <https://doi.org/10.1177/00197939188200>
2. Tsapin, A., Zholud, O. (2025). The Labor Market during the War in Ukraine. *Visnyk of the National Bank of Ukraine (Working Papers, 2025/04)*. <https://doi.org/10.26531/vnbn2025.wp04>
3. Gotlib J., Cieślak I., Wawrzuta D., Jaworski M., Theofanidis D, Wójcik G, Małkowski P. and Panczyk M. (2023). Challenges in Job Seeking and the Integration of Ukrainian War Refugee Healthcare Workers Into the Polish Healthcare System: Facebook Content Analysis. *Int J Public Health* 68:1606139. doi: 10.3389/ijph.2023.1606139
4. Lara Gautier, Erica Di Ruggiero, Nassera Touati. (2025). Champions du lien vers les services et de la réponse sensible aux besoins des personnes réfugiées, demandeuses d'asile et sans statut: le rôle central des intermédiaires de la première ligne issus du milieu communautaire, *Politique et Sociétés*, 10.7202/1119508ar, 44, 2, (129-152)
5. Klymenko, O., Lehominova, S., Goloborodko, A. (2022). Digitalization and Labor Market Transformation in Ukraine. *Risus-journal on innovation and sustainability*, 13 (1), 72–87. DOI: 10.23925/2179-3565.2022v13i1p72-85
6. Ринки праці та освітніх послуг в Україні в умовах воєнного стану [Електронний ресурс] / за ред. С. В. Мельника ; ДНУ «Інститут освітньої аналітики». Київ, 2024. 83 с.
7. Seleznova, V., Pinchuk, I., Feldman, I. et al. The battle for mental well-being in Ukraine: mental health crisis and economic aspects of mental health services in wartime. *Int J Ment Health System* 17, 28 (2023). <https://doi.org/10.1186/s13033-023-00598-3>
8. Vyshnovetska, S. V., Vyshnovetskyi, V. M., Dyban, M. P., Kmetyk, K. K. V., & Chernous, S. M. (2024). Transformation of the labor market under martial law: Ukrainian experience. *Intereulaweast*, 11(1), 201–236. <https://doi.org/10.22598/iele.2024.11.1.9>
9. Ganguli, I., & Waldinger, F. (2023). War and science in Ukraine (NBER Working Paper No. 31449). National Bureau of Economic Research. <https://doi.org/10.3386/w3144>

10. Statista Research Department. (2025). Number of Ukrainian refugees in selected countries worldwide as of 2025 [Data set]. Statista. <https://www.statista.com/statistics/1312584/ukrainian-refugees-by-country/>
11. ReliefWeb. (2025). Ukraine: Internal displacement report — General population survey round 21 (October 2025). <https://reliefweb.int/report/ukraine/ukraine-internal-displacement-report-general-population-survey-round-21-october-2025>
12. Chudzicka-Czupala, A., Grabowski, D., Czerw, A., Chiang, J. T. J., Paliga, E., Stasiła-Sieradzka, M., Jutrzak, M., & Rosen, B. (2025). Psychological resilience in trench warfare: Leveraging mental health frameworks for Ukrainian soldiers. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 28(10), 100066. <https://doi.org/10.1016/j.jsams.2025.100066>
13. Karatzias, T., Shevlin, M., Fyvie, C., Hyland, P., Efstathiou, A., & Cloitre, M. (2023). Six months into the war: A first-wave study of stress, anxiety, and depression among adults in Ukraine. *BMC Psychiatry*, 23(1), 341. <https://doi.org/10.1186/s12888-023-04828-0>
14. Pinchuk, I., Polyakova, O., Tomachevska, T., Bukhanovskaya, O., Bukhanovskyi, O., Kalenska, G., Kotomina, T., & Mysko, Y. (2023). The battle for mental well-being in Ukraine: Mental health crisis and economic aspects of mental health services in wartime. *International Journal of Mental Health Systems*, 17(1), 28. <https://doi.org/10.1186/s13033-023-00598-0>
15. Ganguli, I., & Waldinger, F. (2023). War and science in Ukraine (NBER Working Paper No. 31449). National Bureau of Economic Research. <https://doi.org/10.3386/w31449>
16. Nikolina, I. I., Makhnachova, N. M., & Kuzinska, V. A. (2024). Ukraine's policy on brain drain in the wartime and post-war periods. *Naukovyi Visnyk Natsionalnoho Hirnychoho Universytetu*, (4), 149–155. <https://doi.org/10.33271/nvngu/2024-4/149>
17. Nikolina, I. I., Makhnachova, N. M., & Kuzinska, V. A. (2024). Ukraine's policy on brain drain in the wartime and post-war periods. *Naukovyi Visnyk Natsionalnoho Hirnychoho Universytetu*, (4), 149–155. <https://doi.org/10.33271/nvngu/2024-4/149>
18. Tsybuliak, N., Lopatina, H., Shevchenko, L., Popova, A., & Suchikova, Y. (2024). Burnout and migration of Ukrainian university academic staff during the war. *SAGE Open*, 14(3). <https://doi.org/10.1177/21582440241279137>

Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка

Білоус Н.М., аспірант спеціальності 141 Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка

Науковий керівник: Сорокін Д.С., к.т.н., доцент кафедри електротехніки, електромеханіки та електротехнологій

(Національний університет біоресурсів і природокористування України, м. Київ, Україна)

ВИКЛИКИ ТА ПЕРСПЕКТИВИ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНИХ СИСТЕМ УПРАВЛІННЯ MICROGRID

Впровадження концепції MicroGrid є відповіддю на виклики децентралізації та екологізації енергетики. Мікромережа інтегрує локальні джерела та накопичувачі, працюючи як у мережевому, так і в автономному режимі. Стохастичність відновлювальних джерел енергії та мінливість навантаження ускладнюють керування, що зумовлює необхідність застосування інтелектуальних систем енергоменеджменту.

Ефективність розподілу ресурсів у сучасних мікромережах все частіше базується на методах машинного навчання. Якщо задачі короткострокового прогнозування попиту найкраще вирішуються за допомогою архітектур LSTM та GRU, то для роботи з нестабільною сонячною генерацією кращу результативність показують комбіновані моделі машинного навчання. Останні також є незамінними для детекції системних збоїв.

Що стосується безпосереднього управління, то тут лідирує підхід Model Predictive Control (модельно-прогнозне керування). Головна перевага MPC полягає в інтелектуальному врахуванні обмежень силового устаткування та стану накопичувачів разом із урахуванням динамічних вартісних параметрів енергоринку. Це дозволяє не просто згладжувати «піки» від ВДЕ, а й оптимізувати режими роботи системи з набагато вищою точністю, ніж це роблять традиційні регулятори.

Якісний стрибок у розв'язанні цих задач став можливим завдяки глибокому навчанню з підкріпленням (Reinforcement Learning). Серед розмаїття підходів найбільш перспективним виглядає алгоритм проксимальної оптимізації стратегії (Proximal Policy Optimization), який поєднує стабільність навчання та високу ефективність обчислень. Головна ідея таких RL-агентів у тому, що вони самостійно знаходять найкращі сценарії для зарядки чи розрядки акумуляторів, просто взаємодіючи з системою [1]. При цьому їм не потрібна детальна математична модель об'єкта, яку зазвичай так важко побудувати «з нуля». Результати моделювання підтверджують перевагу РРО-агентів над класичними контролерами на основі жорстких правил. Навчання з підкріпленням дозволяє системі динамічно підлаштовуватися під зміни в енергоспоживанні, підвищуючи загальну енергоефективність та зменшуючи витрати й викиди CO₂ на 9,2 % порівняно зі традиційними алгоритмами [2].

Попри значні технологічні перспективи, інтеграція інтелектуальних систем керування стикається з комплексом серйозних перешкод. Ключовим викликом стає забезпечення кібербезпеки та стійкості критичних об'єктів інфраструктури. Розширення мережі IoT-пристроїв, використання хмарних сервісів та збільшення кількості цифрових вузлів розширюють місця вразливості для кібератак, що створює ризики для стабільності всієї енергосистеми. Це вимагає розробки багаторівневих систем захисту, де криптографічні методи поєднуються з алгоритмами швидкої ідентифікації загроз.

Технологічний аспект проблеми тісно пов'язаний із якісними показниками електроенергії. Використання значної кількості силової електроніки спричиняє гармонійні спотворення та ускладнює підтримання стабільності напруги і частоти в ізолюваному режимі, що потребує високодинамічних систем накопичення та складних алгоритмів керування.

В умовах системних руйнувань об'єктів централізованої генерації та магістральних мереж внаслідок збройної агресії, розвиток децентралізованої енергетики на базі мікромереж набуває статусу стратегічного пріоритету для України. Впровадження таких архітектур дозволяє суттєво диверсифікувати енергетичні ризики, забезпечити локалізацію аварійних ситуацій та гарантувати автономність живлення критично важливих об'єктів — від медичних закладів до оборонної інфраструктури та територіальних громад.

На державному рівні вже закладено фундаментальний базис для трансформації енергосистеми. Зокрема, ухвалено Стратегію розвитку розподіленої генерації до 2035 року та Концепцію Smart Grid. Законодавчо закріплено поняття «мікромережа» і системи енергетичного менеджменту, адаптовано стандарти серії IEC TS 62898, що формує нормативне підґрунтя для їх проектування та експлуатації [3].

Розробка та впровадження вітчизняних інтелектуальних СЕМ відкриває можливості для предиктивної оптимізації енергоспоживання. Це дозволяє суб'єктам господарювання ефективно маневрувати навантаженням, враховуючи динаміки цін на ринку. Використання установок зберігання енергії у поєднанні з відновлюваними джерелами під управлінням сучасних алгоритмів максимізує економічну ефективність. Реальним підтвердженням ефективності таких підходів став проєкт «ОММ-Україна». На базі Інституту електродинаміки НАН України розгорнуто дослідний стенд, де робота СЕС координується за допомогою алгоритмів штучного інтелекту [4, 5]. Це забезпечує високоточне управління потоками енергії та гарантує безперебійне енергопостачання пріоритетних навантажень навіть за умови повного відключення від зовнішньої мережі.

Впровадження інтелектуальних архітектур керування MicroGrid створює технологічний фундамент для трансформації сучасної енергетики у стійку, автономну та екологічно безпечну інфраструктуру. Подальший вектор розвитку галузі вбачається у синергії фізично-детермінованих моделей (MPC) із самонавчальними алгоритмами глибокого навчання з підкріпленням (RL, зокрема PPO). Така інтеграція дозволяє створювати мультиагентні структури та використовувати «цифрові двійники» для прецизійного моделювання й оперативного реагування мережі в режимі реального часу.

Для України масштабування технологій інтелектуальних мікромереж є не просто технічним завданням, а критично важливим інструментом зміцнення енергетичної незалежності та національної безпеки. Розвиток таких систем у період повоєнного відновлення дозволить сформуванню гнучку та децентралізовану енергосистему, здатну ефективно протистояти зовнішнім викликам.

Список використаних джерел:

1. Garcia-Torres F., Zafra-Cabeza A., Silva C. et al. Model Predictive Control for Microgrid Functionalities: Review and Future Challenges. *Energies*. 2021. Vol. 14(5). 1296. P.26. URL: <https://www.mdpi.com/1996-1073/14/5/1296>
2. Moga, O.N., Florea, A., Solea, C., Vintan, M. Reinforcement Learning-Based Energy Management in Community Microgrids: A Comparative Study. *Sustainability* 2025, 17, 10696. P.21. DOI: <https://doi.org/10.3390/su172310696>
3. Національний стандарт України ДСТУ IEC TS 62898-1:2022. Мікромережі. Частина 1. Настанови щодо планування та специфікації проєктів (IEC TS 62898-1:2017, IDT). Київ: ДП «УкрНДНЦ», 2022.
4. Блінов І.В. Розвиток розподіленої енергетики в Україні з використанням технологій мікромереж (за матеріалами доповіді на засіданні Президії НАН України 5 березня 2025 р.). Вісник НАН України. 2025. № 5. С. 35-44. DOI: <https://doi.org/10.15407/visn2025.05.035>
5. Khai V. Emerging trends in microgrids technology and prospects for their implementation in Ukraine // *Computational Problems of Electrical Engineering*. 2024. Vol. 14, No. 1. P. 6-11. DOI: <https://doi.org/10.23939/jcpee2024.01.006>

Теліпський Д.А., аспірант спеціальності G3 Електрична інженерія¹

Науковий керівник: Рухлова Н.Ю., к.т.н., доцент кафедри електроенергетики¹,
доцент кафедри автоматизації, електро- та робототехнічних систем²

¹(Національний технічний університет «Дніпровська політехніка», м. Дніпро, Україна)

²(ТОВ «Технічний університет «МЕТІНВЕСТ ПОЛІТЕХНІКА», м. Запоріжжя, Україна)

СТРУКТУРИ ЕЛЕКТРИЧНИХ СХЕМ СОНЯЧНИХ ЕЛЕКТРОСТАНЦІЙ

Сучасні умови розвитку електроенергетичної галузі у світі все більше орієнтуються на використання відновлювальної енергетики, впровадження якої спрямовано на заміну теплової генерації та покращення екологічних аспектів навколишнього середовища. Міжнародне агентство з відновлюваної енергетики (IRENA) розробило прогноз впровадження відновлювальних джерел енергії (ВДЕ) до 2050 року та припускає, що сонячна енергетика відіграватиме ключову роль в реалізації «зеленого» переходу. Але швидке зростання встановленої потужності сонячних електростанцій (СЕС) створює технічні виклики при їх інтеграції до розподільних мереж: змінність генерації, коливання напруги/частоти, небажані струми гармонік, ризики щодо селективності захисту, підвищені втрати при нераціональній топології з'єднань [1].

Відсутність уніфікованої методики вибору структури електричної схеми СЕС призводить до збільшення технічних втрат, зниження надійності та надмірних витрат при капітальному будівництві. СЕС треба розглядати не лише як джерела генерації електричної енергії, а як активні елементи цифрової енергосистеми, що безпосередньо впливають на режими роботи електричних мереж [2]. На відміну від традиційних електростанцій, СЕС характеризуються децентралізованим розміщенням, стохастичним характером генерації та тісною залежністю від зовнішніх факторів, що зумовлює підвищені вимоги до систем керування, моніторингу та взаємодії з мережею [3]. Інтеграція значних обсягів сонячної генерації призводить до якісних змін у структурі електроенергетичних систем, а саме: відбувається зростання ролі розподільних мереж, зменшення інерційності енергосистеми, підвищення чутливості. А за таких умов СЕС стають повноцінними учасниками регулювання напруги та реактивної потужності [4].

У практиці проектування СЕС застосовуються три основні підходи до побудови електричних схем: централізований, децентралізований, гібридний [5].

Централізовані схеми характеризуються зосередженням великої кількості фотоелектричних модулів на одному або декількох потужних інверторах. Такий підхід спрощує систему керування, проте призводить до зростання довжин кабельних ліній змінного струму та підвищених втрат електроенергії. У цифровій енергосистемі це ускладнює локальне керування режимами та знижує гнучкість регулювання.

Децентралізовані схеми, навпаки, передбачають використання значної кількості інверторів меншої потужності, розміщених безпосередньо поблизу фотоелектричних полів. Це дозволяє зменшити втрати в кабельних мережах, підвищити точність цифрового керування та покращити адаптацію СЕС до умов слабких мереж. Саме цей підхід є найбільш перспективним у контексті цифрової електроенергетики.

Гібридні схеми поєднують елементи централізованих і децентралізованих рішень, що дає змогу досягти компромісу між вартістю, втратами та керуваністю.

У дослідженні такі схеми розглядаються як базові кандидати для формування раціональної структури електричних схем СЕС.

У ході аналізу таких схем визначено, що структура СЕС є одним із визначальних факторів, які впливають на: величину технічних втрат; рівень струмів короткого замикання; параметри якості електричної енергії; нормовану собівартість електроенергії і капітальні витрати. Порівняльний аналіз, найважливіші результати якого наведено в

таблиці 1, показав відсутність універсальної структури оптимальної для всіх умов. Тобто, раціональна структура повинна визначатися з урахуванням: конкретних мережеских умов, рельєфу місцевості, потужності короткого замикання в точці приєднання, вимог оператора системи розподілу.

Таблиця 1

Порівняльна таблиця варіантів структури електричної схеми СЕС

Показник	Централізована	Децентралізована	Гібридна
Технічні втрати	≈2.5–3.5%	≈2.0–3.0%	≈2.2–3.5%
ККД системи	≈95–97%	≈96–98%	≈95–97%
Капітальні витрати	Низькі (менше компонентів)	Вищі (більше інверторів, кабелів)	Найвищі (додатково ESS)
Експлуатаційні витрати	Низькі (центральне обслуговування)	Помірні (більше точок обслуговування)	Найвищі (обслуговування накопичувачів)
Надійність	Середня	Вища	Висока
Масштабованість	Обмежена	Висока	Висока
Вплив на якість напруги	Помірний	Кращий контроль	Середній
Складність схем комутації/захисту	Нижча	Вище	Найвища
Внесок у струми КЗ	Нижчий	Вищий кумулятивно	Додатковий внесок від накопичувачів
Ризики (ключові)	Єдина точка відмови	Координація і балансування	Вартість АКБ; температурний режим

Узагальнюючи результати, можна стверджувати, що сонячні електростанції в умовах цифрової енергосистеми виступають складними кіберфізичними об'єктами, ефективність яких визначається не лише характеристиками обладнання, а й раціональною структурою електричної схеми, а цифрові технології створюють інструментальну основу для комплексного аналізу та оптимізації СЕС.

Список використаних джерел:

1. Кириленко, О.В. (2016). Інтелектуальні електричні мережі: елементи і режими : монографія. Київ : Інститут електродинаміки НАН України. – 400 с.
2. Борисенко, А. В. (2020) Математичне моделювання електроенергетичних систем в ринкових умовах: монографія. Київ : «Три К». 340 с.
3. Серебренніков, С.В. (2012). Регулювання режимів електроспоживання у часі із застосуванням пріоритетно-крокового методу : монографія. Кременчук : КрНУ, 150 с.
4. Mohammad Shahidehpour, Hatim Yamin, Zuyi Li. (2002). Market Operations in Electric Power Systems. Forecasting, Scheduling, Risk Management : Wiley-IEEE Press publishing. 552 p.
5. Momoh J., Mili L. (2009). Economic Market Design and Planning for Electric Power Systems. *Institute of Electrical and Electronics Engineers* 3(5). p. 277 - 278. DOI: <https://doi.org/10.1002/9780470529164>

Морозов І.В., аспірант спеціальності 141 Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка

Науковий керівник: Колб А.А., к.т.н., доцент кафедри електротехніки

(Національний технічний університет «Дніпровська політехніка», м. Дніпро, Україна)

INNOVATIONS IN REACTIVE POWER COMPENSATION

With the digitalization of the energy sector, the growing share of distributed generation, and increasingly stringent power quality requirements, reactive power compensation technologies are becoming increasingly important. Traditional capacitor banks are giving way to intelligent and high-speed solutions based on power electronics and digital control systems. Reactive power is an integral component of the transmission and consumption of electricity in AC networks. Inductive or capacitive loads cause a phase shift between current and voltage, leading to increased losses, reduced network capacity, and deterioration in power quality.

The growing number of nonlinear loads (frequency converters, switched-mode power supplies, electric vehicles) and the development of distributed generation require new approaches to reactive power management. Modern compensation technologies are aimed not only at improving the power factor but also at comprehensive management of network parameters in real time.

Classic compensation methods

Classic methods include:

- static capacitor banks;
- synchronous compensators;
- Step-by-step automatic compensation systems.

Despite their relative simplicity and low cost, these solutions have a number of limitations:

- regulation inertia;
- sensitivity to harmonics;
- inability to quickly respond to dynamic load changes;
- limited digital integration capabilities.

These shortcomings have stimulated the development of new technological solutions.

Innovative Reactive Energy Compensation Technologies:

- **Static Var Compensators (SVC)** are systems based on thyristor-controlled reactors and capacitor banks. They provide smooth reactive power regulation by varying the thyristor firing angle.

Advantages:

1. high regulation speed;
2. operability in high-voltage networks;
3. improved power system stability.

SVCs are widely used in transmission lines and large industrial facilities.

- **STATCOM (Static Synchronous Compensator)** devices are an evolution of FACTS (Flexible AC Transmission Systems) technology.

Unlike SVCs, STATCOMs use voltage-sensing converters (VSCs), allowing for faster and more precise reactive power control.

The main advantages of STATCOMs are:

1. high dynamics (millisecond range);
2. stable operation at low voltages;
3. compact size compared to traditional solutions.

STATCOMs are actively being implemented in power systems with a high share of renewable energy sources, including the integration of wind and solar power plants.

• Active Harmonic Filters

Modern active filters not only compensate for reactive power but also suppress higher harmonics. They operate using digital controllers and IGBT power modules.

Innovative features:

1. adaptive control algorithms;
2. real-time digital signal processing;
3. Integration into industrial IoT systems.

The use of active filters allows for the simultaneous solution of compensation and power quality improvement.

- **Hybrid and intelligent systems.**

Hybrid solutions combining:

1. passive elements (capacitors);
2. active filters;
3. monitoring and predictive analytics systems are a promising area.

The use of machine learning algorithms allows for the prediction of load conditions and proactive adjustment of compensation levels. Integration with digital substations and SCADA systems ensures centralized control and diagnostics

The Role of Reactive Energy Compensation in the Smart Grid Concept

Within the "smart grid" concept, compensation systems are becoming an element of a distributed automated architecture.

Their functions are expanding:

- maintaining voltage stability;
- reducing transmission losses;
- increasing network throughput;
- ensuring resilience when connecting renewable energy sources.

Intelligent compensators interact with energy storage systems and distributed generation, creating a flexible and adaptive power system.

Economic and Environmental Effects

The implementation of innovative reactive power compensation technologies ensures:

- reduction of technical losses (up to 10-15%);
- reduction of penalties for low power factor;
- improved energy efficiency of enterprises;
- reduction of CO₂ emissions through optimization of generation operations.

Thus, reactive power compensation is becoming not only a technical but also a strategic objective for sustainable development.

Development Prospects

Key areas for further research:

- Application of wide-bandgap semiconductors (SiC, GaN);
- Development of distributed compensators at the microgrid level;
- Integration with energy storage systems.

In the future, compensation devices will not simply act as auxiliary elements, but as active participants in power system management.

Список використаних джерел:

1. В. С. Козлов І. І. Пересунько А. О. Антоненко: «Аспекти впровадження силових активних фільтрів на промислових об'єктах» - 2016 р.
2. IEEE Std 1459-2010. «Definitions for the Measurement of Electric Power Quantities under Sinusoidal, Nonsinusoidal, Balanced, or Unbalanced Conditions».
3. Kundur P., *Power System Stability and Control*. McGraw-Hill, 2020 p.
4. Pazynich, Y., Kolb, A., & Potempa, M., "Implementation of Energy Safety Policy in Ukraine by Means of Energy Saving in Electric Drive Systems", Advanced Engineering Forum, Vol. 25, pp. 96-105, 2017

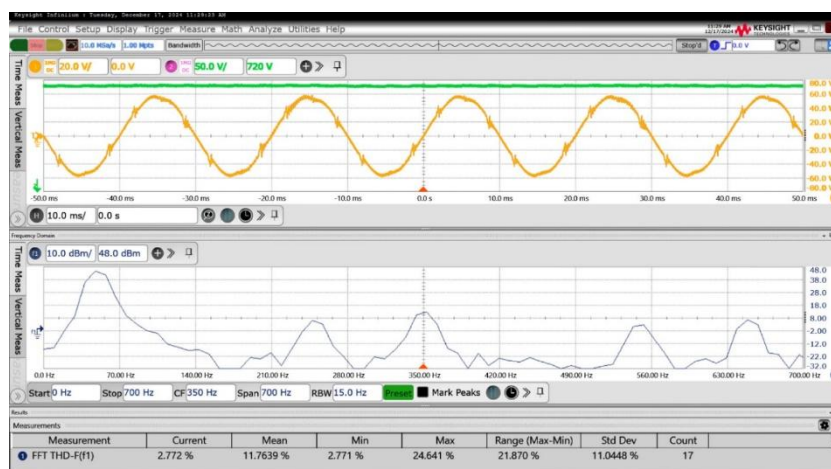
Starovoitov A.L., postgraduate student of the Department of Electrical Engineering, EEa-25-10

Scientific supervisor: Kolb A.A., PhD, Associate Professor of the Department of Electrical Engineering

(Dnipro University of Technology, Dnipro, Ukraine)

PROSPECTS OF DIGITAL GRID CONTROL SYSTEMS

Prospects of the development of digital electric power grids are associated with improving the reliability, efficiency, and quality of power. Ensuring high power quality is of particular importance, as modern equipment and electronic devices exhibit significant sensitivity to voltage deviations, harmonic distortions, and short-term interruptions.



(a)

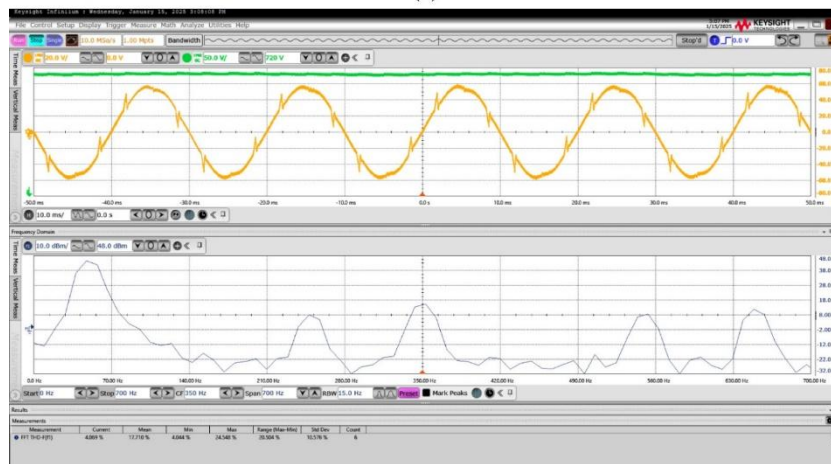


Figure 1. Phase A current in a) proposed method and b) IDA-PBC

Power filters are widely employed to address power quality issues. These devices are generally classified into three categories: active, passive, and hybrid filters. Passive filters operate at fixed parameter settings and do not provide adaptive control capabilities, in contrast to active power filters, which enable dynamic compensation and real-time regulation. Hybrid power filters combine passive and active filters to achieve a solution that uses the strength of both. Typically, they involve a large passive filter to handle a single, dominant harmonic, like the 5th. A smaller, lower-rated active filter is then used in conjunction to fine-tune the

compensation, dynamically removing the remaining harmonics and preventing any resonance issues.

Contemporary research largely converges on the conclusion that although conventional control strategies, such as proportional-integral-derivative (PID) controllers, the synchronous rotating reference frame (SRF) method, and hysteresis current control are effective for harmonic compensation under stable conditions, they are insufficient for operation in dynamic and nonlinear operation modes, which are typical of modern power systems with distributed generation. As the structural and operational complexity of electrical networks increases, more adaptive and flexible control strategies become required.

Numerous studies investigate neural network and machine learning approaches to improve the efficiency of active power filters and to mitigate harmonic distortions. The proposed methods integrate artificial neural networks with optimization algorithms, sliding mode control, fuzzy logic, and wavelet analysis. Such hybrid intelligent control frameworks enable a substantial reduction in total harmonic distortion (THD), improve dynamic response, and enhance system robustness under variable and nonlinear load conditions.

Overall, the aggregated results indicate that neural network-based and hybrid intelligent control methods ensure a substantial reduction of THD (to levels below 2%) and represent a promising direction for the advancement of digital power quality management systems.

References

1. Perez-Ramirez, Jhon & Montoya-Acevedo, Diego & Gil-Gonzalez, Walter & Montoya Giraldo, Oscar & Restrepo, Carlos. (2025). Shunt active power filter using model predictive control with stability guarantee. *e-Prime - Advances in Electrical Engineering, Electronics and Energy*. 12. 101029. 10.1016/j.prime.2025.101029.
2. Chahine, K. Machine Learning in Active Power Filters: Advantages, Limitations, and Future Directions. *AI* **2024**, 5, 2433-2460. <https://doi.org/10.3390/ai5040119>
3. Gülizar Gizem Tolun, Ömer Can Tolun, Kasım Zor. (2025) Advanced machine learning algorithms for reactive power forecasting in electric distribution systems, *e-Prime - Advances in Electrical Engineering, Electronics and Energy*, Volume 13, 101019, ISSN 2772-6711, <https://doi.org/10.1016/j.prime.2025.101019>.

Халаїмов Т.О., аспірант спеціальності G3 (141) «Електрична інженерія»
(Національний технічний університет «Дніпровська політехніка», м.Дніпро, Україна)

СУЧАСНІ НАПРЯМИ ДОСЛІДЖЕНЬ АКУМУЛЯТОРНИХ БАТАРЕЙ ЕЛЕКТРОМОБІЛІВ ТА ЇХ ЗНАЧЕННЯ ДЛЯ УКРАЇНИ

Станом на початок 2026 року акумуляторна тематика остаточно перейшла з рівня вузької матеріалознавчої проблеми в центр розвитку всієї електромобільності. За даними [1], у 2025 році глобальні реєстрації електромобілів досягли 20,7 млн одиниць, тобто зросли на 20% за рік. Водночас IEA [2] зафіксувало, що ще у 2024 році світові продажі перевищили 17 млн, частка електромобілів у продажах нових авто перевищила 20%, а глобальний парк досяг майже 58 млн машин. Для ЄС у 2025 році частка нових battery electric vehicle (BEV) вже становила 17,4% [3]. Український ринок також увійшов у фазу швидкого розширення: за підсумками 2025 року в країні було зареєстровано 110,2 тис. BEV. Отже, дослідження акумуляторних батарей (АКБ) сьогодні визначають уже не лише запас ходу окремого авто, а темпи розгортання всієї галузі, її вартість, безпеку та здатність працювати в нестабільному енергетичному середовищі.

Найбільш виразний сучасний тренд пов'язаний не просто зі збільшенням енергетичної щільності АКБ, а з переходом до інтелектуального керування батареєю в реальних режимах експлуатації. У статті [4] показано, що для великих тягових акумуляторних елементів уже не можна нехтувати локальними неоднорідностями: термічний градієнт лише 3 °C здатний прискорити деградацію до 300%. Звідси впливає зміщення акценту до багатоточкового моніторингу, фізично обґрунтованих моделей і поєднання physics-based та machine learning підходів у battery management system (BMS).

Другий потужний напрям окреслено в огляді [5]. Автори формалізують для автомобільного застосування цільову область extreme fast charging: енергетична щільність понад 250 Вт/кг, швидкість заряджання понад 2C і бажано понад 1000 циклів у режимах швидкого заряджання. При цьому найкращий наведений у статті результат становив 75% state of charge (SOC) за 12 хв для елемента 228 Вт/кг із ресурсом понад 2000 циклів, але за температури 60 °C. Це означає, що швидке заряджання вже впирається не тільки в хімію електродів, а й у допустимі теплові режими та алгоритми керування.

Не менш показовими є висновки сучасних оглядів із теплового менеджменту [6] де наведено чіткі інженерні орієнтири: рекомендований робочий діапазон температур для літій-іонних батарей становить 20–45 °C, а різниця температур між елементами пакета має бути меншою за 5 °C. Автори підкреслюють, що навіть температурна нерівномірність 5 °C може спричинити втрату 1,5–2% ємності пакета. У цьому ж огляді узагальнено результати, за якими режим extreme fast charging вже дозволяє досягати 80% заряду за 15 хв при втраті менш як 20% ємності після 500 циклів, а комбіноване керування охолоджувачем та холодоагентом здатне зменшити максимальний температурний розкид між елементами на 31,94%. Отже, теплова підсистема нині розглядається не як допоміжний вузол, а як один із головних чинників, що визначає допустиму швидкість заряджання, довговічність і пожежобезпечність батарейного пакета.

Для України в умовах війни, нерівномірного доступу до зарядної інфраструктури та повторюваних відключень електроенергії найбільш прикладними видаються три напрями. Перший це оцінювання SOC і state of health (SOH) за фрагментованими зарядними даними, тобто тоді, коли батарея рідко проходить повний цикл. У статті [7] базову модель навчено на 11 500 циклічних вибірках, а найкраща середньоквадратична похибка становила 0,012; у підході з використанням машинного навчання [8] коливання

похибки не перевищували 0,5% . Другий напрям це second-life використання тягових батарей. У сучасних оглядах показано, що після завершення служби в якості тягового двигуна для електромобілів такі батареї зазвичай зберігають 70–80% початкової ємності, а типовий строк їх першого життя становить 8–10 років. Вони придатні для систем microgrid [9], систем безперебійного живлення (UPS) та локальних накопичувачів.

Економічна доцільність, за наведеними в оглядах оцінками [10], зберігається тоді, коли вартість відпрацьованої батареї становить менш як 25% ціни нових елементів, а для не мережевих застосувань прийнятний коридор може сягати 34–54% вартості нової батареї; розрахункова цінність second-life систем у різних сценаріях оцінена в межах 23–273 дол./кВт-г.

Третій напрям це включення батарейних систем у децентралізовану архітектуру енергозабезпечення. ІЕА у звіті 2026 року про енергетичну стійкість прямо вказує, що український досвід демонструє стратегічну роль розподіленої генерації енергії, систем зберігання енергії та цифровізації мережевих технологій для підвищення стійкості системи. Саме тому для України найбільш актуальними є дослідження діагностики батарей за неповними циклами, безпечного швидкого заряджання за нестабільного електроживлення та повторного використання батарей у системах резервного й локального живлення критичної інфраструктури.

Список використаних джерел:

- [1] A. Parodi i A. Parodi, «Global EV sales growth likely to slow after 20% jump in rocky 2025, research firm says», *Reuters*, 14, Січень 2026. Дата звернення: 27, лютого 2026. [Online]. Доступний у: <https://www.reuters.com/sustainability/climate-energy/global-ev-sales-growth-likely-slow-after-20-jump-rocky-2025-research-firm-says-2026-01-14/>
- [2] «Executive summary – Global EV Outlook 2025 – Analysis», ІЕА. Дата звернення: 27, лютого 2026. [Online]. Доступний у: <https://www.iea.org/reports/global-ev-outlook-2025/executive-summary>
- [3] «New car registrations: +1.8% in 2025; battery-electric 17.4% market share», ACEA - European Automobile Manufacturers' Association. Дата звернення: 27, лютого 2026. [Online]. Доступний у: <https://www.acea.auto/pc-registrations/new-car-registrations-1-8-in-2025-battery-electric-17-4-market-share/>
- [4] «Battery management systems for vehicle electrification», *Commun Eng*, вип. 5, вип. 1, с. 16, Січ 2026, doi: 10.1038/s44172-025-00572-6.
- [5] Y.-X. Yao, L. Xu, C. Yan, i Q. Zhang, «Principles and trends in extreme fast charging lithium-ion batteries», *EES Batteries*, вип. 1, вип. 1, с. 9–22, 2025, doi: 10.1039/D4EB00011K.
- [6] «A Review of Lithium-Ion Battery Thermal Management Based on Liquid Cooling and Its Evaluation Method | MDPI». Дата звернення: 27, лютого. [Online]. Доступний у: <https://www.mdpi.com/1996-1073/18/17/4569>
- [7] Z. Zhang, X. Gu, Y. Zhu, T. Wang, Y. Gong, i Y. Shang, «Data-driven available capacity estimation of lithium-ion batteries based on fragmented charge capacity», *Commun Eng*, вип. 4, вип. 1, с. 32, Лют 2025, doi: 10.1038/s44172-025-00372-y.
- [8] A. R. E. Khatib, G. Hoblos, K. Languageh, i E. Duviella, «From First Life to Second Life: Advances and Research Gaps in Prognosis Techniques for Lithium-Ion Batteries», *Applied Sciences*, вип. 15, вип. 22, Лис 2025, doi: 10.3390/app152212171.
- [9] Z. Cao, N. V. Kurdkandi, i C. Mi, «Techno-Economic and Environmental Viability of Second-Life EV Batteries in Commercial Buildings: An Analysis Using Real-World Data», *Batteries*, вип. 11, вип. 11, Лис 2025, doi: 10.3390/batteries11110412.
- [10] H. Song, H. Chen, Y. Wang, i X.-E. Sun, «An Overview About Second-Life Battery Utilization for Energy Storage: Key Challenges and Solutions», *Energies*, вип. 17, вип. 23, Груд 2024, doi: 10.3390/en17236163.

Алексенко С.Д., аспірант спеціальності 141 Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка

Науковий керівник: Ципленков Д. В., к.т.н., доцент, к.т.н., доцент, професор кафедри електропривода¹, науковий співробітник²

¹(Національний технічний університет «Дніпровська політехніка», м. Дніпро, Україна)

²(Дніпропетровський науково-дослідний інститут судової експертизи, м. Дніпро, Україна)

МЕТЕОРОЛОГІЧНІ МОДЕЛІ ПРОГНОЗУВАННЯ ДЛЯ ПРЕДИКТИВНОЇ ОЦІНКИ ГЕНЕРАЦІЇ ФОТОЕЛЕКТРИЧНИХ СТАНЦІЙ

Інтеграція значної кількості фотоелектричних станцій (ФЕС) в електроенергетичні системи потребує надійного прогнозування потужності для забезпечення стабільності та балансу енергосистеми. Чисельні моделі прогнозування погоди (NWP) відіграють ключову роль у прогнозуванні сонячної генерації, особливо для горизонтів планування від кількох годин до доби. Точні добові прогнози є критично важливими для диспетчеризації навантажень, торгівлі на енергетичних ринках та управління перевантаженнями в мережі.

Сучасні системи чисельного прогнозування погоди (NWP) поділяються на глобальні та регіональні (месомасштабні) моделі. До глобальних відносяться ECMWF IFS (роздільність ~9 км), GFS (28 км) та ICON (13 км); до регіональних — WRF-Solar, AROME, ALADIN та ICON-EU (2–7 км).

Порівняльне дослідження Mayer та ін. (2023) встановило, що глобальна ECMWF HRES часто перевершує регіональну AROME у прогнозуванні глобальної горизонтальної радіації (GHI) для точкових локацій завдяки більш згладженому прогнозу. Проте при прогнозуванні сукупної генерації регіональних ФЕС ця перевага нівелюється завдяки ефекту просторового згладжування потужностей, і обидві моделі демонструють порівнянну ефективність. [1]

Ключовим параметром, що визначає якість NWP-прогнозу для задач ФЕС, є просторова роздільність моделі. Підвищення просторового розрізнення (наприклад, 1×1 км для WRF-Solar або 2.5 км для AROME) дозволяє моделям явно відтворювати глибоку конвекцію та краще вловлювати локальну мінливість сонячного ресурсу. Thaker, J. та ін. (2023) показали, що деталізована сітка 1x1 км загалом працює найкраще, демонструючи відносну середню абсолютну похибку (rMAE) 23.14% та середньоквадратичну (rRMSE) 35.69%. Для порівняння, сітка 3x3 км показала rMAE 24.51% і rRMSE 36.04%, а глобальна GFS — 25.75% і 37.32% відповідно. Модель із надвисокою роздільністю найефективніше виявляє себе в умовах повністю ясного або повністю похмурого неба, але при високій динаміці хмар стикається з проблемою “подвійного штрафу” (double penalty): просторовий зсув прогнозу хмарності призводить до значного зростання локальної похибки. У таких випадках грубіші домени (3×3 км) можуть згладжувати рух хмар і давати меншу інтегральну помилку. [2]

Також особливою властивістю NWP-моделей є систематичні похибки (зсуви), які безпосередньо впливають на розрахунок потужності ФЕС та потребують обов’язкової постобробки. Дослідження [3] виявило, що базова модель WRF схильна суттєво переоцінювати GHI: позитивний систематичний зсув для внутрішньоденного прогнозу сягає 49.7 Вт/м², а для наступного дня — 51.4 Вт/м². Натомість прогнози ECMWF часто характеризуються недостатньою дисперсією (underdispersion), не вловлюючи екстремально високі значення освітленості. Для мінімізації цих недоліків необхідне застосування методів постобробки: ефективним рішенням є фільтр Кальмана, який у

рекурсивному режимі коригує завищення моделі, зводячи систематичне зміщення практично до нуля та звужуючи інтервали невизначеності.

Дані NWP-моделей мають високу розмірність, нестационарність та багатомасштабні флуктуації, що зумовлює необхідність гібридизації з алгоритмами машинного навчання. Застосування виключно моделей глибокого навчання для прогнозування генерації ФЕС потребує значних масивів історичних даних (не менше 2–3 років), що створює суттєві обмеження для новозбудованих станцій. Натомість фізичні моделі не потребують тривалих вибірок, але мають обмежену здатність адаптуватися до складних нелінійних змін погоди. Для подолання цих обмежень розробляються гібридні архітектури, які інтегрують дані NWP, алгоритми машинного навчання та фізичні ланцюги перетворення, або використовують складну декомпозицію сигналів. Перші передбачають поєднання регресійних моделей із фізичним ланцюгом перетворення (Physical Model Chain): алгоритм XGBoost прогнозує GHI на основі NWP-даних, після чого результати проходять через каскад фізичних моделей сепарації, транспозиції та розрахунку температури модуля для конвертації освітленості в АС-потужність. Механізм «ковзного вікна» (sliding window) забезпечує динамічне перенавчання моделі, потребуючи лише одного тижня історичних даних для початкового налаштування. [4]

В свою чергу гібридні архітектури, які використовують складну декомпозицію сигналів застосовуються для боротьби з нестационарністю сигналу потужності ФЕС. У роботі [5] запропоновано розкласти вихідний сигнал методом EEMD на низькочастотні (тренд) та високочастотні (флуктуації) компоненти: перші обробляються алгоритмом XGBoost, що забезпечує ефективну нелінійну регресію метеорологічних факторів, а другі — нейромережею LSTM, яка вилучає часові залежності з хаотичних даних. Динамічне об'єднання результатів за допомогою алгоритму Snake Optimization дозволило знизити RMSE більш ніж на 60% порівняно з ізольованими моделями.

Перспективним напрямом інтеграції скоригованих NWP-даних та алгоритмів глибокого навчання є архітектура цифрового двійника (Digital Twin). [6] Традиційні статичні моделі страждають від зміщення розподілу даних (domain gap) при розгортанні на нових ФЕС з відмінними умовами експлуатації. Цифровий двійник вирішує цю проблему шляхом створення віртуальної симуляції, що безперервно синхронізується з фізичним об'єктом у реальному часі. Ядро такої системи формується з двох паралельних модулів: фізична модель на основі еквівалентної схеми з одним діодом відтворює внутрішній механізм роботи ФЕС з емпіричною корекцією систематичних відхилень, тоді як нейромережевий модуль CNN-BiLSTM вилучає приховані просторово-часові ознаки. Для вирішення проблеми адаптації до нових умов застосовується нейронна мережа адаптації домену (DANN) у поєднанні з архітектурою Transformer, де шар реверсування градієнта (GRL) формує доменно-інваріантні ознаки. Завдяки постійному двосторонньому обміну даними між фізичною ФЕС та її цифровою копією, параметри моделі в середовищі DT безперервно оновлюються, що дозволяє нівелювати різницю між доменами та підвищувати точність передбачень потужності до 40% порівняно з традиційними статичними алгоритмами. [7]

Список використаних джерел:

1. Mayer M. J., Yang D., Szintai B. Comparing global and regional downscaled NWP models for irradiance and photovoltaic power forecasting: ECMWF versus AROME // *Applied Energy*. 2023. T. 352. С. 121958.
2. Thaker J., Höller R. Evaluation of High Resolution WRF Solar // *Energies*. 2023. T. 16, № 8.
3. Liu Y. Solar GHI Ensemble Prediction Based on a Meteorological Model and Method Kalman Filter // *Advances in Meteorology*. 2022. T. 2022, № 1. С. 1523198.
4. Pongmasakke E. P., Liu J.-H., Sudiarto B. Day-Ahead Solar Power Forecasting Using a Hybrid Model Combining Regression and Physical Model Chain // *International Journal of Electrical, Computer, and Biomedical Engineering*. 2025. T. 3, № 1. С. 91–116.

5. Xu Y., Ji X., Zhu Z. A photovoltaic power forecasting method based on the LSTM-XGBoost-EEDA-SO model // Sci Rep. 2025. Т. 15, № 1. С. 30177.
6. Zhang X. и др. Digital Twin Empowered PV Power Prediction // Journal of Modern Power Systems and Clean Energy. 2024. Т. 12, № 5. С. 1472–1483.
7. Zhao X. A novel digital-twin approach based on transformer for photovoltaic power prediction // Sci Rep. 2024. Т. 14, № 1. С. 26661.

Knysh V.O., PhD student majoring in G3 “Electric Power Engineering, Electrical Engineering, and Electromechanics”

Scientific advisor: Beshta O.S., Doctor of Technical Sciences, Corresponding Member of the National Academy of Sciences of Ukraine, Professor of the Department of Electric Drive

(Dnipro University of Technology, Dnipro, Ukraine)

USE OF SWARM ROBOTIC PLATFORM TECHNOLOGY WITH THE AIM OF IMPROVING THE EFFICIENCY OF EMERGENCY RESPONSE SERVICES

Under martial law, there has been a sharp increase in the number of situations where the intervention of State Emergency Service rescuers is critically needed, but the presence of personnel is difficult or even impossible. The use of specially designed robotic systems in such cases would not only prevent the endangerment of SES personnel, but would also increase the speed of response and rescue and, accordingly, the chances of survival for people affected by the disaster.

As a result, this need has given rise to a specific category of robotic solutions: so-called “rescue robots.” The main requirements for rescue systems are reliability, speed, versatility, and ease of use, but in field conditions, it is not possible to meet all needs with a single robotic product. As a result, various research teams and institutes present their own designs, which, unfortunately, are severely limited in the number of possible scenarios for use.

The Spot [0] (Figure 1,a) robot from Boston Dynamics and the CENTAURO [2] (Figure 1,b) robot from the Italian Institute of Technology, thanks to their multifunctional kinematics, have high mobility and passability, which makes them ideal for search missions. The use of unmanned aerial vehicles in disaster situations makes it possible to collect enormous amounts of data for the optimal distribution of resources in times of crisis [3] (Figure 1,c). Colossus from France's Shark Robotics (Figure 1,d) has a reliable and durable design, can fight fires for up to 5 hours [4], and is even already being used in frontline regions of Ukraine [5]. However, all these machines perform a single task and are not combined into a multifaceted system to improve results and, accordingly, save more lives.

Swarm robotics is a new and rapidly developing field for solving complex interdisciplinary problems. In this architecture, there are master and subordinate robots. While one SES operator can remain at a safe distance, two or more mechanisms specially selected for a specific purpose will be at the scene. A small and maneuverable master platform, which serves as a communication center between the operator and subordinate robots, is suitable for any task. Subordinate robots can be selected for specific circumstances requiring intervention. These may include:

- Powerful robotic manipulators for tasks requiring appropriate tools and maneuverability. The ability to replace the manipulator's tool gives it an extremely wide range of uses.
- Mobile platforms that either work in tandem with a robotic arm to dismantle and sort debris, or can transport a person to a safer location.
- UAVs for search missions or for gathering and assessing information on the overall state of the crisis. UAVs can also serve as repeaters [9] to extend the operating radius of the robot group if, due to certain circumstances, the emergency site is located at a considerable distance from the operator.

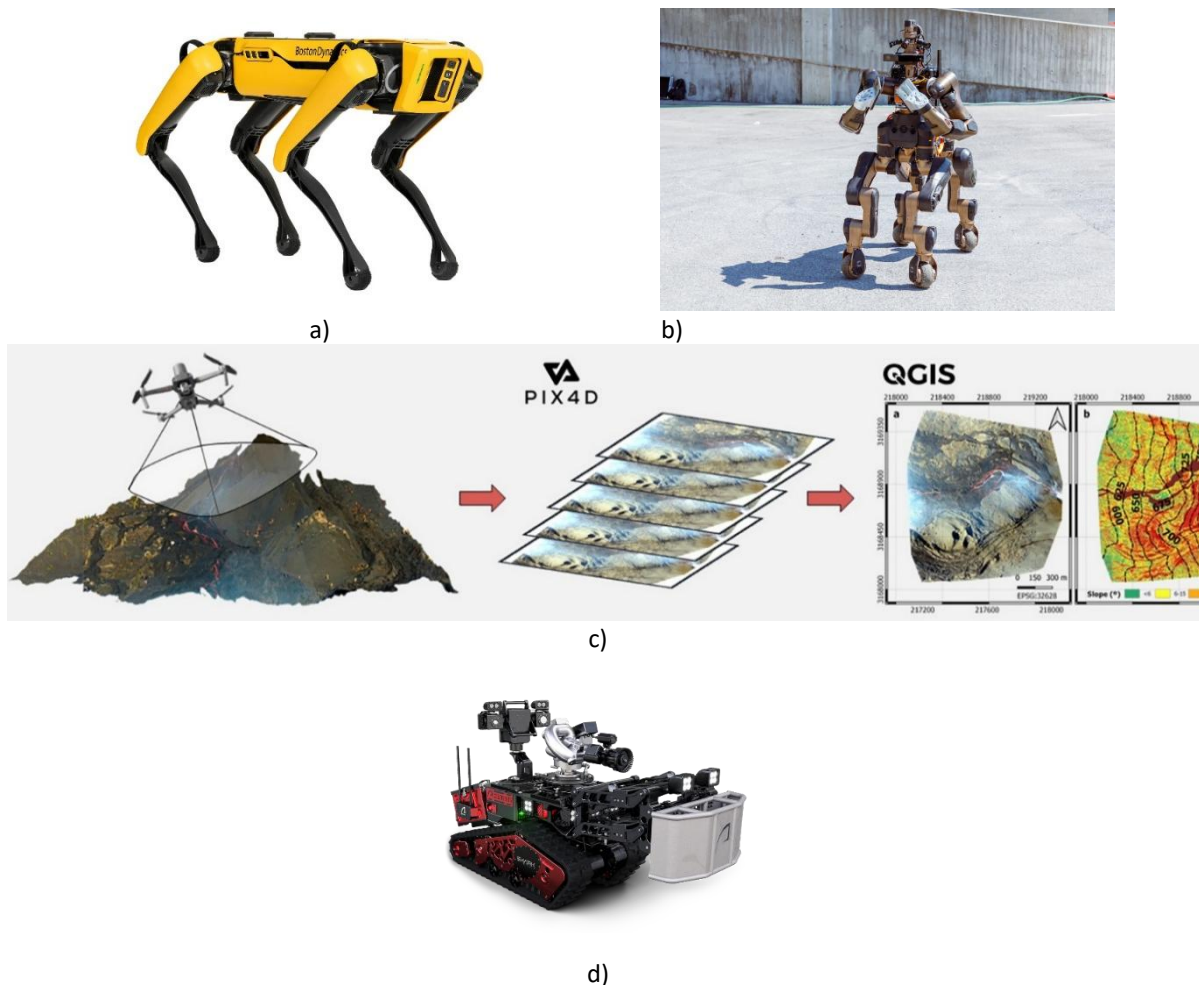


Figure 1 – Appearance of the above-mentioned “Rescue Robots”

a) Spot from Boston Dynamics [6]; b) CENTAURO from IIT [7]; c) example of using UAVs to counter natural disasters [3]; d) Colossus from Shark Robotics [8].

Each robot can be equipped with a camera so that the operator has as much information as possible and necessary for the situation. Each robot in the swarm also has automatic operation algorithms and the ability to be controlled manually for personal intervention if the situation requires it.

Such a comprehensive and universal solution will improve response times and help save the lives of those caught in an emergency.

References:

1. Kirsch, Maximillian, et al. "GOLOG++ Hits the (Right) Spot: Interfacing Golog with a Quadruped Rescue Robot for High-Level Missions." ICAART (3). 2024.
2. N. Kashiri et al., "CENTAURO: A Hybrid Locomotion and High Power Resilient Manipulation Platform," in IEEE Robotics and Automation Letters, vol. 4, no. 2, pp. 1595-1602, April 2019, doi: 10.1109/LRA.2019.2896758.
3. Román, A. Tovar-Sánchez, D. Roque-Atienza, I.E. Huertas, I. Caballero, E. Fraile-Nuez, G. Navarro, Unmanned aerial vehicles (UAVs) as a tool for hazard assessment: The 2021 eruption of Cumbre Vieja volcano, La Palma Island (Spain), Science of The Total Environment, Volume 843, 2022, 157092, ISSN 0048-9697, <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2022.157092>.
4. Lowrance, Christopher J., and Adrian P. Lauf. "Link estimation in robot networks for multi-radio control and range extension." Journal of Intelligent & Robotic Systems 85.2 (2017): 245-275.

5. State Emergency Service. Ukrainian rescuers will receive 40 Colossus robotic firefighting systems. URL: <https://dsns.gov.ua/news/ostanni-novini/ukrayinski-riatuvalniki-otrimaiut-40-robotizovanix-pozeznix-kompleksiv-colossus> (date of reference 02.03.2026)
6. Boston Dynamics Expands Global Sales of Spot® Robot. URL: <https://bostondynamics.com/news/boston-dynamics-expands-global-sales-of-spot-robot/>
7. Centauro: A New Disaster Response Robot From IIT. URL: <https://spectrum.ieee.org/centauro-a-new-disaster-response-robot-from-iit> (date of reference 02.03.2026)
8. Shark Robotics. Colossus. Heavy firefighting robot. URL: <https://www.shark-robotics.com/colossus-firefighting-robot/> (date of reference 02.03.2026)
9. Iqbal, M., Ngan, K., Viernes, G., Khanolkar, S., Mendat, D., & Shames, Y. Mobile Repeater.

Plahunov O.M., PhD student majoring in G3 “Electric Power Engineering, Electrical Engineering, and Electromechanics”

Scientific advisor: Beshta O.O., PhD

(Dnipro University of Technology, Dnipro, Ukraine)

APPLICATION AND DEVELOPMENT TRENDS OF MECANUM WHEELS

Mecanum wheels are one of the most effective technical solutions for creating mobile robotic platforms with omnidirectional (omnidirectional) kinematics of movement. This type of wheel was proposed by B. Ilon in 1975 and is based on the use of rollers located at a certain angle (45°) to the wheel axis. This design allows the formation of a force vector that enables the mobile platform to move in any direction without changing the orientation of the body. [1]

The high maneuverability of such systems has led to their widespread use in various fields. One of the most common areas of application is industrial logistics, where mobile robots perform cargo transportation functions in warehouses and production sites. [2] The use of omnidirectional drive allows such platforms to operate effectively in narrow passages and confined spaces, which significantly increases the efficiency of internal logistics of enterprises.

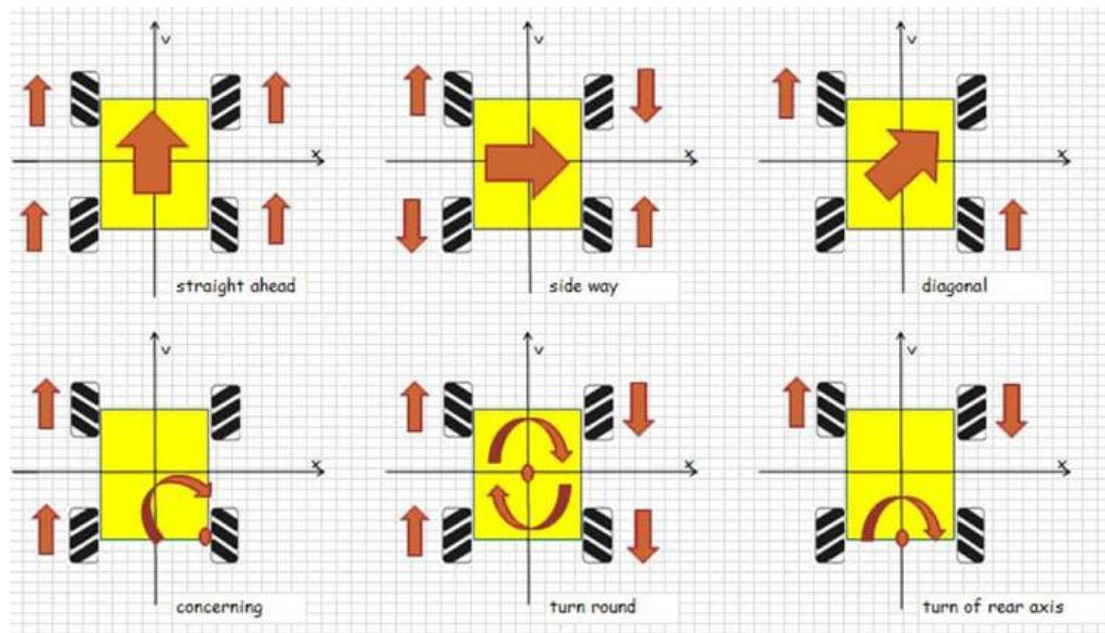


Figure 2 Principle of operation of the platform with Mecanum wheels

In addition to industrial applications, Mecanum wheels are used in military and research robotic systems. Thanks to their high maneuverability, such platforms can be used to perform inspection and reconnaissance tasks in hazardous environments where human presence is undesirable or impossible. [3]

Medical robotics is another important area of application for omnidirectional platforms. In particular, the use of Mecanum wheels in the design of electric wheelchairs significantly improves their maneuverability in confined spaces. Such systems can easily move in narrow corridors or perform precise positioning, which increases the level of autonomy and comfort of users when moving around. [4]

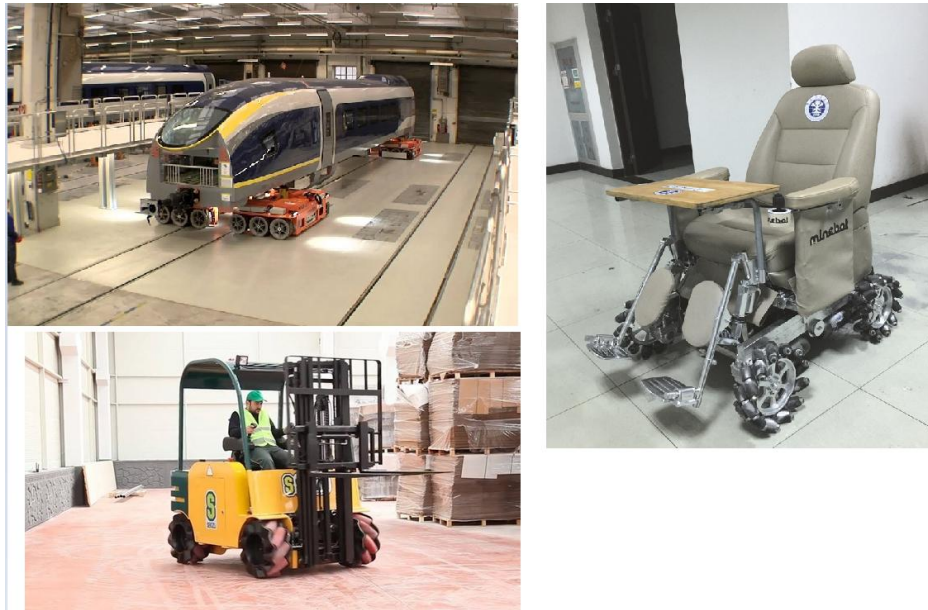


Figure 3 Examples of applications for platforms based on Mecanum wheels

However, despite its significant advantages, the use of Mecanum wheels has certain technical limitations. The main disadvantages include increased sensitivity to surface irregularities, energy loss due to roller slippage, and reduced accuracy in determining platform movement [5]. In this regard, current research is aimed at improving the design of such wheels, in particular by optimizing the geometry of the rollers, applying roller locking mechanisms, or using modified designs to improve the passability of mobile robots [6].

The analysis showed that Mecanum wheels are an effective solution for ensuring omnidirectional mobility of robotic platforms. Their design features allow movement in any direction without changing the orientation of the platform, which significantly increases the maneuverability of mobile robots, especially in confined spaces.

At the same time, analysis of scientific sources shows that, along with the significant advantages of using such wheels, there are certain limitations, in particular, reduced traction efficiency, sensitivity to unevenness of the supporting surface, and possible slippage during movement. In this regard, research aimed at improving the design of Mecanum wheels and increasing their effectiveness in mobile robotic systems remains relevant.

List of references:

1. 1. Ilon Bengt Erland, "Rad Fuer Ein Laufstabiles, Selbstfahrendes Fahrzeug", issued 1974-05-16 URL:
<https://worldwide.espacenet.com/patent/search/family/023182799/publication/DE2354404A1?q=pn%3DDE2354404>
2. Planetary Rovers with Mecanum Wheels URL:
https://www.researchgate.net/publication/312216744_Planetary_Rovers_with_Mecanum_Wheels
3. PRACTICAL APPLICATIONS FOR MOBILE ROBOTS BASED ON MECANUM WHEELS - A SYSTEMATIC SURVEY URL:
https://www.researchgate.net/publication/233867057_Practical_applications_for_mobile_robots_based_on_Mecanum_wheels_-_a_systematic_survey
4. Hoyer, H., Borgolte, U., Jochheim, A., "The OMNI-Wheelchair - State of the art," in Center on Disabilities, Technology and Persons with Disabilities Conference, Northridge, CA, 1999.

5. Diegel, O., Badve, A., Bright, G., Potgieter, J., Tlale, S., „Improved Mecanum Wheel Design for Omni-directional Robots”, Proc. Australasian Conference on Robotics and Automation, Auckland, November 27-29, pp. 117-121, 2002.
6. Ramirez-Serrano, A., Kuzyk, R., „Modified Mecanum Wheels for Traversing Rough Terrain”, 6 th International Conference on Autonomic and Autonomous Systems, IEEE Computer Society, 2010, doi: 10.1109/ICAS.2010.35

Замкова О.А., аспірант спеціальності 141 Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка

(Національний технічний університет «Дніпровська політехніка», м. Дніпро, Україна)

ЕНЕРГЕТИЧНА ТРАНСФОРМАЦІЯ ВУГЛЕДОБУВНИХ ГРОМАД

Напрямок який є потенційно актуальним для країни та шахтарських регіонів – це використання територій колишніх шахт і промислових майданчиків для розміщення об'єктів відновлюваної енергетики. Такими об'єктами можуть бути:

- сонячні електростанції на рекультивованих шахтних територіях;
- вітрові електростанції на відвалах і промислових зонах;
- біоенергетичні комплекси.

Для України питання трансформації шахтарських регіонів є особливо актуальним, оскільки значна частина промислових територій залежить від вугільної енергетики. Реалізація програм низьковуглецевого розвитку дозволить скоротити викиди парникових газів, модернізувати енергетичну систему, підвищити енергетичну безпеку та забезпечити довгостроковий економічний розвиток регіонів.

Однією з проблем, що супроводжує процес видобутку вугілля в Україні, є утворення породних відвалів. Вони займають значні території та містять у своєму складі горючі компоненти, здатні виділяти леткі горючі сполуки. Це часто стає причиною самозаймання, пожеж і навіть вибухів на териконах. Одним із напрямів раціонального поводження з такими відвалами є їх ефективне охолодження із застосуванням теплонасосних установок, що передбачає використання шахтних териконів як джерела геотермальної енергії [1].

Додатковим шляхом підвищення енергетичної ефективності шахтних комплексів є утилізація низькопотенційного тепла шахтних вод та відпрацьованого вентиляційного повітря. Сучасні світові технології дозволяють відбирати та використовувати теплову енергію цих джерел для забезпечення власних потреб підземної та наземної інфраструктури шахт, а також для покриття комунально-побутових потреб населення прилеглих шахтарських поселень [1].

Використання сільськогосподарських відходів та залишків агрокультур (соломи, стебел, лушпиння, кукурудзяних качанів тощо) розглядається як один із перспективних напрямів розвитку біоенергетики та зменшення вуглецевого сліду аграрного сектору. Проте ефективність такого використання повинна поєднуватися із збереженням родючості ґрунтів, оскільки рослинні рештки відіграють важливу роль у підтриманні гумусного балансу, структури ґрунту та біологічної активності.

Сільськогосподарські відходи можуть використовуватися в кількох енергетичних та технологічних напрямках, таких як: виробництво теплової та електричної енергії, біогазові установки, виробництво біопалива другого покоління, виробництво біоматеріалів.

Повне вилучення рослинних решток може призвести до деградації ґрунтів, зниження врожайності та втрати органічного вуглецю.

За результатами агрономічних та екологічних досліджень, для збереження родючості ґрунтів рекомендується залишати значну частину рослинних залишків на полі, а саме:

- 30-50 % рослинних решток повинні залишатися на полі для підтримання гумусного балансу;
- 50-70 % може бути потенційно використано для енергетичних потреб за умови достатнього внесення органічних або мінеральних добрив;

- на ґрунтах із високим ризиком ерозії частка залишків, що залишаються, може становити 60-70 %.

Для окремих культур показники можуть дещо відрізнятися. У табл. 1 представлено енергетичний потенціал переробки залишків найпоширеніших сільськогосподарських культур.

Таблиця 1 – Енергетичний потенціал переробки залишків сільгоспвиробництва

Культура	Частка для енергетичного використання, %	Валовий збір зернових культур, млн.т	Доступний обсяг соломи, тис.т	Енергетичний потенціал, ГВт·год
Пшениця	50–60 %	2,1 – 2,5	800	3 200
Кукурудза	40–50 %	1,2 – 1,4	600	2 400
Соняшник	40 %	0,8 – 1,2	350	1 400
Ячмінь	50–60 %	0,4 – 0,6	150	600
УСЬОГО		4,5 – 5,7	1 900	7 600

Використання аграрних відходів може відігравати важливу роль у декарбонізації енергетики та розвитку циркулярної економіки. Біоенергетика дозволяє зменшити залежність від викопного палива, скоротити викиди парникових газів, створити додаткові джерела доходу для аграрного сектору, забезпечити локальні джерела енергії для громад, в яких переважає сільськогосподарське виробництво.

Для України, яка має значний аграрний потенціал, використання біомаси сільськогосподарських залишків може стати одним із ключових напрямів розвитку відновлюваної енергетики та підтримки низьковуглецевої трансформації регіонів.

За оцінками експертів біоенергетичного сектору, економічно доступний потенціал аграрних відходів в Україні становить близько 11 млн т нафтового еквівалента (млн. т н.е.) на рік [2].

Щорічно в Україні утворюється близько 111 млн т рослинних залишків, з яких 73 млн т технічно доступних, 41 млн т економічно доцільних для енергетики [3].

Дніпропетровська область – один із великих аграрних регіонів України. Її частка у виробництві зернових і технічних культур становить приблизно 6–7 % від загальноукраїнського виробництва що створює передумови до розвитку маневрових біоенергетичних установок для забезпечення стійкої роботи енергосистеми регіону.

Висновок: комплексне поєднання технологій утилізації низькопотенційного тепла, рекультиватії промислово змінених територій з будівництвом об'єктів вітрової та сонячної енергетики, а також створення прогнозованої маневрової генерації на біопаливі, отриманому з відходів рослинництва, відповідає Енергетичній стратегії України до 2035 року, сприяє створенню нових робочих місць, відновленню поверхневої екосистеми та має стати ключовим напрямком справедливої трансформації вугледобувних територій.

Список використаних джерел

1. Д.С. Малашкевич, Є.С. Козій, А.А. Макурін, Є.В. Кошеленко. Комплексне використання ресурсного потенціалу вугледобувних підприємств Західного Донбасу: монографія /Д.С. Малашкевич, Є.С. Козій, А.А. Макурін, Є.В. Кошеленко; М-во освіти і науки України, Нац. техн. ун-т «Дніпровська політехніка». – Дніпро: Журфонд, 2021. – 219 с. ISBN 978-966-934-330-7.

2. Uliana Pysmenna, Sviatoslav Petrovets, Iryna Sotnyk, Tetiana Kurbatova, Development of energy cooperatives in Ukraine: scale, energy mix and business models, Energy Reports, Volume 15, 2026, 108965, ISSN 2352-4847 DOI: <https://doi.org/10.1016/j.egy.2025.108965>.

3. Reviewed data on energy potential of agrobiomass in Ukraine. Published 21/12/2020. Режим доступу: <https://saf.org.ua/en/news/1121/>

Чайка Д.А., аспірант спеціальності 141 Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка

Кошеленко Є.В. к.т.н, доцент кафедри електроенергетики

(Національний технічний університет "Дніпровська політехніка", м. Дніпро, Україна)

ІНСТРУМЕНТИ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ ДЛЯ ПРОГНОЗУВАННЯ РЕЖИМІВ ГЕНЕРАЦІЇ ЕЛЕКТРИЧНОЇ ЕНЕРГІЇ

Сучасні електроенергетичні системи функціонують в умовах зростання частки відновлюваних джерел енергії, варіативності навантаження та необхідності забезпечення балансу потужності в реальному часі. У таких умовах прогнозування режимів генерації електричної енергії стає критично важливим елементом оперативно-диспетчерського управління. Застосування інструментів штучного інтелекту дозволяє перейти від класичних статистичних підходів до високоточних адаптивних моделей, здатних враховувати нелінійні, багатофакторні та стохастичні залежності, характерні для сучасних енергосистем[1].

Основу інтелектуального прогнозування становлять методи машинного навчання (Machine Learning), які реалізують побудову регресійних моделей на основі історичних даних. У задачах прогнозування режимів генерації застосовується кероване навчання (supervised learning), де вхідними параметрами виступають метеорологічні показники (температура, швидкість вітру, інсоляція, атмосферний тиск), часові характеристики, технічні параметри обладнання (номінальна потужність, коефіцієнт готовності), а вихідною змінною є фактична потужність генерації. Алгоритми лінійної та нелінійної регресії, метод опорних векторів, дерева рішень та ансамблеві методи формують функціональну залежність між набором факторів і прогнозованим значенням потужності. Таким чином, модель здатна обчислювати очікуваний режим генерації на заданий часовий інтервал, мінімізуючи похибку прогнозу.

Особливу ефективність у прогнозуванні часових рядів демонструють штучні нейронні мережі, зокрема багатошарові перцептрони. Вони моделюють складні нелінійні залежності між вхідними параметрами та обсягом виробництва електроенергії. Нейронна мережа складається з вхідного шару (параметри середовища та стану системи), одного або кількох прихованих шарів (що здійснюють нелінійне перетворення сигналу) та вихідного шару (прогноз потужності). Під час навчання відбувається корекція вагових коефіцієнтів методом зворотного поширення помилки, що дозволяє мінімізувати функцію втрат і підвищити точність прогнозу. Завдяки цьому штучні нейронні мережі забезпечують адекватне відтворення реальних режимів генерації навіть за значної мінливості зовнішніх факторів.

Для прогнозування генерації з відновлюваних джерел енергії, де визначальним є часовий характер змін (наприклад, коливання швидкості вітру чи сонячної радіації), застосовуються рекурентні нейронні мережі (Recurrent Neural Networks, RNN), зокрема архітектури LSTM (Long Short-Term Memory). LSTM-мережі містять комірки пам'яті, які зберігають інформацію про попередні стани системи та враховують довгострокові залежності у часовому ряді. Це дозволяє моделі прогнозувати генерацію на основі попередніх трендів, враховуючи інерційність процесів та циклічність змін. Таким чином, LSTM забезпечує більш точне короткострокове та середньострокове прогнозування режимів генерації сонячних і вітрових електростанцій.

Інструменти глибокого навчання (Deep Learning, DL) розширюють можливості аналізу багатовимірних даних. Наприклад, згорткові нейронні мережі (Convolutional Neural Networks, CNN) можуть застосовуватися для обробки супутникових зображень хмарності або карт атмосферних фронтів з метою прогнозування інсоляції та, відповідно,

виробітку сонячних електростанцій. Поєднання CNN для просторового аналізу з LSTM для часової динаміки створює гібридні моделі, що враховують як просторові, так і часові фактори впливу на генерацію. Це суттєво підвищує достовірність прогнозу режимів роботи генеруючих установок.

Важливим інструментом є алгоритми навчання з підкріпленням (Reinforcement Learning, RL), які використовуються для оптимізації режимів генерації в умовах змінного навантаження. У такій моделі алгоритм взаємодіє з енергосистемою як із середовищем, отримуючи винагороду за підтримання балансу потужності, мінімізацію втрат або зниження вартості виробництва. На основі послідовності дій та їх наслідків агент формує оптимальну стратегію керування генерацією. Це дозволяє не лише прогнозувати режим роботи, а й адаптивно коригувати його в режимі реального часу.

Застосування ШІ базується на обробці великих масивів даних, що формуються за допомогою цифрових платформ, розумних лічильників, сенсорів Інтернету речей та систем дистанційного моніторингу. Як підкреслюється в аналітичних матеріалах, цифровізація енергетики створює інформаційне середовище, необхідне для функціонування інтелектуальних алгоритмів, забезпечуючи оперативний збір і передачу даних у режимі реального часу[2]. Саме наявність повних і якісних даних визначає точність моделей прогнозування режимів генерації.

Крім безпосереднього прогнозування потужності, інструменти ШІ використовуються для виявлення аномалій у роботі генеруючих установок. Алгоритми кластеризації та детекції відхилень дозволяють ідентифікувати нетипові режими, що можуть свідчити про зниження ефективності або передаварійний стан обладнання. Це підвищує надійність прогнозів, оскільки модель враховує лише коректні режими роботи або адаптується до змін технічного стану системи[3].

Таким чином, інструменти штучного інтелекту, від регресійних алгоритмів машинного навчання до глибоких рекурентних нейронних мереж і методів навчання з підкріпленням, формують комплексну систему прогнозування режимів генерації електричної енергії. Вони забезпечують обробку багатofакторних даних, врахування часових і просторових залежностей, адаптацію до змінних умов функціонування енергосистеми та підвищення точності прогнозів. Інтеграція цих інструментів у структуру оперативного управління є необхідною передумовою переходу до інтелектуальної, стійкої та цифровізованої електроенергетики майбутнього.

Список використаних джерел:

1. Любарцев В.В. Прогнозування та оптимізація режимів роботи систем електропостачання з розподіленою генерацією. Кваліфікаційна наукова праця на правах рукопису. Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка. – НТУ «Дніпровська політехніка», Дніпро, 2025.
2. Алексенко С.Д. Ципленков Д.В. Прогнозування генерації фотоелектричних станцій за допомогою штучного інтелекту. XV Міжнародна науково-технічна конференція Наукова весна 2025. URL: <https://ir.nmu.org.ua/entities/publication/1670dc86-e9ae-4dfa-ae4d-d5022962d251>
3. Лебідь О.В., Застосування алгоритмів штучного інтелекту в глобальній енергетичній індустрії, Вінницький національний аграрний університет. ISSN 0204–3572. Електрон. моделювання. 2024. Т. 46. № 1, с. 55–69. DOI: <https://doi.org/10.15407/emodel.46.01.055>

Шихов С. К., аспірант спеціальності 141 Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка

Науковий керівник: Азюковський О. О., к.т.н., професор кафедри електропривода (Національний технічний університет «Дніпровська політехніка», м. Дніпро, Україна)

ВПЛИВ СТАНУ ІЗОЛЯЦІЇ ПІДЗЕМНИХ СТАЛЕВИХ ТРУБОПРОВОДІВ НА РЕКОМЕНДОВАНИЙ ТИП ВИПРЯМЛЯЧА В СКЛАДІ СТАНЦІЇ КАТОДНОГО ЗАХИСТУ

На сьогоднішній день, підземні сталеві трубопроводи представляють собою найбільш актуальний метод транспортування газу, нафти та інших енергоресурсів на великі відстані. Однак, значна частина наявних трубопроводів експлуатується вже багато років [1], що закономірно призводить до зношення їх ізоляційних покриттів та погіршення їх захисних властивостей, що призводить до прискорення протікання процесів електрохімічної корозії, винесення матеріалу трубопроводу та росту інтенсивності відмов.

Для сповільнення корозійних процесів вздовж всієї нитки підземного сталевого трубопроводу встановлюються станції катодного захисту (СКЗ), які за допомогою зовнішнього джерела струму придушують корозійні струми, які утворюються під час протікання електрохімічної корозії [2]. В якості джерела постійного струму в складі СКЗ зазвичай використовуються однофазні випрямлячі, що живляться від побутової мережі 220 В змінного струму. Постійний розвиток силової електроніки призвів до появи широкого різноманіття схем випрямлячів, які можуть по-різному взаємодіяти із підземним сталевим трубопроводом, як складової електротехнічної системи. Модель такої системи зображено на Рис. 1.

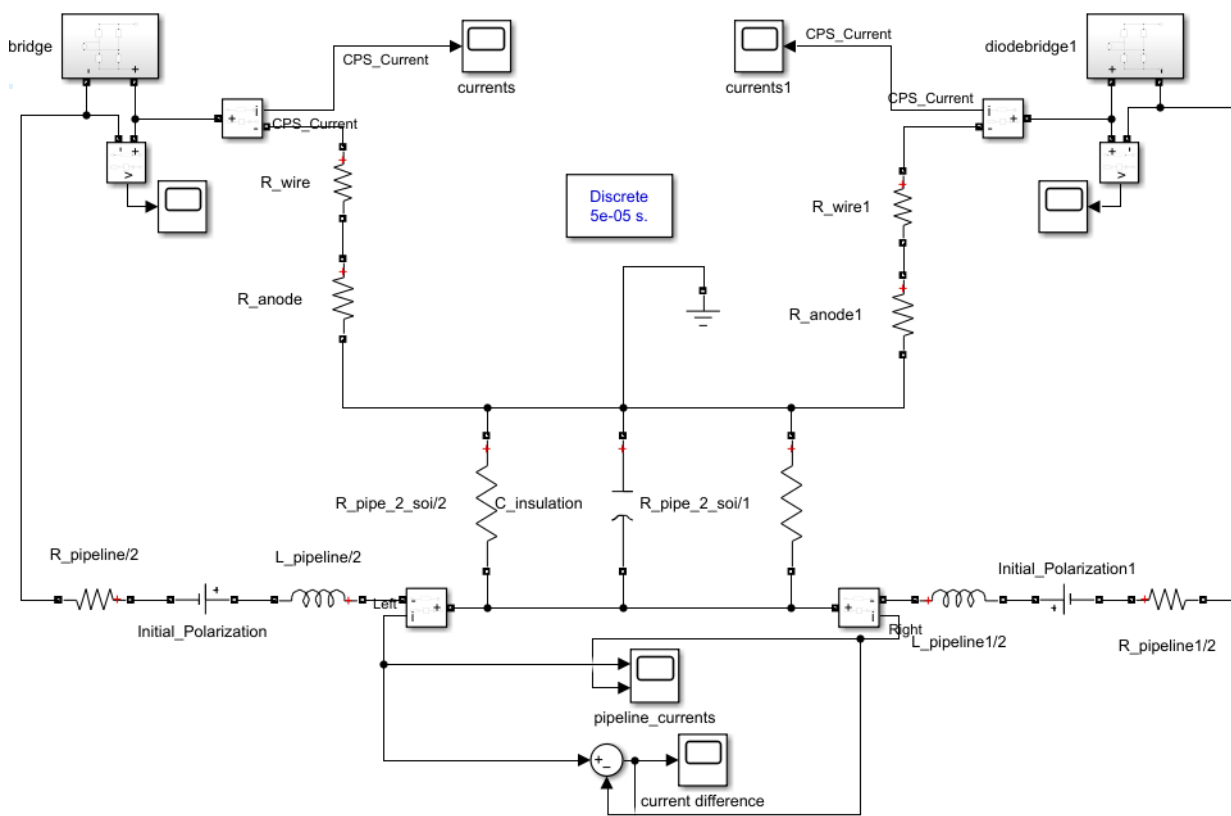


Рисунок 1 Модель підземного сталевих трубопроводу із суміжними СКЗ

Важливим параметром системи, що складається із двох суміжних станцій катодного захисту, які електрично з'єднані відрізком сталевого трубопроводу, є фаза до якої підключені їх випрямлячі. Не синфазне підключення призводить до появи струмів вирівнювання, що протікають поверхнею трубопроводу [3], які також провокують корозійне руйнування. У такому випадку можливо розглянути дві різних конфігурацій схеми заміщення: а саме, випадок значного пошкодження ізоляції трубопроводу, що виражено у відсутності ємності в схемі заміщення; і при наявній ємності, що демонструє допустимий стан ізоляції. В якості схеми випрямляча, що використовується розглянуто два випадки: класичний мостовий випрямляч та випрямляч на основі транзистору. Для моделювання роботи системи використана схема заміщення із [4] та засоби середовища Simulink.

Наведені на Рис. 2 графіки показують різницю між струмами перетікання для моделі без ємності і з її наявністю. В обох випадках ця різниця становить порядку декількох мА, що хоча і може здаватися не значною, але якщо розглядати її вплив на значному проміжку часу в рік та більше, навіть такого струму достатньо для винесення металу і утворення отвору в стінці трубопроводу.

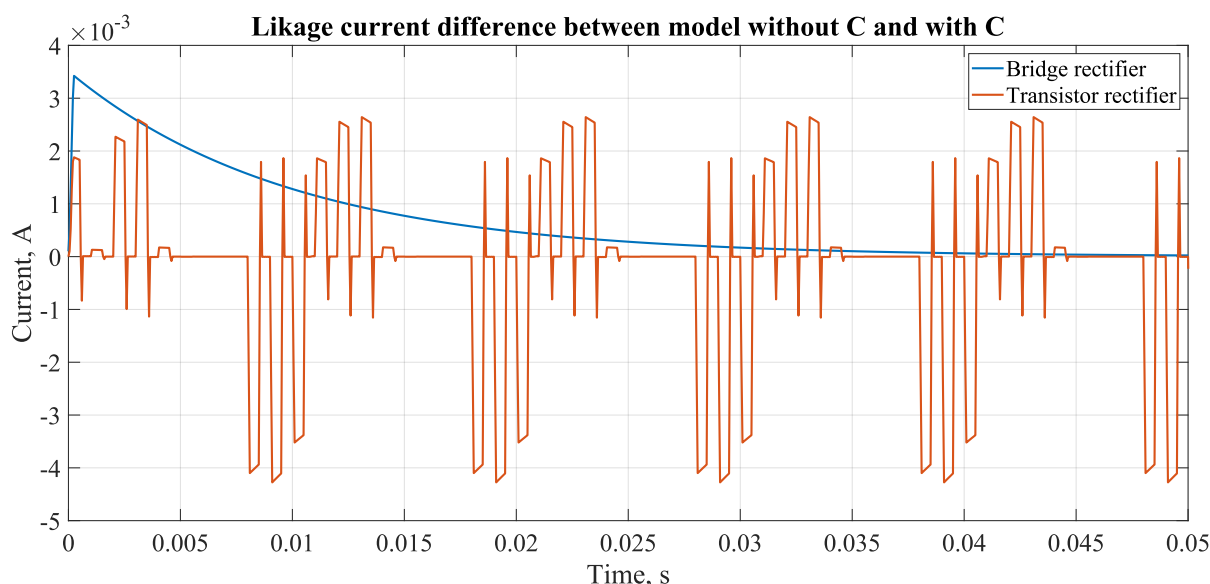


Рисунок 2 Різниця між струмами перетікання між моделлю без ємності і з ємністю

Графіки показують, що у випадку діодного мостового випрямляча, різниця в струмах перетікання при наявності / відсутності ізоляції швидко нівелюється після протікання перехідних процесів. З іншого боку у випадку транзисторного випрямляча, картина відрізняється демонструє постійну присутність різниці між струмами перетікання між моделлю із поганою ізоляцією і моделлю із нормальною ізоляцією.

Отже, можливо зробити висновок, що високочастотна складова [5], яка в значній мірі присутня у випадку більш складного транзисторного випрямляча, в значній мірі пов'язана із станом ізоляції трубопроводу. Відповідно, схемотехнічне рішення випрямляча, що входить до складу СКЗ, повинне враховувати стан ізоляції трубопроводу, що захищається. У випадку пошкодженої або застарілої ізоляції спектр частот не відіграє значної ролі, і раціонально використання сучасних високочастотних перетворювачів. У випадку якісної ізоляції доцільніше використовувати класичні рішення, такі як мостовий некерований та найпростіший керований випрямлячі.

Список використаних джерел:

1. Штойко І.П. Методи розрахунку залишкового ресурсу труб магістральних нафтогазопроводів з урахуванням їх корозійно-водневої деградації: дис. канд. техн. Наук: спец. 01.02.04. Львів, 2018, 175 с.
2. Ahmad, Zaki. Principles of Corrosion Engineering and Corrosion Control. First edition, Butterworth-Heinemann (Elsevier), Amsterdam, 2006. 647 p. ISBN-13: 978-0-7506-5924-6.
3. Aziukovskyi, O O; Pivniak, H H; Babenko, M V; Shykhov, S K Influence of the protective potential distribution of a steel underground pipeline on electrochemical corrosion processes, Naukovyi Visnyk Natsionalnoho Hirnychoho Universytetu. 2025, (2): 155 – 163. <https://nvngu.in.ua/index.php/en/archive/on-the-issues/1921-2025/content-2-2025/7186-155>
4. O. Aziukovskyi, S. Shykhov Formation of the protective potential of underground steel pipelines in the context of the development of modern converter technologies, Coll.res.pap.nat.min.univ. 2024, 79:210–221. <https://ir.nmu.org.ua/server/api/core/bitstreams/7d2e8d03-49b7-4952-b431-38f8bd2ef423/content>
5. Азюковський, О. О., & Шихов, С. К. (2024). СТАНЦІЇ КАТОДНОГО ЗАХИСТУ ПІДЗЕМНИХ СТАЛЕВИХ ТРУБОПРОВОДІВ ЯК ДЖЕРЕЛА ПОЛІГАРМОНІЙНИХ СИГНАЛІВ. Електротехнічні та інформаційні системи, (106), 15–19. <https://journals.politehnica.dp.ua/index.php/eis/article/view/676>

Шлапко Р. О., аспірант

Науковий керівник: к.т.н., доц. Бородай Валерій Анатолійович

(Національний технічний університет «Дніпровська політехніка», м. Дніпро, Україна)

СИСТЕМА КОМПЛЕКСНОГО ПІДВИЩЕННЯ ЕНЕРГЕТИЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ ПРИВОДУ НАСОСІВ ПІДКАЧКИ-ДООЧИСТКИ ВОДИ

Вступ. В умовах мегаполісів за дефіциту земельних ділянок будівництва житла міські громади ідуть на зведення будівель з висотністю у межах від 9 до 24 поверхів. Наявність такої висотності призводить до ускладнення водопостачання для мешканців, що живуть на поверхах вище сьомого [1], і не можуть бути забезпечені трубопровідним тиском магістральних pomp загального-міського призначення. Вирішення питання - насоси підкачки-підготовки питної води, які можуть бути розташовані як на цокольному рівні будівлі, так і на рівні від якого необхідно дотиснути рідину до бажаної висоти.

Особливістю систем водопостачання такого типу є неможливість спрогнозувати завантаження насосів підкачки протягом доби. Це обумовлено трудністю визначення продуктивності системи із-за хаотичного приєднання абонентів особливо у ранковий та вечірній період.

На теперішній час з цією метою міське самоуправління впроваджує частотно-керований електропривод змінного струму із використанням алгоритмів ефективного споживання енергії. Пріоритетом при виборі обладнання зазвичай користуються провідні компанії світового рівня, що тягне завищення їх вартості суттєво вище середнього рівня. Нажаль такий стан не завжди є доступним для пересічних громад, тому розробка та побудова вітчизняних систем такого типу забезпечить меншу вартість обладнання за функціоналу, що майже не відрізняється від систем провідних виробників.

Мета роботи – запропонувати конструкцію комплексного підвищення енергоефективності приводу насосів підкачки-підготовки води, надання рекомендацій щодо принципів побудови і алгоритму їх керування, і які стануть альтернативою аналогічним системам провідних виробників за рахунок оригінальності конструкції і нестандартних способів керування, що гарантовано забезпечать норми ДБН у водопостачанні усіх помешкань висотних будівель за одночасної мінімізації капітальних витрат на керуюче обладнання.

Основний зміст роботи. В основу ідеї даної публікації покладено принцип роботи системи з регулюванням напруги живлення двигуна в залежності від навантаження [3], [4]. При цьому в управлінні мають місце два режими: номінальний і ефективний. Перший діє за номінальної напруги живлення і відповідно навантаження близького до номінального. Ефективний режим передбачає за падіння навантаження нижче за 60 % перехід до половинних значень напруги і частоти, що дозволяє у цьому режимі економити активну енергію близько до 40 % [5].

За наявності очевидних переваг існуючої системи головний її недолік полягає у відсутності тонкого регулювання напруги живлення при зміні навантаження в номінальному режимі. Крім того, попередніми дослідженнями встановлена можливість такого регулювання при використанні нелінійного регулятора [5].

Пропозицією даного етапу є використання способу [5] у схемі [3] протягом номінального режиму рис.1. Таким чином, система рис.1 дасть можливість забезпечити енергетичну ефективність, як у режимі «номінал», так і в «ефективний».

Загальна схема підвищення ефективності містить наступні блоки: 1 – СІФК і силовій частини; 2 – дозволу обрання режиму; 3 - запуску / зупинки; 4 - таймеру забезпечення режиму плавного пуску (ППП); 5 – дешифратора обрання режиму; 6 – перемикачів режимів PPP / ефективний / мінімальний (U/f); 7 – регулятор зворотного зв'язку. Процес роботи системи

починається з натиснення на кнопку «Пуск». При цьому RS-тригер дає дозвіл на вибір режиму ППП через демультиплексор 5, сигнал з якого через блок дозволу 2 формує задавачем інтенсивності ЗІ і генератором регульованої шпаруватості ГРШ лінійно нарощувану напругу на двигуні і одночасно запускається таймер відбивки часу прискорення (блок 1 Rn) до номінальної швидкості.

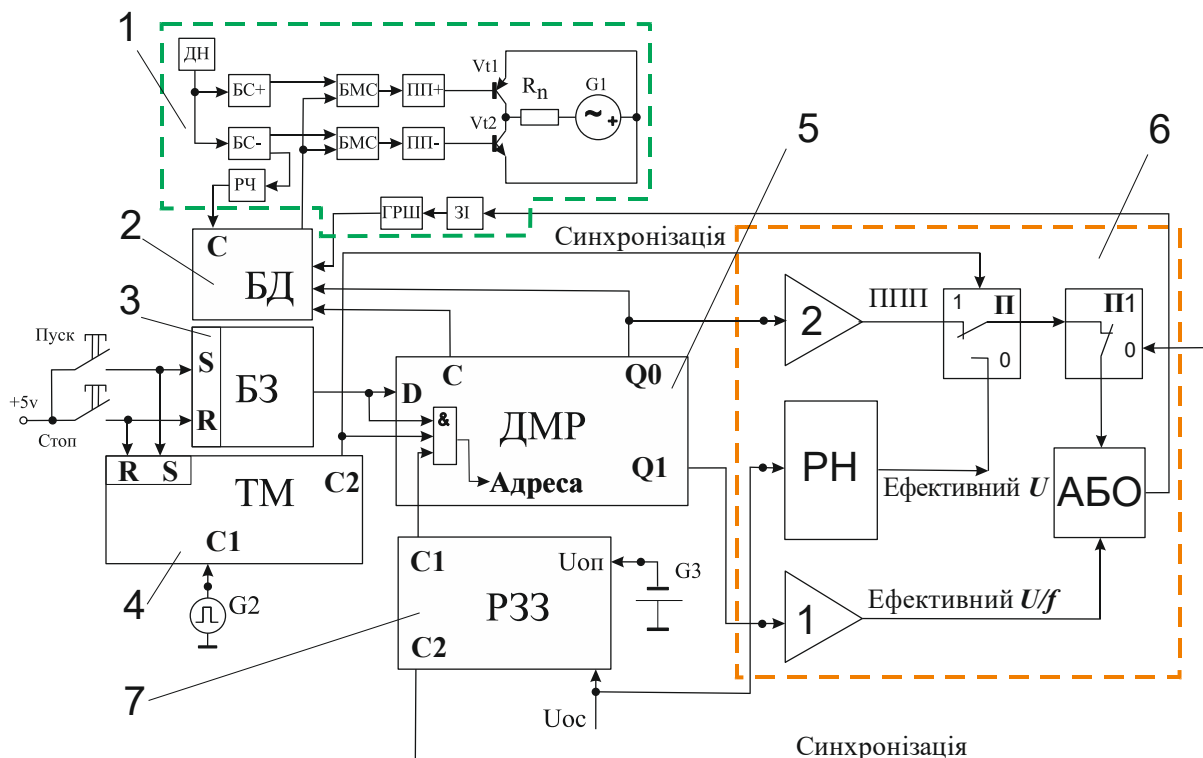


Рис.1. Функціональна схема системи комплексного підвищення енергетичної ефективності помпи підкачки-доочистки питної води.

- 1 – силовий і СІФУ блок; 2 – блок дозволу вибору режиму; 3 – блок запуску / зупинку;
4 – таймер режиму плавного пуску; 5 – демультиплексор вибору режиму;
6 – блок ефективний номінал / мінімальний / плавний пуск; 7 – регулятор зворотного зв'язку

По завершенню прискорення вмикається регулятор зворотного зв'язку, який запустить режим «ефективний» за навантаження менше за 60 % номінального і зменшить частоту і напругу з перетворювача вдвічі. Якщо навантаження буде у межах 1...0,6 номінального, то вмикається нелінійний регулятор, який виконає тонке регулювання напруги на двигуні в залежності від поточного навантаження, що у кінцевому рахунку забезпечить подвійний підхід до енергозбереження у обох режимах - «номінал» і «ефективний».

Наукова новизна роботи полягає у розробці оригінальних схеми та алгоритму керування системи комплексного підвищення енергетичної ефективності приводу насосів підкачки-доочистки води, наданні рекомендацій щодо її практичної реалізації та принципів управління, і що дозволить за знижених капітальних витрат зменшити спожиту енергію протягом роботи, як у режимах «номінал» так і в «ефективний».

Висновки. Запропоновані оригінальні рішення та можлива схемна реалізація, можуть надати подальший розвиток щодо вдосконалення існуючих і перспективних способів побудови вискоєфективних систем керування приводами насосів підкачки-підготовки питної води.

Список літератури

1. Бородай В.А., Шлапко Р.О. Доцільність станцій підкачки-підготовки води та способів їх енергоефективної експлуатації. *Науково-технічний збірник Електротехнічні та інформаційні системи: НТУ «ДП»*, 2024. – № 106. – С. 35-39. DOI <https://doi.org/10.32782/EIS/2024-106-6>
2. Бородай В.А., Шлапко Р.О. Обґрунтування необхідності впровадження енергоощадних технологій в системи водопостачання ЖКГ. *Збірник тез міжнародної науково-практичної конференції «Молодь: Наука та Інновації»*. Дніпро. НТУ «ДП». 13-15 листопада 2024 р. С. 58–59. URL: <https://rmv.nmu.org.ua/ua/arkhiv-zbirok-konferentsiy/molod-nauka-ta-innovatsii-2024/molod-2024-vol2.pdf>
3. Ковальов О.Р., Нестерова О.Ю., Бородай В.А. Автомат керування ефективністю асинхронного привода з функцією плавного пуску. *VI міжнародна науково-технічна конференція «SMART-ТЕХНОЛОГІЇ В ЕНЕРГЕТИЦІ ТА ЕЛЕКТРОНІЦІ – 2021»* – Київ «КПІ». – 15 - 21 серпня 2021 – С. 235881-1 - 235881-7. ISSN 2523-4455. *Microsyst Electron Acoust*, 2021, vol. 26, no. 2. DOI: [10.20535/2523-4455.me.235881](https://doi.org/10.20535/2523-4455.me.235881).
4. Бородай В.А., Ковальов О.Р., Нестерова О.Ю. Параметричне керування ефективністю асинхронного приво́ду засобами перетворювача з підвищеним коефіцієнтом потужності *Електротехніка та електроенергетика*. – 2020. – № 2 – С. 8-16. DOI [10.15588/1607-6761-2020-2-1](https://doi.org/10.15588/1607-6761-2020-2-1).
5. Бородай В.А., Боровик Р.О., Нестерова О.Ю. Спосіб синтезу регулятора енергоефективного управління асинхронним приводом механізмів без прямої стабілізації швидкості. *Електротехніка та електроенергетика*. – 2019. – № 3 – С. 16-23. DOI [10.15588/1607-6761-2019-3-2](https://doi.org/10.15588/1607-6761-2019-3-2).

Кошеленко А.О., аспірант спеціальності 141 Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка

(Національний технічний університет «Дніпровська політехніка», м. Дніпро, Україна)

СЦЕНАРІЙ ВИКОРИСТАННЯ УСТАНОВОК ЗБЕРІГАННЯ ЕЛЕКТРИЧНОЇ ЕНЕРГІЇ

Основним трендом розвитку енергетичного сектору України є збільшення частки відновлюваної розподіленої генерації. Основним викликом на цьому шляху є зміна потужності генерації електричної енергії сонячними та вітровими електростанціями в широкому діапазоні та низька керованість генерацією. Для балансування споживання і попиту на електричну енергію регулятор вимушено обмежує генерацію відновлюваними джерелами або вдається до відключення споживачів. Альтернативою є нарощування потужностей маневрової генерації у вигляді швидкодіючих газопоршневих установок для балансування споживання і генерації в локальних енергетичних системах та будівництво установок зберігання енергії (УЗЕ) з гібридними інверторами. Це дозволить накопичувати енергію в режимах надмірної генерації та віддавати енергію в години максимального споживання. Такі технології можуть використовуватися як на рівні окремих домогосподарств, малих і середніх підприємств, так і на рівні локальних енергетичних систем. Ефективним є розміщення УЗЕ безпосередньо біля об'єктів генерації.

В умовах воєнних дій та інтенсивного руйнування великих електростанцій для забезпечення балансування режимів генерації та споживання електричної енергії, а також підвищення стійкості енергетичної системи до нових атак доцільним вбачається будівництво об'єктів розподіленої генерації з УЗЕ. За попередніми оцінками, які дає оператор системи передачі електричної енергії НЕК «Укренерго», паралельно з будівництвом нових маневрових потужностей, які включають газові та біопаливні генераційні установки, українська енергосистема потребує близько 1,3 ГВт УЗЕ для балансування та підтримки частоти [1].

Упродовж останніх п'яти років потужність промислових УЗЕ поступово зростає. Так, у 2021 році відбувся запуск першої в Україні промислової УЗЕ компанією ДТЕК на базі Запорізької ТЕС (потужність 1 МВт, ємність 2,25 МВт·год). Через повномасштабне вторгнення упродовж 2022-2023 років нові великі промислові об'єкти (за даними з відкритих джерел) не вводилися, проте розроблялася нормативна база та проводилися пілотні випробування. У 2024 році загальна потужність УЗЕ досягала за різними оцінками 20–50 МВт. Відбувся початок активного будівництва промислових накопичувачів електричної енергії приватними компаніями та сертифікація перших установок для надання допоміжних послуг оператору системи передачі НЕК «Укренерго». Компанія KNESS анонсувала запуск пілотного проєкту на 12 МВт.

У 2025 році компанія ДТЕК ввела в експлуатацію найбільшу в країні мережу накопичувачів загальною потужністю 200 МВт та ємністю 400 МВт·год, розташовану на 6 локаціях. Також значну частку УЗЕ додали об'єкти розподіленої генерації та промислові споживачі. За даними Асоціації інженерів сталих енергетичних технологій України загальна потужність УЗЕ на початок 2026 року становить близько 534 МВт [1]. За прогнозами, у 2026 році потужність промислових УЗЕ може перевищити 1 ГВт.

Для малих підприємств системи накопичення енергії мають важливе економічне значення. Вони дозволяють зменшувати витрати на електроенергію шляхом накопичення енергії у періоди низьких тарифів та використання її у години пікового споживання. Крім того, наявність резервного джерела живлення допомагає уникати простоїв виробництва та втрат, пов'язаних із перебоями електропостачання. Разом з тим,

сучасний розвиток енергетики характеризується переходом від традиційної централізованої системи виробництва електроенергії до децентралізованих енергетичних систем, у яких важливу роль відіграють споживачі. Домогосподарства та малий і середній бізнес поступово стають не лише споживачами електроенергії, але й активними учасниками енергетичного ринку, які можуть виробляти, накопичувати та постачати електроенергію до мережі. Таких учасників називають активними споживачами або прос'юмерами.

Поєднання власної генерації електроенергії та систем накопичення створює можливість для домогосподарств і підприємств брати участь у ринку електроенергії. У разі виробництва надлишкової електроенергії її можна передавати до електромережі або продавати відповідно до діючих механізмів енергетичного ринку. Таким чином, споживачі стають активними учасниками ринку електричної енергії, що сприяє розвитку децентралізованої генерації та підвищенню ефективності енергетичного ринку.

Моделі експлуатації УЗЕ побутових споживачів базуються на кількох основних сценаріях:

- забезпечення працездатності основного обладнання в години відключень (холодильник, освітлення, роутер, запальник котла, насос) та збереження комфортних умов життя, часто не має відношення до фінансової окупності установки;
- максимальне використання власної енергії, характерний для приватних домогосподарств, які мають власні фотоелектричні станції; сценарій дозволяє накопичити надлишки електричної енергії вдень і використати їх ввечері, або вночі, окупність установки при цьому становить 5-7 років;
- зарядка батареї вночі (за нічним тарифом) та використання енергії вдень; окупність установки коливається в межах 7-10 років.

Для промислових споживачів можуть бути реалізовані чотири сценарії використання установок зберігання енергії:

- арбітраж: купівля дешевої нічної енергії та споживання її в пікові денні години (економія на різниці тарифів);
- допоміжні послуги: участь в аукціонах «Укренерго» на резерв підтримки напруги і частоти; дає можливість отримати прямі виплати від оператора системи передачі за готовність батареї зреагувати на коливання в мережі;
- уникнення раптових відключень і простоїв: важливо для підприємств з неперервним технологічним циклом, або пов'язаних зі збереженням життя людей; система може окупитися за кілька випадків раптових знеструмлень внаслідок атак на енергетичну інфраструктуру;
- зрізання піків: дозволяє досягти економії за рахунок зниження плати за приєднану потужність.

Якщо порівняти вартісні показники, то побутові УЗЕ мають питому вартість 350-450 дол.США/кВт·год у низькому ціновому сегменті і до 850 дол.США/кВт·год у преміум сегменті. Вартість зберігання 1 кВт·год становить 0,06-0,10 дол.США, що співставно з тарифом на електричну енергію для населення, тому в побутовому сегменті окупність установок досягається лише за наявності власних об'єктів генерації.

Для промислових УЗЕ потужністю в сотні кіловат і мегавати питома вартість систем накопичення становить 250-350 дол.США/кВт·год, вартість зберігання 1 кВт·год становить 0,05-0,08 дол.США, що дозволяє формувати економічну модель використання УЗЕ.

Життєвий цикл сучасних УЗЕ становить 6000 циклів, що на практиці означає 10-15 років експлуатації установки. Таким чином, більшість сценаріїв використання установок зберігання енергії дозволяє забезпечити їх окупність та економічно ефективне використання до завершення терміну експлуатації.

Висновок: системи накопичення енергії відіграють ключову роль у розвитку нової моделі енергетики, у якій домогосподарства та малий і середній бізнес можуть виступати

активними учасниками ринку електроенергії. Їх використання сприяє підвищенню енергетичної незалежності, зниженню витрат на електроенергію, розвитку відновлюваної енергетики та формуванню більш стійкої й ефективної енергетичної системи.

Список використаних джерел:

1. Звіт з оцінки відповідності (достатності) генеруючих потужностей для забезпечення безпеки постачання електричної енергії / НЕК «Укренерго». –К., 2024. – Режим доступу: ua.energy.
2. Winter 2026: A Test of Energy Autonomy and the Boom in Energy Storage. Асоціація інженерів сталих енергетичних технологій України. Режим доступу: surl.li/bhryjs.

Яловий О.О., аспірант спеціальності 141 Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка.

Науковий керівник: Сінчук О.М, д.т.н., професор кафедри електричної інженерії (Криворізький національний університет, м.Кривий Ріг, Україна)

ОБҐРУНТУВАННЯ СТРУКТУРИ ТА РЕЖИМІВ РОБОТИ ГІБРИДНОЇ ЕЛЕКТРОСТАНЦІЇ З ВІДНОВЛЮВАНИМИ ДЖЕРЕЛАМИ ЕНЕРГІЇ ТА НАКОПИЧУВАЧАМИ

Інтеграція відновлюваних джерел енергії в енергетичну систему потребує переходу від спрощених підходів оцінювання надійності до комплексного аналізу режимів із урахуванням змінної генерації та погодинного диспетчерського керування. Для кількісного опису впливу сонячних і вітрових електростанцій застосовуються методи аналізу власних значень і моделювання перехідних процесів, а також кореляційно-регресійні методи, що дозволяють пов'язати параметри режиму з фактичними графіками навантаження та метеорологічними чинниками. У роботі використано погодинні, добові та сезонні графіки навантаження енергосистеми, а також метеодані за 2023–2024 роки (сонячна радіація та швидкість вітру) для відтворення генерації ВДЕ й оцінювання її варіабельності. Технічні параметри сонячних модулів, вітрових турбін та інверторів враховуються при формуванні конфігурацій СЕС/ВЕС, зокрема через обмеження за напругою і струмом та вибір оптимальних послідовних і паралельних з'єднань. Геоінформаційний аналіз використовується для прив'язки ресурсів і характеристик місцевості, а статистичні обчислення та моделювання реалізуються в MATLAB, що забезпечує відтворюваність розрахунків і зіставлення результатів для різних сезонів.

Суттєвим елементом забезпечення стійкої роботи змішаних енергетичних систем є підвищення точності короткострокового прогнозування виробітку ВДЕ, оскільки баланс електроенергії в енергосистемі підтримується погодинно. Для цього досліджено нейромережеві моделі прогнозу швидкості вітрового потоку та сонячної інсоляції з порівнянням функцій активації ReLU і Sigmoid та методів навчання — стохастичного градієнтного спуску й адаптивного алгоритму Adam. Показано, що для прогнозування швидкості вітру найдоцільнішим є використання ReLU з навчанням Adam та кроком навчання порядку 10^{-3} , тоді як для прогнозування сонячної інсоляції кращі результати демонструє Sigmoid у поєднанні з Adam за аналогічного кроку навчання. Отримані результати підтверджують, що побудова єдиної універсальної моделі для різних типів ВДЕ та всіх сезонів знижує точність, тоді як адаптація моделей до конкретного завдання і пори року підвищує якість прогнозу. Для сонячної інсоляції середня помилка короткострокового прогнозу на годину вперед становить величини, характерні для високоточних моделей, при цьому зниження точності взимку пояснюється хмарністю та нижчими рівнями випромінювання. Для швидкості вітру похибка є значно більшою, що вказує на доцільність залучення додаткових метеопараметрів або даних дистанційного зондування Землі; разом із тим, навіть за цих умов формується практично корисний рівень оцінювання гарантованої потужності ВЕС із заданою ймовірністю, причому ймовірність зростає зі зменшенням заявленої гарантованої потужності.

Підвищення керованості енергосистеми з високою часткою ВДЕ досягається завдяки поєднанню оперативного регулювання потужності, систем управління енергомережами (EMS) і технологій накопичення. EMS забезпечує контроль і регулювання навантаження, планування та прогнозування на основі даних про споживання і генерацію, а також оптимальний розподіл ресурсів для уникнення перевантажень і зменшення ризиків небалансів. Накопичувачі енергії розглядаються як

ключовий балансуючий елемент, що згладжує коливання сонячної та вітрової генерації, компенсує дефіцити в періоди низького виробітку та дає змогу ефективніше використовувати надлишки енергії під час піків. Поряд із поширеними літій-іонними акумуляторами аналізується перспектива застосування надпровідних індукційних накопичувачів як технології з високою циклічною витривалістю та потенціалом швидкодії. Для підвищення ефективності накопичення підкреслено роль інтелектуального керування, оскільки мінливість погодних умов і попиту не дозволяє обмежитися статичними правилами заряд–розряд; натомість пріоритетним стає використання алгоритмів, здатних оптимізувати роботу системи в реальному часі.

Практична частина дослідження демонструє підхід до узгодження параметрів СЕС з інверторним обладнанням шляхом вибору структури з'єднань модулів і перевірки граничних вхідних параметрів. Для оцінювання потенційної добової продуктивності СЕС застосовано прогнози значення інсоляції та враховано вплив просторової орієнтації модулів: кут нахилу і азимут істотно змінюють отримане випромінювання, тому для підвищення ефективності рекомендується сезонне коригування кута нахилу або, за відсутності такої можливості, прийняття фіксованого значення, наближеного до широти місцевості. Для вітрової складової виконано оцінювання виробітку ВЕС у характерні дні різних сезонів із висновком про виразну сезонність потужності та підвищені значення виробітку в перехідні періоди року. Окремо враховано кліматичні та вітрові характеристики району Кривого Рогу, що дозволило обґрунтувати припущення щодо встановлення ВЕС заданої потужності та оцінити її очікуваний внесок у баланс.

Запропоновано модель гібридної електростанції, у якій традиційне джерело (ТЕС) формує базову генерацію, ВЕС/СЕС забезпечують альтернативний внесок, а накопичувач виконує основну балансуючу роль. (Рис.1)

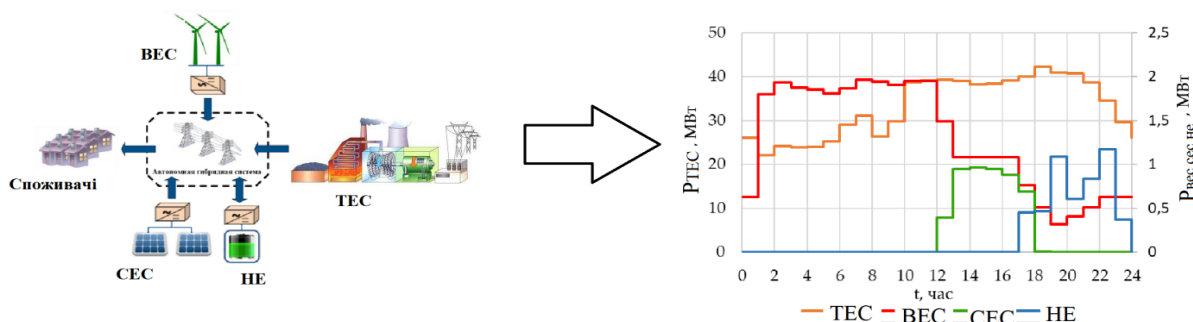


Рис.1 Вибір генеруючих джерел та накопичувачів енергії для мінімізації фінансових витрат на електроспоживання

Така структура дає змогу знижувати фінансові витрати на електроспоживання за рахунок вибору комбінації джерел і режиму накопичувача в межах добового циклу та сезонних інтервалів, мінімізуючи ризики недовиробництва, пов'язані з непередбачуваністю вітру та змінами інсоляції. Показано, що оцінювання надійності гібридних систем із ВДЕ має проводитися з урахуванням їх структурних відмінностей, особливостей систем керування та перетворювальної техніки, оскільки саме ці фактори визначають здатність системи зберігати стійкість при збуреннях.

Список використаних джерел:

1. Ялова, А., Бондар, Н., & Яловий, О. . (2025). Підходи до забезпечення стійкості енергетичної системи в процесі інтеграції відновлюваних джерел енергії. Вісник Приазовського Державного Технічного Університету. Серія: Технічні науки, (50), 154–163. <https://doi.org/10.31498/2225-6733.50.2025.336326>

2. О.М. Сінчук, С.М. Бойко, І.О. Сінчук, А.М. Ялова Т 38 Спеціальні розділи енергетики. Нетрадиційна та відновлювальна енергетика. Підручник / О.М. Сінчук, С.М. Бойко, І.О. Сінчук, А.М. Ялова. – Кременчук, 2017. – 218 с

3. Meena M., Reddy R. Smart energy storage systems review on determining efficient battery management systems. International Journal of Science and Research Archive. 2023. Vol. 08(02). Pp. 662-668. DOI: <https://doi.org/10.30574/ijrsra.2023.8.2.0334>.

Джур Р. В., аспірант кафедри Електроприводу

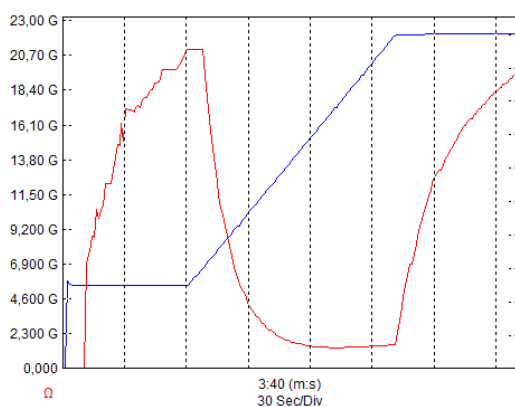
(Національний технічний університет «Дніпровська політехніка», Україна, м. Дніпро)

ВИЗНАЧЕННЯ ВПЛИВУ ЗАЛИШКОВОГО ЗАРЯДУ НА РЕЗУЛЬТАТИ ОБСТЕЖЕННЯ КОРПУСНОЇ ІЗОЛЯЦІЇ ВИСОКОВОЛЬТНИХ ЕЛЕКТРОДВИГУНІВ

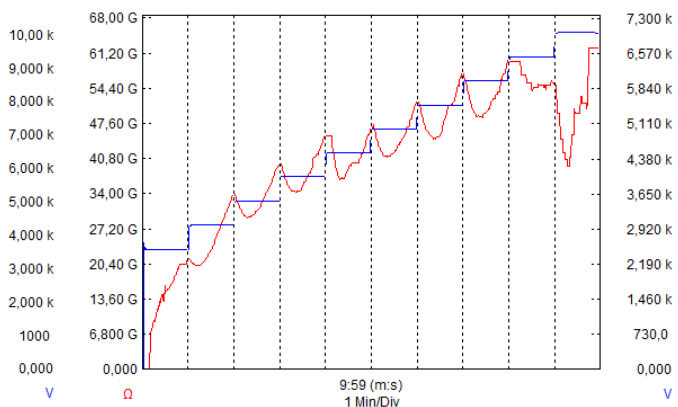
Інформація про актуальний, фактичний стан корпусної ізоляції високовольтних обертових електричних машин надає можливість підвищити рівень їх експлуатації за рахунок прогнозування залишкового ресурсу експлуатації електродвигунів. В свою чергу, знання залишкового ресурсу експлуатації електродвигунів дозволяє запобігати аварійним виходам із ладу обладнання, планувати бюджет підприємства з урахуванням рекомендацій щодо ремонту електродвигунів, що мінімізує фінансові витрати. Для нових обертових електричних машин або таких, які пройшли капітальний ремонт, обстеження стану корпусної ізоляції може застосовуватися як один із способів вхідного контролю з метою не допустити до експлуатації неякісне обладнання.

Якісне визначення технічного стану корпусної ізоляції високовольтний електродвигунів неможливе тільки за значенням опору ізоляції $R_{\text{ізол}}$ постійному струму і коефіцієнта абсорбції Касб (DAR 60/15), через що, діагност повинен виконувати додаткові вимірювання параметрів ізоляції. Як правило це виконується під час планових зупинок технологічних ліній на технічне обслуговування в обмежений проміжок часу. Враховуючи доступність діагностичного обладнання, на даний момент оптимальним переліком вимірювань, які задовольняють вимогам як вітчизняних нормативних документів [1] [2], так і міжнародних [3] [4], виглядає так:

1. Вимірювання опору ізоляції $R_{\text{ізол}}$ постійному струму при випробувальній напрузі 2,5 кВ;
2. Вимірювання опору ізоляції $R_{\text{ізол}}$ постійному струму при випробувальній напрузі 5 кВ;
3. Виконання тесту U-RAMP (лінійно наростаюча напруга, рис. 1а);
4. Виконання тесту U-STEP (ступінчаста напруга, рис. 1б).



а)



б)

Рисунок 1 – Приклади обстеження ізоляції ВВ електродвигуна лінійно змінюю

Виконання вищезазначених тестів дає змогу отримати наступні параметри для подальшого аналізу технічного стану корпусної ізоляції високовольтних електродвигунів:

1. Опорі ізоляції $R_{\text{ізол}}$ постійному струму за випробувальної напруги 2,5 кВ;

2. Опорі ізоляції $R_{\text{ізол}}$ постійному струму за випробувальної напруги 5,0 кВ;
3. Коефіцієнт діелектричної абсорбції DAR (R60/R15);
4. Коефіцієнт діелектричної абсорбції DAR (R60/R30);
5. Індекс поляризації PI (R600/R60);
6. Коефіцієнта діелектричного розряду DD;
7. Результати тесту U-RAMP (лінійно наростаюча напруга) $\Delta R/(R \cdot \Delta U)$;
8. Результати тесту U-STEP (ступінчаста напруга) $(R_i - R_{i+1})/R_i$.
9. Криві залежності $R_{\text{ізол}} = f(U_{\text{випр.}}^{\text{FIXED}})$, $R_{\text{ізол}} = f(U_{\text{випр.}}^{\text{RAMP}})$, $I_{\text{виток}} = f(U_{\text{випр.}}^{\text{RAMP}})$, $R_{\text{ізол}} = f(U_{\text{випр.}}^{\text{STEP}})$ і $I_{\text{виток}} = f(U_{\text{випр.}}^{\text{STEP}})$.

При послідовному виконанні декількох вимірювань параметрів ізоляції виконавець робіт стикається з таким явищем як «ефект пам'яті» (memory effect) через вплив залишкового заряду або незавершені процеси поляризації [4]. Якщо не враховувати цього явища, результати вимірювання опору ізоляції будуть спотворені. Як правило, виконавець робіт з обстеження ізоляції починає виконувати наступні вимірювання коли діагностичне обладнання (мегомметр) показав відсутність напруги на силових кабелях обмоток, яке було наведене в результаті попередніх вимірювань. З точки зору безпеки, це правильно, але для отримання достовірних даних необхідно враховувати, що абсорбційна складова струму розряду може зменшуватися від високого початкового значення до значення, близького до нуля, за час понад 30 хв залежно від типу ізоляції та розмірів об'єкта випробування [4].

Для визначення достатності часу розрядки корпусної ізоляції після попередніх вимірювань за допомогою накладання заземлення, необхідно визначити наявність залишкового заряду. З цією метою виконується порівняльний аналіз першого вимірювання опору ізоляції $R_{\text{ізол}}$ постійному струму за випробувальної напруги U_1 з результатами вимірювання опору ізоляції на перших етапах тестів U-RAMP і U-STEP, за такою формулою:

$$dR = \frac{R_{\text{ізол}}^{U_1} - R_{\text{ізол}}^{\text{RAMP1(STEP1)}}}{R_{\text{ізол}}^{2,5\text{кВ}}}$$

де: $R_{\text{ізол}}^{U_1}$ - опір ізоляції постійному струму за випробувальної напруги U_1 на початку випробувань. Значення U_1 визначається на підставі характеристик об'єкта випробувань згідно нормативної документації [1] [2][3]; $R_{\text{ізол}}^{\text{RAMP1(STEP1)}}$ - опір ізоляції постійному струму за результатами першого етапу тестів U-RAMP або U-STEP.

Відповідно, тести U-RAMP і U-STEP повинні бути налаштовані так, щоб значення випробувальної напруги першого етапу мали таку ж величину і час прикладення, як і під час першого вимірювання опору ізоляції (як правило, згідно СОУ-Н ЕЕ 20.302:2020).

В результаті експериментальних робіт на діючих об'єктах визначено, що визначений таким чином рівень залишкового заряду в діапазоні до 15% є задовільним, а в діапазоні від 15% до 25% - прийнятним і при наступних випробуваннях на даному об'єкті необхідно збільшити час розрядки за допомогою накладення заземлення.

Список використаних джерел:

1. СОУ-Н ЕЕ 20.302:2020 «Міністерство енергетики та захисту довкілля України. Норми випробування електрообладнання»;
2. ДСТУ EN IEC 60034-27-4:2022 (IEC 60034-27-4:2018, IDT) Машини електричні обертові. Частина 27-4. Вимірювання опору ізоляції та індексу поляризації ізоляції обмотки обертових електричних машин.
3. IEEE Std 43-2013 «Recommended Practice for Testing Insulation Resistance of Rotating Machinery».
4. IEEE Std 95-2002 «Recommended Practice for Testing Insulation Resistance of AC Electric Machinery (2300 V and Above) with high direct voltage».

Литвинчук О.В., аспірант спеціальності G3 Електрична інженерія
Науковий керівник: Олішевський Г.С., к.т.н., доцент кафедри електроенергетики
(Національний технічний університет «Дніпровська політехніка», м. Дніпро, Україна)

ПІДКРІПЛЮВАЛЬНЕ НАВЧАННЯ В ЗАДАЧАХ ОПТИМІЗАЦІЇ ЕНЕРГЕТИЧНИХ ПОТОКІВ ЕЛЕКТРИЧНИХ МЕРЕЖ З ВИКОРИСТАННЯМ ТЕХНОЛОГІЙ ІНТЕРНЕТУ РЕЧЕЙ

Сучасні електричні мережі функціонують в умовах зростання частки відновлюваних джерел енергії, децентралізації генерації та активної участі споживачів у регулюванні режимів. Це призводить до ускладнення структури енергетичних потоків та підвищення рівня невизначеності, зумовленої стохастичним характером генерації й навантаження. За таких умов задача оптимізації режимів роботи мережі трансформується з детермінованої задачі статичної оптимізації у задачу динамічного багатокритеріального керування.

Підкріплювальне навчання є напрямом машинного навчання, у межах якого алгоритм (агент) формує стратегію керування шляхом взаємодії з середовищем і отримання винагороди за прийняті рішення. Метою є знаходження такої політики керування, що максимізує сумарну довгострокову ефективність функціонування системи. У контексті електроенергетики середовищем виступає електрична мережа, а діями агента – керуючі впливи на режими генерації, накопичення або споживання електроенергії.

Класичні методи оптимізації енергетичних потоків ґрунтуються на точних математичних моделях мережі та передбачають наявність повної інформації про її параметри. Однак у розподільних мережах із великою кількістю активних елементів побудова адекватної моделі ускладнюється, а швидкість зміни режимів роботи знижує ефективність традиційних алгоритмів. У цьому контексті підкріплювальне навчання розглядається як інструмент апроксимації оптимальної політики керування без явного розв'язання складної системи рівнянь у кожен момент часу [1].

Оптимізація енергетичних потоків може бути формалізована як процес послідовного прийняття рішень, у межах якого стан системи визначається вектором напруг, потужностей, станів накопичувачів та прогнозних параметрів, а керуючі дії – зміною режимів генерації, перерозподілом навантаження або керуванням накопичувачами. Функція цілі може включати мінімізацію втрат електроенергії, вартості виробництва, відхилень частоти та напруги, а також штрафи за перевищення технічних обмежень.

Ефективність реалізації такого підходу безпосередньо залежить від наявності оперативної та достовірної інформації про стан мережі. Інтернет речей (Internet of Things) у контексті електроенергетики визначається як розподілена система фізичних пристроїв, оснащених сенсорами, засобами обробки даних та мережевими інтерфейсами, що забезпечують автоматизований збір, передавання та інтеграцію вимірювальної інформації в єдине інформаційне середовище. До таких пристроїв належать інтелектуальні лічильники, датчики параметрів якості електроенергії, контролери накопичувачів, комунікаційні шлюзи та периферійні обчислювальні вузли.

У сучасних електричних мережах технології Інтернету речей виконують функцію інформаційного шару, який забезпечує синхронізоване отримання даних про напруги, потужності, стан обладнання та режими генерації в режимі реального часу. Саме на основі цієї телеметрії формується вектор стану системи, що використовується алгоритмом підкріплювального навчання для прийняття керуючих рішень [2]. Таким

чином, Інтернет речей виступає необхідною інфраструктурною передумовою реалізації адаптивної оптимізації енергетичних потоків.

Особливо актуальним є застосування підкріплювального навчання в мікромережах та локальних енергетичних кластерах, де необхідна оперативна оптимізація енергетичних потоків між генераторами, накопичувачами та споживачами. Алгоритм здатний адаптуватися до змін зовнішніх умов, таких як коливання сонячної радіації або ринкові сигнали, забезпечуючи мінімізацію витрат та підвищення енергоефективності [3].

Разом із тим, застосування підкріплювального навчання потребує забезпечення обмежень безпеки та надійності. Керуючі дії мають відповідати фізичним обмеженням обладнання, а алгоритми – бути стійкими до помилок вимірювання та кіберзагроз. Перспективним напрямом є створення гібридних систем, у яких підкріплювальне навчання використовується для формування стратегічної політики керування, тоді як класичні методи оптимізації виконують роль локального коригування з урахуванням точних електротехнічних моделей.

Висновки. Підкріплювальне навчання є перспективним інструментом оптимізації енергетичних потоків у сучасних електричних мережах із високим рівнем децентралізації та цифровізації. Інтеграція з технологіями Інтернету речей дозволяє реалізувати адаптивні системи керування, здатні функціонувати в умовах невизначеності та швидкої зміни режимів. Подальші дослідження доцільно спрямувати на розроблення методів забезпечення безпечності алгоритмів, підвищення їх інтерпретованості та поєднання з фізично обґрунтованими моделями електричних мереж.

Список використаних джерел:

1. Glavic M. Deep reinforcement learning for electric power system control and related problems: A short review and perspective. *Annual Reviews in Control*. 2019. Vol. 48. P. 22–35. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.arcontrol.2019.09.008>
2. Bedi G., Venayagamoorthy G. K., Wang K.-C., Singh R., Brooks R. R. Review of Internet of Things (IoT) in electric power and energy systems. *IEEE Internet of Things Journal*. 2018. Vol. 5, No. 2. P. 847–870. DOI: <https://doi.org/10.1109/JIOT.2018.2802704>
3. Du W., Wang Z., Liu J. DDeep reinforcement learning for adaptive frequency control of island microgrid considering control performance and economy. *Frontiers in Energy Research*. 2024. DOI: <https://doi.org/10.3389/fenrg.2024.1361869>

Замкова О.А., аспірант спеціальності 141 Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка

(Національний технічний університет «Дніпровська політехніка», м. Дніпро, Україна)

ЕНЕРГЕТИЧНА ТРАНСФОРМАЦІЯ ВУГЛЕДОБУВНИХ ГРОМАД

Напрямок який є потенційно актуальним для країни та шахтарських регіонів – це використання територій колишніх шахт і промислових майданчиків для розміщення об'єктів відновлюваної енергетики. Такими об'єктами можуть бути:

- сонячні електростанції на рекультивованих шахтних територіях;
- вітрові електростанції на відвалах і промислових зонах;
- біоенергетичні комплекси.

Для України питання трансформації шахтарських регіонів є особливо актуальним, оскільки значна частина промислових територій залежить від вугільної енергетики. Реалізація програм низьковуглецевого розвитку дозволить скоротити викиди парникових газів, модернізувати енергетичну систему, підвищити енергетичну безпеку та забезпечити довгостроковий економічний розвиток регіонів.

Однією з проблем, що супроводжує процес видобутку вугілля в Україні, є утворення породних відвалів. Вони займають значні території та містять у своєму складі горючі компоненти, здатні виділяти леткі горючі сполуки. Це часто стає причиною самозаймання, пожеж і навіть вибухів на териконах. Одним із напрямів раціонального поводження з такими відвалами є їх ефективне охолодження із застосуванням теплонасосних установок, що передбачає використання шахтних териконів як джерела геотермальної енергії [1].

Додатковим шляхом підвищення енергетичної ефективності шахтних комплексів є утилізація низькопотенційного тепла шахтних вод та відпрацьованого вентиляційного повітря. Сучасні світові технології дозволяють відбирати та використовувати теплову енергію цих джерел для забезпечення власних потреб підземної та наземної інфраструктури шахт, а також для покриття комунально-побутових потреб населення прилеглих шахтарських поселень [1].

Використання сільськогосподарських відходів та залишків агрокультур (соломи, стебел, лушпиння, кукурудзяних качанів тощо) розглядається як один із перспективних напрямів розвитку біоенергетики та зменшення вуглецевого сліду аграрного сектору. Проте ефективність такого використання повинна поєднуватися із збереженням родючості ґрунтів, оскільки рослинні рештки відіграють важливу роль у підтриманні гумусного балансу, структури ґрунту та біологічної активності.

Сільськогосподарські відходи можуть використовуватися в кількох енергетичних та технологічних напрямках, таких як: виробництво теплової та електричної енергії, біогазові установки, виробництво біопалива другого покоління, виробництво біоматеріалів.

Повне вилучення рослинних решток може призвести до деградації ґрунтів, зниження врожайності та втрати органічного вуглецю.

За результатами агрономічних та екологічних досліджень, для збереження родючості ґрунтів рекомендується залишати значну частину рослинних залишків на полі, а саме:

- 30-50 % рослинних решток повинні залишатися на полі для підтримання гумусного балансу;
- 50-70 % може бути потенційно використано для енергетичних потреб за умови достатнього внесення органічних або мінеральних добрив;

- на ґрунтах із високим ризиком ерозії частка залишків, що залишаються, може становити 60-70 %.

Для окремих культур показники можуть дещо відрізнятися. У табл. 1 представлено енергетичний потенціал переробки залишків найпоширеніших сільськогосподарських культур.

Таблиця 1 – Енергетичний потенціал переробки залишків сільгоспвиробництва

Культура	Частка для енергетичного використання, %	Валовий збір зернових культур, млн.т	Доступний обсяг соломи, тис.т	Енергетичний потенціал, ГВт·год
Пшениця	50–60 %	2,1 – 2,5	800	3 200
Кукурудза	40–50 %	1,2 – 1,4	600	2 400
Соняшник	40 %	0,8 – 1,2	350	1 400
Ячмінь	50–60 %	0,4 – 0,6	150	600
УСЬОГО		4,5 – 5,7	1 900	7 600

Використання аграрних відходів може відігравати важливу роль у декарбонізації енергетики та розвитку циркулярної економіки. Біоенергетика дозволяє зменшити залежність від викопного палива, скоротити викиди парникових газів, створити додаткові джерела доходу для аграрного сектору, забезпечити локальні джерела енергії для громад, в яких переважає сільськогосподарське виробництво.

Для України, яка має значний аграрний потенціал, використання біомаси сільськогосподарських залишків може стати одним із ключових напрямів розвитку відновлюваної енергетики та підтримки низьковуглецевої трансформації регіонів.

За оцінками експертів біоенергетичного сектору, економічно доступний потенціал аграрних відходів в Україні становить близько 11 млн т нафтового еквівалента (млн. т н.е.) на рік [2].

Щорічно в Україні утворюється близько 111 млн т рослинних залишків, з яких 73 млн т технічно доступних, 41 млн т економічно доцільних для енергетики [3].

Дніпропетровська область – один із великих аграрних регіонів України. Її частка у виробництві зернових і технічних культур становить приблизно 6–7 % від загальноукраїнського виробництва що створює передумови до розвитку маневрових біоенергетичних установок для забезпечення стійкої роботи енергосистеми регіону.

Висновок: комплексне поєднання технологій утилізації низькопотенційного тепла, рекультиватії промислово змінених територій з будівництвом об'єктів вітрової та сонячної енергетики, а також створення прогнозованої маневрової генерації на біопаливі, отриманому з відходів рослинництва, відповідає Енергетичній стратегії України до 2035 року, сприяє створенню нових робочих місць, відновленню поверхневої екосистеми та має стати ключовим напрямком справедливої трансформації вугледобувних територій.

Список використаних джерел

4. Д.С. Малашкевич, Є.С. Козій, А.А. Макурін, Є.В. Кошеленко. Комплексне використання ресурсного потенціалу вугледобувних підприємств Західного Донбасу: монографія /Д.С. Малашкевич, Є.С. Козій, А.А. Макурін, Є.В. Кошеленко; М-во освіти і науки України, Нац. техн. ун-т «Дніпровська політехніка». – Дніпро: Журфонд, 2021. – 219 с. ISBN 978-966-934-330-7.

5. Uliana Pysmenna, Sviatoslav Petrovets, Iryna Sotnyk, Tetiana Kurbatova, Development of energy cooperatives in Ukraine: scale, energy mix and business models, Energy Reports, Volume 15, 2026, 108965, ISSN 2352-4847 DOI: <https://doi.org/10.1016/j.egy.2025.108965>.

6. Reviewed data on energy potential of agrobiomass in Ukraine. Published 21/12/2020. Режим доступу: <https://saf.org.ua/en/news/1121/>

Кіберфізичні та інформаційно- вимірювальні системи

УДК 620.179.14

**Івашенко Є.Д., аспірант кафедри інформаційно-вимірювальних технологій
Науковий керівник: Хомяк Ю.В., к.т.н., доцент кафедри інформаційно-вимірювальних технологій**

(Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут», м. Харків, Україна)

ОБҐРУНТУВАННЯ РЕЖИМІВ ВИХРОСТРУМОВОГО НЕРУЙНІВНОГО КОНТРОЛЮ ТРУБ ПЕРВИННОГО РЕФОРМІНГУ ПЕЧІ 101-В АТ «ДНІПРОАЗОТ»

Труби печі первинного реформінгу агрегатів виробництва аміаку належать до відповідальних елементів технологічного обладнання, що експлуатуються в умовах високих температур і тривалого термомеханічного навантаження. У процесі експлуатації відбувається розвиток повзучості, локальної втрати товщини стінки та утворення поздовжніх тріщин. Під час регламентних оглядів і планово-попереджувальних ремонтів ключовими вимогами є мінімізація простоїв, відтворюваність результатів та можливість порівняння даних у динаміці. У цьому контексті вихрострумний неруйнівний контроль (ВСК) є перспективним методом промислової діагностики, що дозволяє оцінювати стан труб без демонтажу та порушення їх цілісності [1–3].

Об'єктом дослідження є труби первинного реформінгу печі позиції 101-В АТ «ДНІПРОАЗОТ» двох типорозмірів:

– зовнішній діаметр $D = 114$ мм, товщина стінки $s = 12$ мм (матеріал G 4852 MICRO – аналог 40X25H35C2B);

– зовнішній діаметр $D = 108$ мм, товщина стінки $s = 10$ мм (матеріал A312 TR304).

Матеріали характеризуються низькою відносною магнітною проникністю та питомою електропровідністю близько $1,1 \cdot 10^6$ См/м, що визначає характер формування вихрових струмів у стінках значної товщини.

Метою роботи є обґрунтування частотної області ВСК для контролю труб зі стінкою 10–12 мм у режимі регламентних оглядів та визначення інформативних діагностичних ознак для розрізнення дефектів типу «втрата товщини» і «поздовжня тріщина».

Дослідження виконано методом скінченних елементів у середовищі ANSYS Maxwell (Eddy Current Solver) у гармонічному режимі. Для прийнятих електрофізичних параметрів оцінено глибину проникнення електромагнітного поля: приблизно 15,2 мм при 1 кГц, 9,6 мм при 2,5 кГц та 4,8 мм при 10 кГц. Аналіз показує, що частотна область 2–3 кГц є компромісною для труб зі стінкою 10–12 мм, забезпечуючи проникнення поля на глибину, співмірну з товщиною стінки, та достатню чутливість до локальних змін електромагнітної взаємодії.

За результатами моделювання встановлено, що при частоті 2,5 кГц щільність вихрових струмів на внутрішній поверхні труби зі стінкою 12 мм становить близько 37% від поверхневого значення. Такий рівень проникнення є практично значущим для промислової діагностики, оскільки підтверджує можливість виявлення дефектів внутрішньої зони без доступу до внутрішньої поверхні труби.

Моделювання поздовжніх тріщин глибиною 10–50% від товщини стінки та сценаріїв зменшення товщини показало зміну комплексного імпедансу перетворювача та приросту ΔZ . Аналіз траєкторій ΔZ на комплексній площині засвідчив відмінність фазових характеристик сигналу для дефектів різного типу. Використання комплексно-площинного аналізу відповідає сучасним підходам електромагнітного неруйнівного

контролю [1,4] та може бути застосоване як критерій автоматизованої класифікації дефектів під час регламентних оглядів.

Отримані результати підтверджують доцільність застосування ВСК для труб первинного реформінгу АТ «ДНПРОАЗОТ» та дозволяють обґрунтувати робочу частотну область і діагностичні ознаки, придатні для промислової експлуатаційної діагностики відповідно до міжнародних стандартів у галузі електромагнітного неруйнівного контролю [2,3].

Список використаних джерел:

1. Udpa S. S., O'Moore P. Nondestructive Testing Handbook. Vol. 5: Electromagnetic Testing. 3rd ed. Columbus : ASNT, 2004. 536 p.
2. ISO 10893-2:2011. Non-destructive testing of steel tubes — Part 2: Automated eddy current testing of seamless and welded steel tubes for the detection of imperfections. Geneva : International Organization for Standardization, 2011.
3. ISO 15549:2019. Non-destructive testing — Eddy current testing — General principles. Geneva : International Organization for Standardization, 2019.
4. Machado M. A. et al. Eddy Current Probe Design for NDT Applications: A Review // Sensors. 2024. Vol. 24, No. 17. Article 5819.

Гурбанов Р.А., аспірант кафедри кіберфізичних та інформаційно-вимірювальних систем

Науковий керівник: Бубліков А.В., д.т.н., завідувач кафедри кіберфізичних та інформаційно-вимірювальних систем

(Національний технічний університет «Дніпровська політехніка», м. Дніпро, Україна)

ПІДХІД ДО ПОБУДОВИ ЦИФРОВОГО БЛИЗНЮКА ЕЛЕКТРОПРИЛАДУ НА ОСНОВІ ГРАФОВОЇ МОДЕЛІ ЗМІНИ СПОЖИВАНОЇ ПОТУЖНОСТІ

Сучасні кіберфізичні системи керування енергоспоживанням будівель та промислових об'єктів потребують ефективних методів аналізу та прогнозування режимів роботи електроприладів. Це пов'язано з необхідністю підвищення енергоефективності, оптимізації режимів роботи обладнання та забезпечення адаптивного керування енергетичними ресурсами. Одним із перспективних напрямів вирішення цієї задачі є використання технології цифрових близнюків, що дозволяє створювати цифрові моделі фізичних систем та аналізувати їх поведінку на основі даних моніторингу. Цифрові близнюки забезпечують інтеграцію фізичних і цифрових компонентів системи, що дозволяє виконувати прогнозування, оптимізацію та підтримку прийняття рішень у реальному часі [1].

У задачах енергоменеджменту важливим напрямом досліджень є ідентифікація режимів роботи електроприладів за часовими залежностями споживаної потужності. Значна кількість сучасних досліджень у цій області пов'язана з технологіями NILM (Non-Intrusive Load Monitoring), які дозволяють визначати роботу окремих електроприладів на основі аналізу сигналів електроспоживання. Такі методи використовуються в системах розумних будівель, енергетичних мережах та системах керування попитом [2].

Разом з тим більшість сучасних NILM-методів базується на складних алгоритмах машинного навчання або глибоких нейронних мережах, що потребують значних обсягів навчальних даних та значних обчислювальних ресурсів. У ряді робіт показано, що використання цифрових близнюків може підвищити ефективність таких систем, забезпечуючи формування моделей енергоспоживання на основі синтетичних або експериментальних даних [2-4].

Перспективним підходом до вирішення цієї задачі є використання структурних моделей поведінки електроприладів, які відображають закономірності переходів між різними режимами роботи системи. Такі моделі дозволяють поєднати статистичний аналіз сигналів з формальним описом поведінки технічної системи у вигляді структури станів. У сучасних кіберфізичних енергетичних системах цифрові близнюки використовуються для моделювання режимів роботи обладнання, прогнозування енергоспоживання та оптимізації функціонування енергетичних мереж.

Об'єктом дослідження є процес зміни споживаної потужності електроприладів у часі. Предметом дослідження є метод побудови цифрового близнюка електроприладу на основі аналізу часових залежностей споживаної потужності.

Метою роботи є розробка підходу до формування цифрового близнюка електроприладу, який дозволяє автоматично ідентифікувати режими його роботи та прогнозувати зміну споживаної потужності на основі аналізу експериментальних даних.

Запропонований підхід базується на представленні процесу зміни потужності електроприладу у вигляді графової моделі станів. У цій моделі кожному стабільному значенню споживаної потужності відповідає окрема вершина графа, а перехід між вершинами відображає зміну рівня потужності. Кожен перехід характеризується двома

параметрами: величиною зміни потужності ΔP та часом перебування системи у попередньому стані Δt .

Формування структури графа здійснюється у процесі обробки потоку вимірювань потужності. Новий перехід формується у випадку фіксації суттєвого перепаду сигналу, тоді як стабілізація сигналу на певному рівні визначає створення нової вершини графа. Таким чином структура графа відображає послідовність змін режимів роботи електроприладу та поступово розширюється у процесі накопичення експериментальних даних.

Для опису режимів роботи електроприладу використовується представлення у вигляді траєкторій переходів між станами графа. Кожна траєкторія відповідає певному режиму або сценарію роботи приладу та характеризується послідовністю станів і часовими інтервалами перебування у цих станах. Параметри переходів розглядаються як випадкові величини, для яких визначаються статистичні характеристики та функції розподілу. Перевірка належності поточного переходу до певної траєкторії виконується на основі аналізу статистичних характеристик параметрів ΔP та Δt .

У випадку, коли зафіксований перехід не належить жодній із відомих траєкторій, формується нова траєкторія переходів, що відповідає новому режиму роботи електроприладу. Таким чином цифровий близнюк має здатність до поступового навчання та адаптації до нових умов роботи електроприладу.

Запропонована модель дозволяє одночасно підтримувати декілька можливих сценаріїв роботи електроприладу. У процесі накопичення нових даних виконується уточнення ймовірності реалізації кожного сценарію та відсіювання тих траєкторій, які не відповідають поточному режиму роботи системи. Це забезпечує можливість прогнозування подальшої зміни споживаної потужності на заданому часовому горизонті.

Отримані результати можуть бути використані для побудови інтелектуальних систем моніторингу та прогнозування енергоспоживання електроприладів у кіберфізичних системах керування енергоресурсами будівель, системах енергоменеджменту та системах оптимізації роботи технологічного обладнання.

Список використаних джерел:

1. Mchirgui, N., Quadar, N., Kraiem, H., & Lakhssassi, A. (2024). The applications and challenges of digital twin technology in smart grids: A comprehensive review. *Applied Sciences*, 14(23), 10933. <https://doi.org/10.3390/app142310933>
2. Gopinath, R., Kumar, M., Joshua, C. P. C., & Srinivasan, K. (2020). Energy management using non-intrusive load monitoring techniques – State-of-the-art and future research directions. *Sustainable Cities and Society*, 62, 102411. <https://doi.org/10.1016/j.scs.2020.102411>
3. Kim, M., Kim, J., & Lee, J. (2025). Digital twins for clean energy systems: A state-of-the-art review. *Sustainability*, 18(1), 43. <https://doi.org/10.3390/su18010043>
4. Internò, C., Castellani, A., Schmitt, S., Stella, F., & Hammer, B. (2025). Industrial energy disaggregation with digital twin-generated dataset and efficient data augmentation. *arXiv*. <https://arxiv.org/abs/2506.20525>

УДК 622.647:621.865.8:681.5

Продан Б.Ш., аспірант кафедри кіберфізичних та інформаційно-вимірювальних систем
Науковий керівник: Бубліков А.В., д.т.н., завідувач кафедри кіберфізичних та інформаційно-вимірювальних систем

(Національний технічний університет «Дніпровська політехніка», м. Дніпро, Україна)

АЛГОРИТМ АВТОМАТИЧНОГО КЕРУВАННЯ ШВИДКІСТЮ ТЯГОВОГО ОРГАНУ ЗАБІЙНОГО СКРЕБКОВОГО КОНВЕЄРА НА ОСНОВІ ІДЕНТИФІКАЦІЇ РЕЖИМУ ГРАНИЧНОЇ ТРАНСПОРТУВАЛЬНОЇ ЗДАТНОСТІ

У попередніх дослідженнях запропоновано підхід до створення системи автоматизації керування скребковим конвеєром у вибої шахти на основі непрямого визначення завантаженості конвеєра та використання двох інформаційних ознак: розрахункової кількості вугілля на конвеєрі та потужності приводних двигунів конвеєра [1]. Було показано, що для тонких вугільних пластів характерною є складна структура формування вантажопотоку. Окрім подачі вугілля виконавчим органом комбайна, значна його частина може надходити на конвеєр при притисканні рештатного става до вибою лемехом комбайна, а також у процесі ручної зачистки ґрунту. Це призводить до стохастичного характеру завантаження конвеєра.

У таких умовах пряме вимірювання вантажопотоку є технічно складним, тому доцільним є використання непрямих ознак стану процесу транспортування.

Подальший розвиток підходу пов'язаний із формуванням алгоритму керування швидкістю тягового органу, який забезпечує підтримання режиму роботи конвеєра поблизу граничної транспортувальної здатності. Саме цей режим фізично відповідає максимальному заповненню міжскребкового простору без пересипу матеріалу, що у свою чергу відповідає мінімальним питомим енерговитратам транспортування.

У сучасних дослідженнях керування конвеєрними системами широко застосовується адаптація швидкості конвеєра до інтенсивності потоку матеріалу [2,3]. Для скребкових конвеєрів розглядаються підходи, у яких швидкість тягового органу визначається за прогнозованим завантаженням, що формується режимами роботи комбайна [4]. Іншим напрямом є використання непрямих електричних ознак завантаження, що визначаються за сигналами електроприводу конвеєра [5].

Разом з тим для задачі керування забійним скребковим конвеєром суттєвою є транспортна затримка між зміною швидкості тягового органу та повним проявом цієї зміни у фактичній завантаженості конвеєра.

Отже, на відміну від робіт [2–5], у даному дослідженні алгоритм орієнтований не на пряме керування за енергетичним критерієм, а на ідентифікацію режиму граничної транспортувальної здатності конвеєра, який відповідає максимальному допустимому заповненню міжскребкового простору без пересипу й фізично пов'язаний із мінімальними питомими енерговитратами транспортування [1].

Запропонований алгоритм керування швидкістю тягового органу базується на ідентифікації режиму, який відповідає граничній транспортувальній здатності конвеєра. У цьому режимі міжскребковий простір заповнений максимально допустимою кількістю матеріалу, але пересипання через скребки або борти конвеєра ще не відбувається. Саме при такому режимі транспортування досягається найефективніше використання енергії приводу.

Алгоритм використовує дві групи інформаційних ознак. Перша група формується на основі параметрів роботи комбайна та дозволяє оцінити розрахункову кількість вугілля, що надходить на конвеєр. Для цього використовуються швидкість подачі комбайна, швидкість обертання виконавчих органів, потужність двигунів різання та

швидкість руху тягового органу конвеєра.

Друга група ознак пов'язана з аналізом енергетичних параметрів роботи конвеєра. До них належать середня активна потужність приводних двигунів та її спектральні характеристики. Зі збільшенням кількості матеріалу на конвеєрі змінюється характер коливань тягового органу, що відображається у спектрі потужності приводів.

Особливістю реалізації алгоритму є необхідність врахування транспортної затримки процесу. Після зміни швидкості тягового органу кількість вугілля на окремих ділянках конвеєра змінюється не миттєво. Потрібен певний час, щоб новий режим транспортування сформувався по всій довжині конвеєра.

Тому між керуючим впливом та зміною інтегральної завантаженості конвеєра існує інтервал часу, який приблизно відповідає часу переміщення матеріалу вздовж характерної довжини конвеєра.

У зв'язку з цим алгоритм керування включає два взаємодоповнюючих контури:

- випереджальний контур, який формує зміну швидкості на основі прогнозу надходження вугілля з боку комбайна;
- контур підтвердження, який після закінчення інтервалу транспортної затримки аналізує фактичні енергетичні ознаки стану конвеєра.

Якщо система виявляє порушення характеру залежності між розрахунковою завантаженістю конвеєра та споживаною потужністю, це інтерпретується як досягнення режиму граничної транспортувальної здатності.

У такому випадку швидкість тягового органу підтримується на рівні, що забезпечує роботу конвеєра поблизу цього режиму.

Розроблено алгоритм автоматичного керування швидкістю тягового органу забійного скребкового конвеєра, який базується на ідентифікації режиму граничної транспортувальної здатності конвеєра.

На відміну від підходів, що безпосередньо оптимізують енергетичний критерій, запропонований алгоритм відстежує фізичний режим транспортування, який відповідає максимальному заповненню міжскребкового простору без пересипу матеріалу. Саме цей режим забезпечує мінімальні питомі енерговитрати транспортування.

Врахування транспортної затримки між зміною швидкості тягового органу та зміною фактичної кількості матеріалу на конвеєрі дозволяє уникнути нестійких режимів керування та забезпечує стабільну роботу системи.

Список використаних джерел:

1. Бубликов, А. В., & Продан, Б. Ш. (2025). Підхід щодо створення системи автоматизації процесу керування скребковим конвеєром у вибої при підземному видобутку вугілля. XX Міжнародна конференція "Проблеми використання інформаційних технологій в освіті, науці та промисловості", 5 грудня 2025 р. https://pzks.nmu.org.ua/ua/science/2025_fin.pdf
2. Ji, J., Miao, C., & Li, X. (2020). Research on the energy-saving control strategy of a belt conveyor with variable belt speed based on the material flow rate. PLOS ONE, 15(1), e0227992. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0227992>
3. Ji, J., Miao, C., & Li, X. (2021). Speed regulation strategy and algorithm for the variable-belt-speed energy-saving control of a belt conveyor based on the material flow rate. PLOS ONE, 16(2), e0247279. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0247279>
4. Zhang, X., Ren, M., Wang, H., Xu, H., Shi, B., & Gao, M. (2025). A study on a speed regulation method for mining scraper conveyors and a control strategy for permanent magnet drive systems. Machines, 14(3), 106. <https://doi.org/10.3390/act14030106>
5. Zhang, D., Qin, J., Wu, W., Zhu, Y., & Guo, W. (2025). Research on scraper conveyor load prediction method based on wavelet transform and BP neural network. Scientific Reports, 15, 15367. <https://doi.org/10.1038/s41598-025-00333-7>

Інформаційні технології та телекомунікації

УДК 004.942

Беліков Ю. Ю., аспірант спеціальності F3 Комп'ютерні науки

Науковий керівник: Деревянченко О. В., к.ф.-м.н., доцент кафедри математичної інформатики

(Київський Національний університет ім. Т. Шевченка, м. Київ, Україна)

ПОРІВНЯЛЬНИЙ АНАЛІЗ МЕТОДІВ ПРОСТОРОВОГО МОДЕЛЮВАННЯ КЛІТИННИХ СИСТЕМ: ОБЧИСЛЮВАЛЬНІ ПІДХОДИ ТА СУЧАСНІ ВИКЛИКИ

Вступ. Моделювання клітинних систем у просторі та часі є задачею на перетині комп'ютерних наук, системної біології та високопродуктивних обчислень. Такі системи характеризуються великою кількістю взаємодіючих елементів, локальною гетерогенністю та впливом мікросередовища, що потребує поєднання дискретної індивідуальної динаміки та безперервних просторових процесів. У практиці найчастіше використовують два базові класи підходів: agent-based modeling (ABM) та польові (дифузійно-реакційні) моделі на основі PDE (partial differential equations), але їхнє окреме застосування має суттєві обмеження, що мотивує розвиток гібридних підходів.

Класифікаційна рамка. Для порівняння методів моделювання клітинних систем доцільно використовувати набір формалізованих критеріїв, що відображають структуру моделі та її обчислювальну реалізацію.

- (i) **Рівень представлення.** Моделі можуть базуватися на дискретному описі індивідуальних об'єктів (агентів) або на континуальному представленні системи у вигляді полів, густин чи концентрацій, що задаються диференціальними рівняннями [2][3].
- (ii) **Просторова постановка.** Розглядаються як моделі без явної просторової структури, так і постановки з дво- або тривимірною геометрією та просторовою дискретизацією області [2].
- (iii) **Масштаб опису.** Моделі можуть бути орієнтовані на індивідуальний рівень (окрема клітина з власними параметрами) або на агрегований рівень (популяційні змінні) [1][2].
- (iv) **Схема взаємодії “клітина–середовище”.** Реалізуються механізми:
 - отримання агентами значень поля в локальній області;
 - чисельне розв'язання рівнянь, що описують динаміку середовища [2].
- (v) **Обчислювальна реалізація.** Враховується спосіб виконання симуляції: однопотоковий режим, багатопотокова паралелізація або гетерогенна архітектура з використанням CPU/GPU, а також пов'язані з цим вимоги до синхронізації та керування пам'яттю.

Застосування зазначених критеріїв дозволяє здійснювати порівняння підходів за їх структурними та обчислювальними властивостями. У гібридних ABM–PDE моделях для складних доменів можливе використання різних підмоделей у різних просторових підобластях з узгодженням розрахунків на межах [1].

Обчислювальні виклики. Сучасний стан обчислювальних систем надає простір для роботи над наступними викликами комп'ютерного моделювання:

- (i) **Паралелізація та потокобезпечність.** Для масштабних ABM характерний “природний” паралелізм по агентах; OpenMP-паралелізація циклу по агентах, а також окремо паралелізуються оновлення дифузійної сітки й візуалізація; синхронізація потрібна, коли агенти модифікують спільне середовище [1].
- (ii) **Масштабованість і гетерогенне прискорення.** BioDynaMo описує повністю паралелізований рушій на multi-core CPU з можливістю вивантаження обчислень

- на GPU і демонструє сильне масштабування та запуск сценаріїв до ~1 млрд агентів, а також оцінює вплив GPU-обчислення механічних сил у бенчмарках [1].
- (iii) **“Вузькі місця” гібридних моделей.** У гібридній архітектурі критичними стають фази агрегації внеску агентів у поля та обмін даними між компонентами. Зменшення накладних витрат досягається фазовим розділенням симуляційного циклу та редуційними операціями.
 - (iv) **Сурогатні (ML-)наближення АВМ:** нейромережеві сурогати можуть зменшувати вартість калібрування та аналізів чутливості, але мають суттєве обмеження — **інтерпретованість**, що є критичною у прикладних доменах [2].
 - (v) **Валідація моделей нового покоління.** Для АВМ, підсилених LLM-агентами (generative agents), автори підкреслюють відсутність узгоджених критеріїв інтерпретації результатів і потребу у формальних методах, щоб висновки надійно узагальнювалися на реальні системи [3].

Також зазначається потреба поєднувати “когнітивність та адаптивність” GABM із ефективністю та інтерпретованістю традиційного АВМ [3].

Висновки та перспективи. Порівняння методів моделювання клітинних систем доцільно виконувати через класифікаційну рамку “представлення-простір-масштаб-зв’язування-обчислення”, а не лише через назви підходів. Поточний тренд — модульні високопродуктивні АВМ-платформи (як BioDynaMo) [1] та гібридні АВМ-PDE з узгодженим кроковим обміном інформації [2]. Ключові відкриті напрями для комп’ютерних наук:

- (i) універсальні схеми інтеграції агентів і полів у єдиному циклі [1];
- (ii) масштабовані паралельні реалізації та зменшення синхронізаційних накладних витрат [1];
- (iii) інтерпретовані прискорювачі калібрування (в т.ч. ML-сурогати) [2];
- (iv) методології валідації для моделей із generative agents і формальні критерії узагальнюваності [3].

Список використаних джерел

1. Breitwieser L., et al. BioDynaMo: a modular platform for high-performance agent-based simulation. *Bioinformatics*. 2022. Vol. 38(2). P. 453–460. DOI: 10.1093/bioinformatics/btab649.
2. Kehrer K., Conrad T.O.F. A Hybrid ABM-PDE Framework for Real-World Infectious Disease Simulations. arXiv:2504.08430v2, 2025.
3. Adornetto C., et al. Generative Agents in Agent-Based Modeling: Overview, Validation, and Emerging Challenges. *IEEE Transactions on Artificial Intelligence*. 2025. DOI: 10.1109/TAI.2025.3566362.

UDC 004.93:621.391

Holinko O., PhD, Associate Professor, Department of Computer Systems Software
Kuznetsov O., graduate student, Department of Labor Protection and Civil Security
(Dnipro University of Technology, Dnipro, Ukraine)

INFORMATION SUPPORT FRAMEWORK FOR DEGASSING MONITORING AND CONTROL IN COAL MINES

Modern technical systems cannot be imagined without the constant collection, analysis and interpretation of information about their state and operating modes. That is why monitoring occupies a key place in the structure of management of complex production processes. Monitoring is usually understood as continuous or periodic observation of the parameters of an object in order to assess its current state, predict possible deviations and make timely management decisions. In the mining industry, the role of monitoring systems is especially important, since here technological processes are directly related to an increased level of danger to personnel and the environment [1].

Management processes in technical systems involve not only direct influence on the object, but also the organization of effective information exchange. This includes the collection of primary data, their transmission, accumulation, processing and visualization, on the basis of which a control effect is formed. In modern conditions, such functions are implemented using computer technology, microprocessor devices and specialized software.

Among the variety of monitoring systems, one can distinguish systems for monitoring the condition of objects, systems for monitoring the course of technological processes, as well as systems for assessing the results and consequences of management actions. Each of the above types has its own goals and functional features, but all of them are based on reliable and timely information.

A special place among such systems is occupied by monitoring the degassing process of coal mines. Its purpose is to ensure the safety of mining operations, prevent emergency situations, and optimize the operation of degassing plants. The reliability of such a system is largely determined by the accuracy and stability of measuring instruments, primarily methane content control devices [2].

In the degassing process, explosive mixtures may form at various stages - during well drilling, gas suction, transportation of the mixture through pipelines and its subsequent disposal. Situations when the concentration of methane in the mixture changes rapidly and falls within the explosive limits are especially dangerous.

A change in the gas composition can be caused by air suction due to leaks in the wellheads, pipeline leaks, or wells entering active collapse zones. In main pipelines, due to mixing of flows, a certain averaging of the mixture composition occurs, however, slow but dangerous concentration changes are also possible here [3].

The requirements for methane control devices in degassing pipelines differ significantly from the requirements for devices used directly in mining operations. This is due to a wider range of concentrations, the influence of humidity, carbon dioxide, temperature, and other factors. As a rule, devices should operate in the range from zero values to almost one hundred percent methane concentration.

In practice, various physical methods are used to control the methane content. In the mine atmosphere, the most common are thermocatalytic sensors, which are distinguished by high sensitivity and relative simplicity of design. However, their application is limited to low methane concentrations, usually up to 5–9%, since at higher values, the linearity of the signal is violated and a dependence on the oxygen content appears [4].

For degassing systems, thermal conductometric methods are more suitable, which are based on measuring the difference in thermal conductivity of gas mixtures. They provide unambiguous readings in a wide range of concentrations and are less sensitive to pressure changes. At the same time, such sensors have significant disadvantages: low sensitivity, nonlinear characteristics, significant influence of temperature, humidity and composition of impurities, as well as relatively large inertia.

Serial gas analyzers using the thermal conductometric principle usually have a relatively large permissible error. In the concentration zone close to the upper explosive limit, such an error can lead either to an unreasonable discharge of the conditioned mixture into the atmosphere, or, conversely, to the emergence of potentially dangerous situations. This necessitates the improvement of both the sensors themselves and the algorithms for processing measurement information.

Analysis of heat exchange processes in thermal conductometric sensors shows that the measurement results are affected not only by the thermal conductivity of the gas, but also by convective heat exchange and thermal radiation. It is impossible to completely eliminate these factors, but their influence can be reduced by design and circuit solutions.

A promising direction is the use of single-chamber thermal conductometric sensors with an uninsulated comparison element,

placed directly in the analyzed medium. With this approach, the temperature of the comparison element is practically equal to the gas temperature, which allows to significantly reduce the influence of external factors. Powering the sensor from a stable current source provides such an organization of measurement, in which the voltage difference on the sensitive elements is determined mainly by the intensity of heat exchange, and therefore by the concentration of methane.

The use of microcontrollers in the composition of gas analyzers provides significant advantages. They allow to implement automatic tuning, software compensation of nonlinearity, temperature effects and long-term drifts of parameters. In addition, there is no need for complex balancing of bridge circuits, since all adjustments can be performed at the software level.

Conclusions

The development and implementation of modern means of information support for degassing monitoring systems allows to significantly increase the reliability of control and the accuracy of methane content assessment. This, in turn, creates conditions for more effective management of degassing installations, reducing losses of useful gas and reducing methane emissions into the atmosphere.

From a safety perspective, improving the accuracy of measurements in critical concentration ranges helps reduce the likelihood of explosive situations. From an economic perspective, this allows for the expansion of methane use as a fuel and reduces indirect losses associated with equipment downtime and emergency production shutdowns.

References:

1. Borowski, M., Zwolińska-Gładys, K., & Cheng, J. (2025). Methane emissions from coal mines: Quantification, capture, and utilization strategies for atmospheric impact mitigation—A case study from Poland. *Atmosphere*, 16(2), 174. <https://doi.org/10.3390/atmos16020174>
2. Holinko, V., Mukha, O., Holinko, O., & Kuznetsov, O. (2025). *Information support for the monitoring system of coal mine degassing process*. *Scientific Bulletin of DonNTU*, 1(14), 8–23. <https://doi.org/10.31474/2415-7902-2025-1-14-8-23>
3. Tutak, M. (2024). Predicting methane concentrations in underground coal mine workings using neural networks. *Sustainability*, 16(19), 8388. <https://doi.org/10.3390/su16198388>
4. Chauhan, A., & Raval, S. (2025). Satellite-derived approaches for coal mine methane estimation: A review. *Remote Sensing*, 17(21), 3652. <https://doi.org/10.3390/rs17213652>

UDC 517.968.21

Gorev V., Ph.D., Docent, Head of the Department of Physics

Shedlovska Y., Ph.D., Associate Professor of the Department of Information Technology and Computer Engineering

Shedlovsky I., Ph.D., Docent, Associate Professor of the Department of Information Technology and Computer Engineering

Podliatska A., Senior Teacher of the Department of Physics

(Dnipro University of Technology, Dnipro, Ukraine)

MFSD HEAVY-TAIL PROCESS PREDICTION BASED ON THE POLYNOMIALS ORTHOGONAL WITHOUT WEIGHT

Introduction. Our work is devoted to the Kolmogorov–Wiener filter weight function based on the orthogonal system of the polynomials for the prediction of a continuous MFSD process [1]. Our previous works were based on the Chebyshev polynomials of the first kind [2] and of the second kind [3]. In this work the corresponding investigation is made on the basis of the polynomials orthogonal without weight.

Brief description of the results. The solution of the Wiener-Hopf integral equation is sought in the form of a truncated expansion in polynomials orthogonal without weight. The corresponding MAPE of misalignment of the left-hand side and the right-hand side of the integral equation under consideration is calculated for different approximations, see Table 1 (the results for the packet rate equal to 2^{11} p/s are given; the numerical values of the parameters are the same as in [2, 3]).

Table 1. MAPE for different numbers n polynomials orthogonal without weight

n	MAPE, %	n	MAPE, %
1	27.39	6	4.71
2	18.58	7	3.49
3	11.77	8	2.92
4	8.67	9	2.28
5	6.01	10	2.03

As can be seen, the obtained results coincide with the corresponding results calculated on the basis of the Chebyshev polynomials of the first kind [2] and of the second kind [3].

Conclusions. The use of different orthogonal polynomial sets in the framework of the problem under consideration leads to the obtaining of identical results.

References

1. D. Anderson, W. S. Cleveland and B. Xi, "Multifractal and Gaussian fractional sum–difference models for Internet traffic", *Performance Evaluation*, Vol. 107, p. 1–33, 2017. Doi: 10.1016/j.peva.2016.11.001
2. V. N. Gorev, Y. I. Shedlovska, I. S. Laktionov, G. G. Diachenko, V. Yu. Kashtan and K. S. Khabarlak, "Method for signal processing based on Kolmogorov-Wiener prediction of MFSD process", *Radio Electronics, Computer Science, Control*, No. 3, p. 19 - 25, 2024. Doi: 10.15588/1607-3274-2024-3-2
3. V. Gorev and Y. Shedlovska. Comparison of different Chebyshev polynomial systems for MFSD heavy-tail process prediction, *Proceedings of the XV International scientific and practical conference of PhD students and young scientists “Scientific Spring”*, Dnipro, March 26–28, 2025, p. 184. URL: https://rmv.nmu.org.ua/ua/arkhiv-zbirok-konferentsiy/naukova-vesna-2025/Scientific_Spring_2025.pdf

УДК 004.4:005.8:330.131.7

Деретюк І.К., аспірант спеціальності 122/ F3 "Комп'ютерні науки"**Науковий керівник: Козуля М.М., к.т.н., доцент кафедри програмної інженерії та інтелектуальних технологій управління***(Національний технічний університет «Харківський політехнічний Інститут», м. Харків, Україна)*

ГІБРИДНЕ УПРАВЛІНСЬКЕ СЕРЕДОВИЩЕ, ЯК ОПТИМІЗАЦІЯ ЕКОНОМІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ ІТ-ПРОЄКТІВ

За останні роки в компаніях постають виклики, які обумовлені високою волатильністю ринку, зростаючою складністю технічних вимог та скороченням циклів програмних продуктів. Традиційні методи управління проектами та бізнес аналізу значний час функціонували як окремі дисципліни, але в сучасних реаліях вони демонструють свою неповноцінність. Наприклад, каскадна модель забезпечує прозорість бюджету, стратегії та планів але зовсім не підходяща для внесення будь-яких змін. У той же час гнучка методологія Agile маючи досить високу швидкість реакції доволі часто уповільнює довгострокове економічне прогнозування та розрахунок рентабельності інвестицій (ROI) на рівні портфелю компанії [1].

Сучасний менеджмент ІТ-компаній потребує переходу від жорстких ієрархічних структур до адаптивних екосистем. Гібридні моделі, що поєднують класичні методи бізнес-аналізу (BPMN-модельовання, SWOT-аналіз, Value Stream Mapping, PESTEL) із сучасними гнучкими фреймворками (Scrum, Kanban, Lean, SAFe), стають фундаментом для формування міцних конкурентних переваг. Дослідження показують що використання гібридних моделей дає змогу не тільки оптимізувати процеси але й значно скоротити час на реалізацію проектів близько 15–25%, а також покращення командного перформансу до 30%.

Головною метою дослідження є модифікація таких гібридних систем, які допоможуть оптимізувати економічну складову ІТ-проектів на основі інтелектуальних систем підтримки прийняття рішень.

Якщо порівнювати та аналізувати дві вищезгадані моделі Waterfall та Agile за параметрами: планування, управління вимогами, контроль бюджету, ризики та роль замовника то можна зрозуміти переваги гібридного підходу. В той час як будь яка з моделей поодиночі хитається від одного боку до іншого, в тому сенсі що перша підходить для одних видів проекту, інша для інших але “золота середина” відсутня. Тому пропонується перехід до гібридної моделі для того щоб усунути прірву між тактичним рівнем управління проектами та стратегічним рівнем бізнес-аналізу, а також отримати цю “золоту середину” яка покращить життєвий цикл більшості проектів. У рамках даної інформаційної технології ця інтеграція реалізується через опис прямого зв'язку між бізнес вимогами і фактичними витратами на їх реалізацію, отриманих із систем управління задачами [1-2].

Економічна ефективність в середовищі розробки програмного забезпечення є вирішальним аспектом успіху підприємства. Традиційні методи розрахунку ROI (Return on Investment) доволі часто не беруть до уваги динамічну природу ІТ-проектів, де цінність функції може змінюватися залежно від ринкової кон'юнктури або технологічного боргу. Запропонована технологія базується на трифункціональній модульній архітектурі: модуль стратегічного бізнес аналізу, модулі гібридного проджект-менеджменту та аналітичному ядрі – модулі підтримки прийняття рішень (ППР).

Для забезпечення об'єктивності управлінських рішень модуль ППР оперує набором ключових показників ефективності (КРІ), які розраховуються в режимі реального часу:

1. ROI (Return on Investment) – інтегральний показник окупності, який розраховується як відношення чистої вигоди ($TB-TC$) до витрат.

$$ROI = \frac{TB-TC}{TC} \cdot 100\%,$$

де TB – дохід, TC – витрати.

2. Value/Cost Ratio – відношення очікуваної бізнес цінності конкретної функції до вартості її розробки. Цей показник дасть змогу створити пріоритизацію беклогу.

3. TCO (Total Cost of Ownership) – сукупна вартість володіння, яка включає не тільки розробку, але й підтримку, масштабування та обслуговування [3-4].

Реалізація аналізу дасть змогу менеджеру моделювати вплив зміни пріоритетів в беклозі на кінцеві економічні метрики проекту. Це критично важливо в VUCA-світі (Volatility, Uncertainty, Complexity, Ambiguity), де ціна помилки при виборі помилкового пріоритету може складати десятки відсотків від загального бюджету проєкту.

Отже, впровадження подібних інтелектуальних технологій може вплинути на український ІТ-сектор, який є досить потужним та який у 2024–2025 роках знаходиться у стані трансформації. Необхідність адаптації до вимог військового стану, зміні логістичних ланцюгів та глобальна конкуренція з новими швидкозростаючими ринками потребує від компаній максимальної операційної ефективності для того щоб показати, що ІТ-спільнота готова покращуватися в будь-яких умовах.

Список використаних джерел:

1. The standard for project management and a guide to the project management body of knowledge. Newtown Square, PA: Project Management Institute, Inc., 2021. 250 p.
2. Управління ІТ-проєктами: Загальні питання теорії управління ІТ-проєктами (конспект лекцій) Навчальний посібник [Електронний ресурс]: навч. посіб. для студ. Спеціальності 122 «Комп'ютерні науки» / уклад.: Л. М. Добровська, О. С. Коваленко, О. А. Аверьянова; КПП ім. Ігоря Сікорського. Київ: КПП ім. Ігоря Сікорського, 2022. 284 с.
3. ROI Frameworks for Data Analytics Projects. URL: <https://www.lucid.now/blog/roi-frameworks-for-data-analytics-projects/> дата звернення(23.02.2026).
4. How to Measure Software Development ROI in 2026 URL: <https://enji.ai/blog/how-to-measure-software-development-roi/> дата звернення(23.02.2026).

УДК 004.75

Жабко О.С., аспірант спеціальності 123 Комп'ютерна інженерія
Науковий керівник: Лактіонов І.С., доктор технічних наук, професор, професор
кафедри програмного забезпечення комп'ютерних систем
(Національний технічний університет «Дніпровська політехніка», м. Дніпро, Україна)

СИНТЕЗ ІoT-СИСТЕМИ АГРОМОНІТОРИНГУ ЗА ЯКІСТЮ ТА АКТУАЛЬНІСТЮ ДАНИХ

Агротехнічний моніторинг у середовищі ІoT здійснюється в умовах просторової розподіленості сенсорних вузлів, обмежених енергетичних ресурсів, нестійких каналів зв'язку та деградації вимірювальних даних (пропуски, шум, викиди та ін.) [1, 2]. У зв'язку з цим актуальною є задача синтезу структурно-алгоритмічної організації ІoT-системи, яка реалізує кросрівневу обробку даних за архітектурою пристрій–туманна мережа–хмарний сервер [3] із обліком мережових обмежень (QoS) і деградації даних.

Побудову референтної архітектурної моделі та алгоритмічного контуру ІoT-системи агромоніторингу реалізовано як локальну трансформацію даних, подієве передавання і зважену агрегацію з урахуванням якості та актуальності. На початковому етапі архітектуру системи формалізовано як орієнтований граф:

$$\mathcal{G} = (V, E),$$

де V – множина компонентів (вузлів), E – множина інформаційних зв'язків.

Зі свого боку, множина вузлів може бути подана як:

$$V = S \cup E_g \cup F \cup C,$$

де S – сенсори, E_g – граничні шлюзи, F – туманний рівень, C – хмарний рівень.

Кожному зв'язку $e_{ij} \in E$ відповідає вектор QoS-параметрів:

$$q_{ij} = \{L_{ij}, p_{ij}, J_{ij}, B_{ij}\},$$

де L_{ij} – затримка, p_{ij} – імовірність втрат, J_{ij} – джитер, B_{ij} – пропускна здатність.

Таке подання забезпечує інваріантність опису до конкретних протоколів та водночас дозволяє формально враховувати вплив мережі на інтегральні показники.

Для відтворюваності моделювання введено референтну конфігурацію. Сенсорний рівень реалізовано як низькопотужну мережу (референтно Zigbee/IEEE 802.15.4) [1], функціонал шлюз–туманна мережа інтегровано на одному вузлі (Raspberry Pi), а магістральний канал розглядається як сценарний компонент (наприклад LTE/Wi-Fi/5G) з варіативними QoS-параметрами [2]. Задано період дискретизації вимірювань Δt , що відповідає режиму оперативного агромоніторингу та коректному використанню показника актуальності (віку даних) у зважуванні [4].

Алгоритмічний контур системи у такій моделі описується перетвореннями виду:

$$X_i(t) \rightarrow \tilde{X}_i(t) \rightarrow F_i(t) \rightarrow G(t),$$

де $X_i(t)$ – первинні вимірювання $i^{\text{го}}$ вузла, $\tilde{X}_i(t)$ – відновлені/очищені та нормалізовані дані, $F_i(t)$ – локальні узагальнені ознаки, $G(t)$ – глобальний вектор стану.

Для пропусків вводиться маска наявності $m_i(t) \in \{0,1\}$ та застосовується ресурсно-

ефективне відновлення:

$$\tilde{x}_i(t) = \begin{cases} x_i(t), & m_i(t) = 1, \\ \tilde{x}_i(t-1), & m_i(t) = 0. \end{cases}$$

Далі дані переводяться у нормалізований простір, що дозволяє задавати пороги подієвості у безрозмірній формі. Локальна трансформація виконується у ковзному вікні довжини W з формуванням вектора ознак F_i на основі статистик, що знижує надлишковість даних і підвищує робастність до шуму.

Для врахування деградації даних окремих вузлів введено індекс якості Q_i , який визначається як функція частки пропусків r_{miss} та частки викидів r_{out} у поточному вікні:

$$Q_i = 1 - \alpha r_{miss} - \beta r_{out},$$

де α, β – вагові коефіцієнти.

Передавання локальних ознак організовано за подієвим принципом: пакет відправляється при значущій зміні ознак відносно останнього передавання або під час досягнення гарантованого часу оновлення τ_{max} , що обмежує «вік» інформації навіть у квазістаціонарних режимах. Глобальна оцінка стану формується на туманному рівні із обліком якості та актуальності. Вік інформації визначається як $AoI_i = t - t_i$, де t_i – час останнього пакета від i^{th} вузла. Ваги агрегації визначаються за формулою:

$$w_i = Q_i \cdot e^{-\lambda AoI_i}, \quad \lambda = \frac{\ln 2}{T_{1/2}},$$

де $T_{1/2}$ — параметр «напіврозпаду» корисності даних.

Отже, глобальний стан визначається як нормалізована зважена агрегація:

$$G(t) = \frac{\sum_i w_i F_i}{\sum_i w_i}.$$

Векторна форма $G(t)$ зберігає інформацію для подальших прикладних індикаторів та дозволяє коректно оцінювати похибки за кожним параметром.

Висновки. Запропоновано структурно-алгоритмічну організацію IoT-системи агротехнічного моніторингу, що формалізує архітектуру у вигляді графової QoS-моделі, вводить референтну конфігурацію для відтворюваних експериментів, синтезує алгоритмічний контур із відновленням пропусків, нормалізацією, локальною трансформацією у ковзному вікні, індексом якості, подієвим передаванням та зваженою агрегацією з урахуванням актуальності. Запропонована схема забезпечує методологічну основу для подальшої оптимізації параметрів систем агромоніторингу.

Тези підготовлено в рамках НДР «Програмно-алгоритмічні рішення інформаційно-аналітичних систем сільськогосподарського призначення на основі штучного інтелекту в мінливих агрокліматичних умовах» (0126U001122).

Список використаних джерел:

1. Akyildiz I.F. et al. Wireless sensor networks: a survey. *Computer Networks*. 2002. Vol. 38 (4). P. 393–422.
2. Al-Fuqaha A. et al. Internet of Things: A survey on enabling technologies, protocols, and applications. *IEEE Communications Surveys & Tutorials*. 2015. Vol. 17 (4). P. 2347–2376.
3. Bonomi F. et al. Fog computing and its role in the Internet of Things. *Proceedings of the First MCC Workshop on Mobile Cloud Computing*. 2012. P. 13–16.
4. Kaul S., Yates R., Gruteser M. Real-time status: How often should one update? *IEEE INFOCOM 2012*. 2012. P. 2731–2735.

УДК 534.6:004.52

**Загинайло Є.О., аспірант спеціальності 121 Інженерія програмного забезпечення
Науковий керівник: Приходченко С.Д., к.т.н.**

(Національний технічний університет «Дніпровська політехніка», м. Дніпро, Україна)

АНАЛІЗ АЛГОРИТМІВ DOA ДЛЯ МОДЕЛЮВАННЯ ЛОКАЛІЗАЦІЇ ДЖЕРЕЛА ЗВУКУ З ВИКОРИСТАННЯМ PYROOMACOUSTICS

Ще не так давно єдиним варіантом проведення експериментів у сфері акустичної локалізації було створення масиву мікрофонів. Це складне завдання через об'ємну конструкцію таких систем. Зазвичай масив має складатися щонайменше з трьох мікрофонів, які повинні бути надійно закріплені на заздалегідь розрахованій відстані один від одного та підключені до одного пристрою для проведення розрахунків.

На щастя сьогодні існують і інші варіанти проведення експериментів у цій сфері, що дає можливість абстрагуватись від необхідності створення системи мікрофонів і дає змогу повністю сфокусуватись на виборі та аналізі алгоритмів локалізації. Одним з таких варіантів є моделювання поширення акустичного сигналу в замкненому просторі з використанням бібліотеки мови програмування python – pyroomacoustics. Ця бібліотека дає змогу моделювати системи, що знаходяться в замкненому просторі з одним або декількома джерелами сигналу та одним або декількома приймачами сигналу, моделювати реверберацію, розраховувати impulse response кімнати, а також тестувати різні алгоритми локалізації джерел звуку в симульованих умовах. Такий процес моделювання забезпечує високу гнучкість завдяки можливості зміни дослідницького середовища шляхом простої заміни параметрів, що значно прискорює процес дослідження та дозволяє досягнути високої точності результатів.

FRIDA – достатньо довершений алгоритм, заснований на визначенні вибірки для розрахунку DOA. Однією з важливих переваг цього алгоритму є незалежність від відносного розташування мікрофонів в масиві мікрофонів (зазвичай алгоритми потребують кругового або лінійного розташування), можливість локалізувати ширококутові сигнали завдяки використанню крос-кореляції та за умови помірної кількості джерел дає дуже точні результати. Але одним з головних недоліків FRIDA хочеться виділити чутливість до низького рівня шуму та апаратного забезпечення на якому він буде запускатись через свою велику обчислювальну складність. [1]

MUSIC – популярний алгоритм визначення напрямку сигналу, який на відміну від вищезазначеного FRIDA вже потребує лінійного розміщення мікрофонів на однаковій відомій відстані один від одного, вимагає достатньо високого значення SNR для стабільного результату та використовується в системах з заздалегідь відомою кількістю джерел сигналу.

ISSM – алгоритм, що розбиває ширококутовий сигнал на вузькі частотні «біни» використовуючи STFT, після цього для кожної окремої частоти застосовує MUSIC та усереднює отримані спектри. Таким чином можна сказати що для цього алгоритму характерні усі особливості раніше розглянутого MUSIC з єдиною відмінністю що його краще використовувати з ширококутовими некогерентними сигналами. [2]

Розберемо процес визначення напрямку до джерела сигналу (DOA) з використанням pyroomacoustics на прикладі алгоритму CSSM.

CSSM - це покращений алгоритм ISSM, який може використовуватись у розрахунках з когерентними сигналами. Мінімальні вимоги для моделювання локалізації акустичного сигналу – наявність створеної кімнати в якій буде проводитись «експеримент», масив координат мікрофонів, задана частота дискретизації, задана

кількість «точок даних» для розрахунку перетворення Фур'є, відповідний сигнал який буде використовуватись для симуляції.

Для проведення симуляції потрібно передати в кімнату матеріали стін/стелі (якщо відбувається трьовимірна симуляція), дані щодо джерела сигналу, дані щодо масиву мікрофонів. Після цього, можна запустити симуляцію передачі сигналу від джерела. Для визначення напрямку сигналу потрібно розрахувати значення короткого перетворення Фур'є, що потім треба передати в метод локалізації об'єкта алгоритму CSSM.

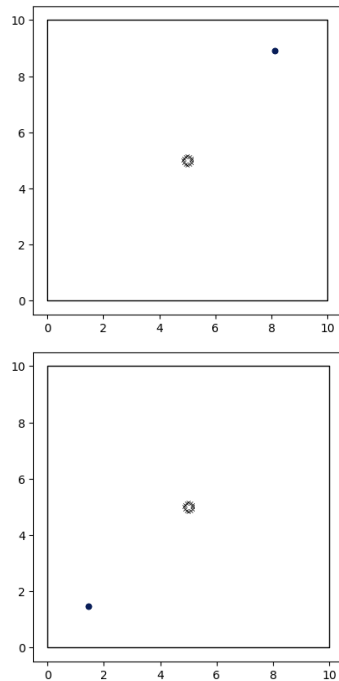


Рис.1 – Приклади кімнат проведення симуляції

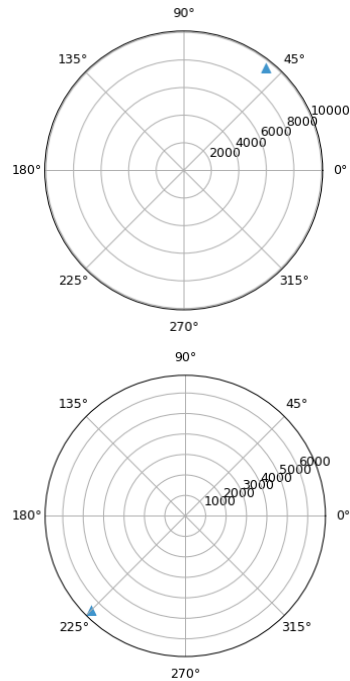


Рис. 2 – Діаграмми визначеного напрямку сигналу

Список використаних джерел:

1. H. Pan, R. Scheibler, E. Bezzam, I. Dokmanić and M. Vetterli, "FRIDA: FRI-based DOA estimation for arbitrary array layouts," *2017 IEEE International Conference on Acoustics, Speech and Signal Processing (ICASSP)*, New Orleans, LA, USA, 2017, pp. 3186-3190, <https://doi.org/10.1109/ICASSP.2017.7952744>
2. Shun He, Zhiwei Yang, and Guisheng Liao. DOA estimation of wideband signals based on iterative spectral reconstruction[J]. *Journal of Systems Engineering and Electronics*, 2017, 28(6): 1039-1045, <https://doi.org/10.21629/JSEE.2017.06.01>

УДК 004.9

Каштан В.Ю., докторант спеціальності 05.13.06 – «Інформаційні технології», к.т.н., доцент, доцент кафедри інформаційних технологій та комп'ютерної інженерії
(Національний технічний університет "Дніпровська політехніка", м. Дніпро, Україна)

КЛАСИФІКАЦІЯ ЗЕМНОГО ПОКРИВУ ЗА РАДАРНИМИ ДАНИМИ НА ОСНОВІ КВАНТОВОГО МАШИННОГО НАВЧАННЯ ЗІ ЗБЕРЕЖЕННЯМ ТЕНЗОРНОЇ СТРУКТУРИ ДАНИХ

Класифікація земного покриття є фундаментальною задачею дистанційного зондування Землі для екологічного моніторингу, оцінювання змін земного покриття та підтримки стратегій сталого розвитку [1]. Серед джерел супутникової інформації радарні дані з синтетичною апертурою набули особливого значення так як забезпечують регулярні спостереження незалежно від атмосферних умов. На відміну від оптичних даних [2], радарні – використовують активне мікрохвильове випромінювання, що дозволяє реєструвати діелектричні властивості поверхні та геометричні характеристики об'єктів через поляризаційно-залежні коефіцієнти зворотного розсіювання. Такі параметри безпосередньо пов'язані зі структурою рослинного покриття, вологістю ґрунту та морфологією урбанізованих територій. Практичну значущість радарні дані підтверджують широке використання місії Sentinel-1 у задачах картографування та моніторингу земної поверхні. Але постійне зростання радарних даних та їх багатовимірної структури (просторові координати, поляризаційні канали, часові серії) потребують значних обчислювальних ресурсів. Класичні алгоритми машинного навчання часто потребують попередньої векторизації ознак, що призводить до втрати структурної інформації та зниження узагальнюючої здатності моделей. У цьому контексті перспективним напрямом є використання квантового машинного навчання, що поєднує принципи квантової механіки, теорії інформації та алгоритмічні методи обробки даних. Особливу увагу привертають шумні квантові пристрої проміжного масштабу, які відкривають можливості реалізації гібридних квантово-класичних алгоритмів у прикладних задачах.

Дана робота присвячена дослідженню підходу квантового машинного навчання зі збереженням тензорної структури радарних даних для підвищення точності класифікації земного покриття. Тензорне представлення дозволяє зберегти багатовимірну структуру даних без їх перетворення у векторну форму та узгоджується з математичною моделлю квантових станів. Поєднання тензорних методів і варіаційних квантових схем створює передумови для підвищення ефективності класифікації за умов високої розмірності та обмежених навчальних вибірок.

Враховуючи структуру радарних даних виділено амплітудні та фазові компоненти, що дозволяє розрізняти класи земного покриття: ліси, міські території, сільськогосподарські поля та водні об'єкти. Для вирішення проблем високої розмірності даних застосовано методи тензорного розкладу, зокрема CP-розклад, розклад Такера та Tensor Train / Matrix Product State. Такий підхід дозволяє зменшити розмірність простору представлення, одночасно зберігаючи багатовимірні кореляції між ознаками.

Для квантової базової моделі використано квантову згорткову мережу (QCNN), що забезпечує обробку інформації у станах суперпозиції [3]. Класичні дані кодуються у квантові стани за допомогою амплітудного кодування, що дозволяє зберігати багатовимірну структуру даних без векторизації та інтегрувати її у квантову схему. Схема QCNN [4] розроблена за аналогією з класичною згортковою мережею (рис.1), із застосуванням унітарних перетворень для виконання операцій аналізу локальних ознак та зменшення розмірності інформації[^]

$$|\psi_{out}\rangle = U_{pool}^{(L)} U_{conv}^{(L)} \dots U_{pool}^{(1)} U_{conv}^{(1)} |\psi_{in}\rangle, \quad (1)$$

де $U_{pool}^{(L)}$ – оператори редукції; $U_{conv}^{(L)}$ – локальні унітарні оператори; $|\psi_{in}\rangle$ - стан після амплітудного кодування.

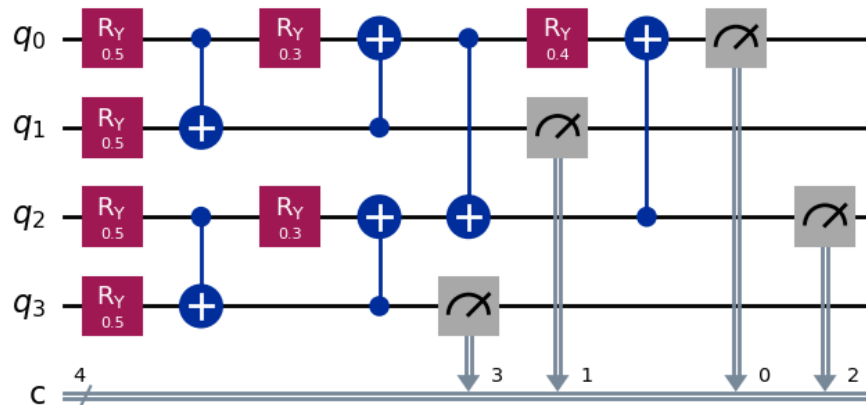


Рисунок 1 – Квантова схема QCNN з амплітудним кодуванням вхідних даних

Поєднання тензорного представлення даних і квантових алгоритмів дозволяє не лише підвищити точність класифікації земного покриття, але й забезпечити стійкість моделі до шуму та обмеженого обсягу навчальної вибірки, відкриваючи нові можливості для інтеграції квантового машинного навчання у задачі дистанційного зондування.

Висновки. У роботі досліджено підхід до класифікації земного покриття на основі поєднання тензорного представлення радарних даних та варіаційних квантових схем. Показано, що збереження багатовимірної структури радарних даних без попередньої векторизації дозволяє уникнути втрати просторово-поляризаційних кореляцій, що є важливими для розпізнавання класів земного покриття. Подальші дослідження присвячені: оптимізації схем кодування з урахуванням фізичних обмежень квантового обладнання та тестуванню підходу для різночасових радарних даних.

Це дослідження проводиться в рамках наукового проекту № 0126U000995 «Інтелектуальні технології аналізу просторово-часових змін на аерокосмічних знімках для прийняття рішень в умовах збройної агресії», що фінансується Міністерством освіти і науки України за рахунок державного бюджету.

Список використаних джерел:

1. Zhao, J.; Wang, L.; Yang, H.; Wu, P.; Wang, B.; Pan, C.; Wu, Y. A land cover classification method for high-resolution remote sensing images based on NDVI deep learning fusion network. *Remote Sens.* 2022, 14, 5455.
2. Kpienbaareh, D.; Sun, X.; Wang, J.; Luginaah, I.; Bezner Kerr, R.; Lupafya, E.; Dakishoni, L. Crop type and land cover mapping in northern Malawi using the integration of sentinel-1, sentinel-2, and planetscope satellite data. *Remote Sens.* 2021, 13, 700.
3. Cong, Iris, Soonwon Choi, and Mikhail D. Lukin: Quantum convolutional neural networks. *Nature Physics* 15.12, 2019.
4. . V. Yu. Kashtan, V. V. Hnatushenko, K. Wereszczyński, K. Cyran. Quantum machine learning for fusion of multichannel optical satellite images. *Naukovyi Visnyk Natsionalnoho Hirnychoho Universytetu.* 2025, (5): 112 - 121. DOI: <https://doi.org/10.33271/nvngu/2025-5/112>.

УДК 004.67+004.75

Козін М.Д., аспірант спеціальності F7 Комп'ютерна інженерія**Науковий керівник: Волк М.О., д.т.н., професор, професор кафедри Електронних обчислювальних машин***(Харківський національний університет радіоелектроніки, м. Харків, Україна)***ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ПАРАМЕТРІВ ІНТЕРВАЛЬНОГО УЗГОДЖЕННЯ ЗАПИТІВ НА ЗАПИС ДАНИХ НА ПРОМІЖНЕ ПРОГРАМНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ МУЛЬТИХМАРНИХ СИСТЕМ**

Однією з функціональних особливостей мультихмарних систем (МХС) є те, що реплікація даних, розподілених у ресурсах різних провайдерів хмарних послуг, як і підтримка необхідного рівня несуперечності даних мають виконуватися клієнтами МХС самостійно. При цьому пріоритети у фундаментальному компромісі між узгодженістю та затримкою читання несуперечливих даних з кожної із гео-розподілених реплік визначаються вимогами бізнес-логіки того додатку чи сервісу, який використовує МХС. Однак, визначення підсумкової загальної моделі несуперечності розподілених даних у МХС є складною невирішеною досі науковою задачею [1], тому метод забезпечення необхідного рівня несуперечності даних може бути обраний за значенням затримки запису даних у розподілені репліки МХС.

Метод Latord інтервального узгодження запитів на запис даних у розподілені репліки МХС, який базується на алгоритмічному методі впорядкованості вхідних запитів, дозволяє досягти синхронізації ініціалізації операції запису впорядкованих даних з апіорно визначеною затримкою [2]. Затримка запису даних у розподілених репліках визначається апіорно обраними інтервалом корегування та максимально допустимим терміном запізнення вхідних пакетів, які буде впорядковано. На вибір цих значень впливає середній час передачі пакетів між тими дата-центрами кожного провайдера хмарних послуг у МХС, які виконують функції брокерів обміну даними та виступають центрами умовних кластерів користувачів. При цьому впорядкування запитів на запис даних відбувається у кожному брокері в межах рівно тривалих непересічних інтервалів коригування з однаковим значенням для усіх брокерів [2]. Отже, функціонування методу узгодження вхідних даних у МХС виконується у проміжному програмному забезпеченні (ППЗ), що розташовується у брокерах МХС.

Будь-яку МХС можна вважати динамічною системою, що має функціонувати у нестабільному зовнішньому мережевому середовищі, де потоки вхідних запитів користувачів та час передачі пакетів через глобальну мережу мають розглядатися як зовнішні процеси з випадковою природою. При цьому коливання цих зовнішніх процесів можуть бути викликані причинами, що не залежать від роботи МХС, наприклад, рівень коливань зовнішніх мережевих процесів може бути пов'язаний з днем тижня, порою року, модою або особливими подіями в кластерах користувачів [3]. У цій роботі зосереджено увагу на аналізі впливу процедури визначення числових значень методу Latord на функціональну структуру ППЗ МХС. Запропоновано провести аналіз чисельних параметрів методу Latord, при яких між брокерами МХС з'являються такі пакети на запис даних, які було отримано брокерами від кінцевих користувачів хмарного додатку, відправлено усім брокерам МХС, але не отримано іншим брокером протягом визначеного максимально допустимого терміну запізнення для пакетів. Аналіз умов виникнення таких пакетів «з запізненням» може визначити потребу у додаткових блоках ППЗ, що мають сприяти адаптації параметрів методу узгодження вхідних пакетів.

У роботі було розроблено засобами програмного середовища чисельних обчислень Matlab імітаційну модель функціонування методу Latord для МХС, що поєднує ресурси

чотирьох провайдерів хмарних послуг. Припущено, що брокери цієї МХС розташовано у Лондоні (Великобританія), Монреалі (Канада), Пуне (Індія) та Тель-а-Віві (Ізраїль). Максимально допустимий термін запізнення вхідних пакетів визначено як подвоєний інтервал коригування. У імітаційних експериментах середній час доставки пакетів між брокерами $Br_1 \dots Br_4$ попарно за рівномірним законом ймовірності дорівнює (мс) [4]:

	Br_1	Br_2	Br_3	Br_4
Br_1	8.50	221.36	167.63	138.79
Br_2	226.44	5.11	159.44	92.95
Br_3	175.47	155.75	4.61	71.49
Br_4	139.76	91.11	73.95	4.30

У моделі до кожного брокера генерується окремий потік з 5000 пакетів з розподілом імовірності за законом Парето, що імітує потоки запитів від кінцевих користувачів. Результати експериментів показали, що при інтенсивності вхідного потоку 500 запитів у секунду та інтервалі коригування, що дорівнює 50 мс, у інтервалі [2; 25] значень середньо квадратичного відхилення (СКВ) часу доставки пакетів між брокерами частка пакетів «з запізненням» складає у середньому 39,9%, але залишається нульовою при інтервалах коригування більше 130 мс. Тобто, застосування інтервалів коригування більше 130мс, що визначає затримку ініціалізації запису у розподілених репліках такої МХС у 260мс, не призводить до появи пакетів «з запізненням».

Якщо за бізнес-логікою хмарного додатка отриманий у імітаційних експериментах рівень затримки запису даних у репліки вважатиметься прийнятним та мережеві умови функціонування МХС не мають причин змінюватися, то структура ППЗ не потребує ніяких додаткових блоків. Але, якщо вважається, що інтенсивність вхідного потоку запитів на запис, середнє або СКВ часу доставки пакетів між брокерами можуть змінюватися у часі, що призведе до появи пакетів «з запізненням», то до складу ППЗ треба додавати блоки збору, статистичного аналізу та прогнозу трендів значень мережевих параметрів для зміни чисельних величин методу узгодження даних.

Подальші дослідження будуть присвячені розробці загальних алгоритмів вибору та адаптації параметрів методу Latord інтервального узгодження запитів на запис даних у розподілені репліки МХС для досягнення оптимального рівня затримки запису даних.

Список використаних джерел:

1. Mhaisen, N., Malluhi, Q. M. (2020). Data Consistency in Multi-Cloud Storage Systems With Passive Servers and Non-Communicating Clients. IEEE Access, 8, 164977–164986. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2020.3022463>.
2. Volk, M., Kozina, O., Buhrii, A., Osiievskyi, S., Kozin, M., Volk, D., Diachenko, D., & Turinskyi, Y. (2025). Devising a method for data consistency at replication in multicloud systems. Eastern-European Journal of Enterprise Technologies, 4(2 (136), 14–22. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2025.332189>.
3. Martinez, G., Hernandez, J.A., Reviriego, P., Reinheimer, P. (2023) Round Trip Time (RTT) Delay in the Internet: Analysis and Trends. IEEE Netw., 38, 280–285. <https://doi.org/10.1109/MNET004.2300008>.
4. Azure Network Round-Trip Latency Statistics. Available online: <https://learn.microsoft.com/en-us/azure/networking/azure-network-latency> (дата звернення: 10.02.2026).

UDC 004.8

Korotenko S., PhD Candidate 122 Computer Science

Scientific supervisor: Roman Yarovy, PhD, Associate Professor of the Department of Computer Science and Software Engineering

(Private Higher Education Establishment "European University", Kyiv, Ukraine)

ADAPTIVE STRUCTURAL ATTENTION UNDER PROCESS DRIFT

Problem statement. Modern predictive models in BPM demonstrate high accuracy on historical data; however, their effectiveness significantly decreases under structural drift in business processes. Changes in execution topology, the emergence of new routing paths, or updated process regulations lead to prediction degradation. The absence of an adaptive mechanism for regulating the influence of the normative knowledge space limits the robustness of existing models.

The problem of structural drift in business processes has been extensively studied within the domains of process mining and predictive process monitoring. Bose and Sato systematize types of drift, including control-flow and attribute drift, emphasizing the difficulty of their detection in dynamic environments [1, 2]. Sequence-based models, such as LSTM [3] and Transformers [4], achieve high predictive accuracy; however, they remain structurally blind, as they model processes as linear event sequences.

Graph neural networks [5] enable explicit modelling of process topology, and incorporating BPMN structure improves prediction stability under varying prefix lengths [6]. Nevertheless, even structurally informed models exhibit performance degradation when the normative version of the process changes, due to the absence of an adaptive mechanism for regulating the influence of structural context. Research in out-of-distribution detection and uncertainty estimation indicates that prediction errors and model confidence can serve as signals for inference modulation; however, the integration of such mechanisms into BPM remains insufficiently formalized [7, 8].

The Purpose of This Study is to theoretically substantiate and mathematically formalize the hypothesis of *Error-Driven Structural Attention* as a mechanism for adapting predictive BPM models to structural drift.

Proposed Approach. The hypothesis is grounded in the assumption that the history of prediction errors contains latent information about zones of structural instability within a business process. The process is formalized as a dynamic attributed graph $G_{obs} = (V, E)$, while the enterprise normative knowledge space is represented as a structural graph G_{struct} . The latent representation of the observed process is learned by a GNN and denoted as h_{local} , whereas the structural context derived from the normative graph is represented as h_{struct} .

The Error-Driven Structural Attention mechanism introduces a weighting coefficient α , defined as a function of the prediction error history ϵ_t . The integration of local and structural representations is formally expressed as:

$$h_{final} = h_{local} + \alpha(\epsilon_t) \odot h_{struct}.$$

The architectural realization of the proposed mechanism is illustrated in Fig. 1.

The coefficient α is modeled as a function of accumulated prediction error or epistemic uncertainty estimated in the latent space. When the frequency of errors increases or a distributional shift (OOD) is detected, the influence of the structural component is amplified, which is equivalent to increasing the weights associated with the normative graph.

Thus, the model transitions from static structural conditioning to a dynamic regime in which the normative knowledge space acts as a stabilizing factor in high-risk regions. Training is performed by minimizing a composite loss function:

$$L = \mathcal{L}_{pred} + \lambda \mathcal{L}_{attn},$$

where $\mathcal{L}_{attn}$ promotes alignment between the contribution of structural attention and the

reduction of prediction error. This formulation allows attention to be interpreted not as a static weighting mechanism, but as an adaptive instrument that responds to process evolution.

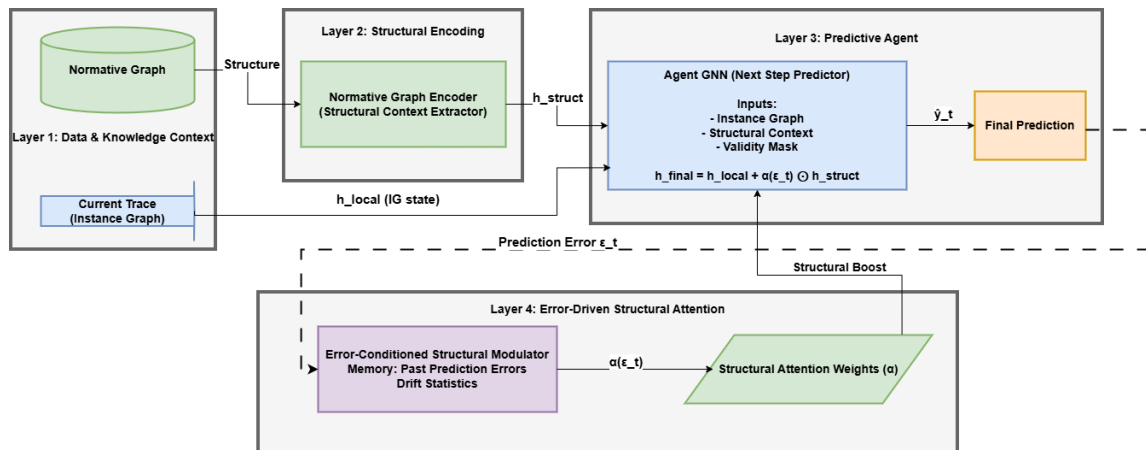


Figure 1 - Architecture Error-Driven Structural Attention

Conclusions. The hypothesis of *Error-Driven Structural Attention* is proposed as a mechanism for adaptively regulating the influence of the normative knowledge space on a predictive model. Unlike static approaches, the structural context is activated proportionally to the history of prediction errors, which reduces performance degradation under structural drift. The proposed method establishes a foundation for a hierarchical adaptive learning strategy that does not require full model retraining and enhances inference robustness under process evolution.

Future work will generalize the error-driven mechanism beyond local modulation toward strategic evaluation of full predicted process graphs. This involves introducing a global structural critic that assesses trajectory-level consistency with the normative space, enabling a hierarchical adaptive architecture that unifies local inference stabilization and global structural planning. Formal convergence properties will be analysed on multi-version enterprise datasets.

References:

1. Bose R. P. J. C., Aalst W. M. P. van der, Zliobaite I., Pechenizkiy M. Dealing With Concept Drifts in Process Mining. *IEEE Transactions on Neural Networks and Learning Systems*. 2014. Вип. 25, № 1. С. 154–171 DOI:10.1109/TNNLS.2013.2278313.
2. Sato D. M. V., Freitas S. C. De, Barddal J. P., Scalabrin E. E. A Survey on Concept Drift in Process Mining. *ACM Computing Surveys*. 2022. Вип. 54, № 9. С. 1–38 DOI:10.1145/3472752.
3. Hochreiter S., Schmidhuber J. Long Short-Term Memory. *Neural Computation*. 1997. Вип. 9, № 8. С. 1735–1780 DOI:10.1162/neco.1997.9.8.1735.
4. Vaswani A., Shazeer N., Parmar N., Uszkoreit J., Jones L., Gomez A. N., Kaiser Ł., Polosukhin I. Attention Is All You Need. *Y: Advances in Neural Information Processing Systems*. 2017.
5. Kipf T. N., Welling M. Semi-Supervised Classification with Graph Convolutional Networks. 2016 URL: <http://arxiv.org/abs/1609.02907>.
6. Korotenko S. Supplementary Detailed Figures for Prefix Length Impact in Predictive Process Monitoring (BPMN vs Logs). 2025 DOI:10.5281/zenodo.17191656.
7. Hendrycks D., Gimpel K. A Baseline for Detecting Misclassified and Out-of-Distribution Examples in Neural Networks. 2016 DOI:10.48550/arXiv.1610.02136.
8. Gal Y., Ghahramani Z. Dropout as a Bayesian Approximation: Representing Model Uncertainty in Deep Learning. *Y: Proceedings of The 33rd International Conference on Machine Learning*. PMLR, 2016, С. 1050–1059

УДК 004.8:93

Кривокоритов А.В., аспірант спеціальності F4 Системний аналіз та наука про дані.
Науковий керівник: Желдак Т.А., к.т.н., доцент, завідувач кафедри системного аналізу та управління.

(НТУ «Дніпровська політехніка» м. Дніпро, Україна)

ІНТЕГРАЦІЯ МОДЕЛЕЙ ПРОГНОЗУВАННЯ ТА ОПТИМІЗАЦІЇ ЦІН НА ЕНЕРГОНОСІЇ: ІНФОРМАЦІЙНО-ТЕХНОЛОГІЧНИЙ ПІДХІД

Сучасні ринки енергоносіїв характеризуються високою волатильністю, структурними зламами та зростанням ролі цифрових платформ торгівлі. Динаміка цін на нафту, природний газ та електроенергію формується під впливом макроекономічних, геополітичних, фінансових і технологічних факторів. Зокрема, коливання котирувань нафти марки Brent crude та природного газу на хабі Henry Hub демонструють складну нелінійну поведінку з періодичними шоками, що ускладнює традиційне планування закупівель і бюджетування для енергетичних компаній [1; 2]. У таких умовах ключового значення набуває інтеграція інформаційних технологій прогнозування з алгоритмами оптимізаційного прийняття рішень.

Проблематика дослідження полягає у тому, що в більшості прикладних рішень процес прогнозування відокремлений від процесу оптимізації. Аналітичні системи генерують прогноз ціни, який використовується менеджментом як орієнтир, однак не інтегрується безпосередньо в математичну модель вибору оптимальної стратегії. Це знижує потенційний економічний ефект цифровізації. Метою статті є розроблення інтегрованого інформаційно-аналітичного підходу, що поєднує моделі машинного навчання та економіко-математичної оптимізації в єдину систему підтримки прийняття рішень щодо управління витратами на енергоносії.

Теоретичною основою дослідження виступають методи аналізу часових рядів і сучасні технології штучного інтелекту. Класичні економетричні моделі, зокрема ARIMA, дозволяють адекватно описувати лінійну складову динаміки цін, сезонність та автокореляційні залежності [3]. Формально модель ARIMA(p,d,q) може бути представлена як:

$$\phi(B)(1-B)^d y_t = \theta(B)\varepsilon_t \quad (1)$$

де:

y_t — значення ціни енергоносія в момент часу t ;

B — оператор зсуву (backshift), $By_t = y_{t-1}$;

d — порядок інтегрування (кількість диференціювань ряду);

$\phi(B)$ — поліном авторегресії порядку p ;

$\theta(B)$ — поліном ковзного середнього порядку q ;

ε_t — випадкова похибка (білий шум).

Водночас сучасні ринки енергоносіїв характеризуються вираженою нелінійністю та залежністю від великої кількості зовнішніх факторів. Тому ефективними для них визнано рекурентні нейронні мережі, зокрема модель LSTM, що дозволяє враховувати довгострокові залежності у часових рядах [4]. Прогноз у такій моделі формується як функція від послідовності попередніх значень та екзогенних змінних:

$$\hat{y}_t = f_{LSTM}(X_{t-kt}) \quad (2)$$

де:

$\hat{y}_t$ — прогнозоване значення ціни;

f_{LSTM} — нелінійна функція, реалізована нейронною мережею;

$X_{t-k:t}$ — вектор входних ознак за період від $t-k$ до t ;

k — довжина часової пам'яті моделі.

З метою підвищення точності прогнозу застосовується гібридна модель, яка поєднує лінійну (ARIMA) та нелінійне (LSTM) складові [5]:

$$\hat{y}_t = \hat{y}_t^{ARIMA} + \hat{y}_t^{LSTM} \quad (3)$$

Реалізація гібридної моделі можлива у середовищі Python із використанням бібліотек TensorFlow, що забезпечують інтеграцію прогнозного модуля з корпоративними інформаційними системами [6]. Отриманий прогноз використовується як входний параметр оптимізаційної моделі. Метою підприємства є мінімізація витрат на закупівлю енергоносіїв протягом періоду T :

$$\min_{Q_t} J = \sum_{t=1}^T \hat{P}_t Q_t + c_h I_t + c_r R_t \quad (4)$$

де:

– Q_t — обсяг закупівель;

– I_t — рівень запасів;

– c_h — витрати зберігання;

– c_r — вартість ризику;

– R_t — ризик або штраф за відхилення.

Балансове обмеження:

$$I_t = I_{t-1} + Q_t - D_t \quad (5)$$

Обмеження ризику шляхом використання показника CVaR [7]:

$$CVaR\alpha(J) \leq \gamma \quad (6)$$

Інтеграція прогнозової моделі з оптимізаційною реалізується через автоматичну передачу результатів машинного навчання до модуля математичного програмування, що може бути побудований із застосуванням лінійного програмування [8]. З інформаційно-технологічної точки зору інтегрована система має багаторівневу архітектуру: модуль збору даних, блок попередньої обробки, прогнозний модуль, оптимізаційний модуль та інтерфейс візуалізації. Така архітектура відповідає забезпечує адаптивність системи до змін зовнішнього середовища. Дослідження свідчать, що гібридні моделі демонструють значне зниження похибки прогнозу порівняно з іншими моделями [5; 6]. Впровадження такої оптимізаційної моделі дозволяє зменшити варіативність витрат і підвищити стабільність фінансових результатів підприємства. Отже, інтеграція моделей прогнозування та оптимізації цін на енергоносії формує основу цифрової трансформації енергетичних компаній.

Список використаних джерел

1. Hamilton J. D. Oil and the Macroeconomy since World War II. *Journal of Political Economy*. 1983. Vol. 91, No. 2. P. 228–248.
2. Pindyck R. S. The dynamics of commodity spot and futures markets: A primer. *The Energy Journal*. 2001. Vol. 22, No. 3. P. 1–29.
3. Box G. E. P., Jenkins G. M., Reinsel G. C. *Time Series Analysis: Forecasting and Control*. 4th ed. Hoboken: Wiley, 2008. 746 p.
4. Hochreiter S., Schmidhuber J. Long Short-Term Memory. *Neural Computation*. 1997. Vol. 9, No. 8. P. 1735–1780.
5. Zhang G. P. Time series forecasting using a hybrid ARIMA and neural network model. *Neurocomputing*. 2003. Vol. 50. P. 159–175.
6. Brownlee J. *Deep Learning for Time Series Forecasting*. Melbourne: Machine Learning Mastery, 2018. 440 p.
7. Rockafellar R. T., Uryasev S. Optimization of Conditional Value-at-Risk. *Journal of Risk*. 2000. Vol. 2, No. 3. P. 21–41.
8. Birge J. R., Louveaux F. *Introduction to Stochastic Programming*. 2nd ed. New York: Springer, 2011. 485 p.

УДК 519.7:658.5

Кучер П.В., доцент кафедри інформаційних систем і технологій, **Бердо Р.С.,** старший викладач кафедри інформаційних систем і технологій
(Національний транспортний університет, м. Київ, Україна)

ВИКОРИСТАННЯ МЕТОДІВ DATA SCIENCE У ЗАДАЧАХ ПРОГНОЗУВАННЯ БІЗНЕС-ПОКАЗНИКІВ

Вступ. Прогнозування бізнес-показників є ключовим елементом управління сучасними організаціями, оскільки саме якість передбачень визначає обґрунтованість стратегічних і тактичних рішень. В умовах динамічного ринкового середовища, високої невизначеності та зростання обсягів даних традиційні підходи до прогнозування часто демонструють обмежену точність і гнучкість. Методи Data Science, що поєднують статистичний аналіз, машинне навчання та обробку великих даних, відкривають нові можливості для побудови більш адаптивних та інформативних моделей прогнозування.

Мета дослідження. Метою роботи є аналіз можливостей застосування методів Data Science для прогнозування бізнес-показників, визначення їх переваг у порівнянні з класичними підходами та формування узагальнених рекомендацій щодо використання відповідних моделей у практиці управління.

Суть дослідження. Прогнозування у бізнес-аналітиці охоплює широкий спектр показників: обсяги продажів, попит, доходи, витрати, поведінку споживачів, ефективність маркетингових активностей тощо. Методи Data Science дозволяють враховувати складні нелінійні залежності, сезонність, тренди та вплив зовнішніх факторів [1, 2]. Процес побудови прогнозних моделей із використанням методів Data Science передбачає декілька взаємопов'язаних етапів:

- Збір та підготовка даних – інтеграція інформації з різних джерел (внутрішні інформаційні системи, CRM, маркетингові платформи, зовнішні ринкові дані), очищення даних, обробка пропусків, нормалізація та трансформація змінних
- Вибір та побудова моделей – застосування статистичних методів (регресійні моделі, часові ряди), а також алгоритмів машинного навчання (дерева рішень, ансамблеві методи, нейронні мережі), залежно від характеру даних та цілей аналізу.
- Оцінка точності прогнозу – використання метрик якості (MAE, RMSE, MAPE), перевірка стабільності моделей, валідація на історичних даних.
- Інтерпретація та використання результатів – трансформація прогнозів у управлінські рішення, оцінка ризиків, моделювання сценаріїв та підтримка процесу планування.

Висновок. Використання методів Data Science у задачах прогнозування бізнес-показників дозволяє суттєво підвищити точність передбачень, враховувати складні взаємозв'язки між змінними та забезпечувати більш гнучку підтримку управлінських рішень. Інтеграція статистичних підходів та машинного навчання формує основу для побудови ІС бізнес-аналітики. Подальші дослідження доцільно спрямувати на розробку галузевих моделей прогнозування та вдосконалення підходів до інтерпретації результатів складних алгоритмів.

Список використаних джерел:

1. Fawcett T., Provost F. Data Science for Business: What You Need to Know about Data Mining and Data-Analytic Thinking. O'Reilly Media, Incorporated, 2013.
2. Data-Driven Decisions: The Role of Data Science in Business. International Research Journal of Modernization in Engineering Technology & Science. 2025. URL: <https://doi.org/10.56726/irjmets81663>

УДК 004.7

Лактіонов І.С., доктор технічних наук, професор, професор кафедри програмного забезпечення комп'ютерних систем

(Національний технічний університет «Дніпровська політехніка», м. Дніпро, Україна)

РЕЗУЛЬТАТИ МОДЕЛЮВАННЯ ТА ПОРІВНЯЛЬНОГО АНАЛІЗУ АЛГОРИТМІВ ПСЕВДОВИПАДКОВОГО ПЕРЕЛАШТУВАННЯ ЧАСТОТИ В БЕЗДРотовИХ СИСТЕМАХ ЗВ'ЯЗКУ

Актуальність. У сьогоденній інфокомунікаційній практиці спостерігається стрімке зростання кількості та масштабування видів кібератак на бездротові системи мобільного та супутникового зв'язку, що функціонують в умовах активного радіоелектронного впливу [1]. Відкритий характер бездротового середовища робить такі системи значно вразливим до виявлення, глушіння та перехоплення сигналів, тоді як традиційні криптографічні підходи не забезпечують достатнього захисту від зазначених кіберзагроз. У зв'язку з цим зростає потреба у методах підвищення стійкості та захищеності передачі на рівні сигналу, зокрема на основі алгоритмів псевдовипадкового перелаштування частоти (ППРЧ) [2, 3]. Отже, практико-орієнтовані дослідження, що націлені на розробку та імплементацію механізмів ППРЧ до систем мобільного та супутникового зв'язку є актуальним науково-дослідним завданням. Зі свого боку, оцінювання та порівняльний аналіз ефективності механізмів ППРЧ у сценаріях завад і атак методами комп'ютерного експерименту є необхідним і важливим етапом під час проєктування засобів кіберзахисту бездротових інфокомунікаційних систем.

Основною метою є подальший розвиток підходів до проєктування кіберзахисних систем мобільного і супутникового зв'язку завдяки створенню та експериментальній перевірці імітаційної програмної моделі, що забезпечує коректне та відтворюване порівняльне оцінювання різних алгоритмічних варіантів реалізації ППРЧ.

Результати досліджень. У цьому дослідженні було програмно реалізовано кероване імітаційне середовище для аналізу поведінки бездротового каналу зв'язку на фізичному рівні під час впливу атак типу селективної вузькосмугової завади, що імітує розповсюджений підхід радіоелектронного придушення сигналів. У межах цього підходу було розроблено цифрову модель каналу передавання даних із урахуванням стохастичних шумових складових, зовнішніх завадових впливів і цілеспрямованих атакуючих дій, що впливають на параметри сигналу. Під час досліджень було синтезовано модель комплексного I/Q сигналу, що адекватно відображає структуру цифрових сигналів у мобільних і супутникових радіосистемах. Формування символної послідовності здійснювалося із застосуванням квадратурної фазової модуляції. Додатково до моделі сигналу було додано випадкові фазові флуктуації та реалізовано його передискретизацію, що імітує нестабільність передачі даних у реальній радіоелектронній апаратурі. У процесі моделювання до сформованого сигналу також додавалась стохастична шумова складова, формалізована моделлю адитивного білого гаусівського шуму з нульовим математичним очікуванням, що відтворює фонові флуктуації реального радіоканалу.

Алгоритмічно процедуру псевдовипадкового перелаштування робочої частоти було реалізовано на рівні сигналу через динамічну зміну частотного зсуву комплексного I/Q-потoku згідно із заданою послідовністю стрибків між каналами. У цьому дослідженні було реалізовано та протестовано три схеми ППРЧ: режим зі сталою несучою частотою (без ППРЧ), режим із випадково згенерованою послідовністю переходів (випадковий ППРЧ) та режим із послідовністю, сформованою лінійним регістром зсуву зі зворотним зв'язком (ЛРЗ ППРЧ). На стороні приймача застосовано процедуру компенсації

частотних переходів, яку реалізовано у вигляді зворотного перестроювання, що забезпечує коректне відновлення сигналу перед демодуляцією.

Для кількісної оцінки ефективності досліджуваних алгоритмів ППРЧ використано сукупність метрик, які є інформативним під час аналізу завадостійкості фізичного рівня інфокомунікаційних систем, а саме: імовірність бітової помилки (BER), векторна помилка модуляції (EVM) та вихідне співвідношення сигнал/шум (SNR_{out}). Результати оцінки метрик для зазначених вище алгоритмів ППРЧ наведено на рисунку 1 і узагальнено в таблиці 1.

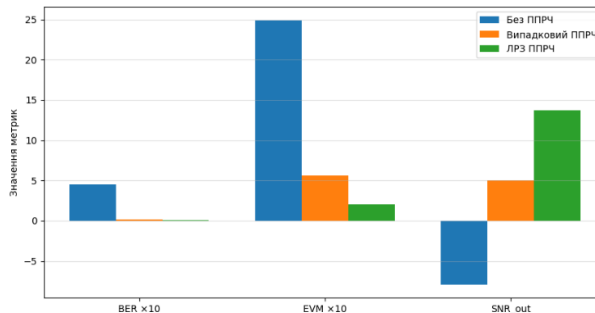


Рисунок 1 – Діаграма розподілу метрик оцінки ефективності алгоритмів ППРЧ

Таблиця 1 – Зведені усереднені оцінки метрик ефективності ППРЧ

	BER , од.	EVM , од.	SNR_{out} , дБ
Без ППРЧ	0,455	2,491	-7,93
Випадковий ППРЧ	0,013	0,560	5,02
ЛРЗ ППРЧ	0,0096	0,205	13,75

Одержані результати досліджень довели, що в режимі передавання даних без ППРЧ значення метрик BER і EVM суттєво перевищують ті, що отримано для режимів із застосування ППРЧ. Це вказує на значне зменшення вразливості сигналу до селективних вузькосмугових завад шляхом застосування механізму ППРЧ, оскільки завадовий вплив локалізується лише на окремих частотних позиціях і охоплює обмежену частину символів. Оцінка вихідного співвідношення сигнал/шум також підтверджує переваги від застосування ППРЧ, адже в окремих серіях моделювання SNR_{out} для режиму без ППРЧ переходить у від'ємну область, що означає домінування потужності спотворень над корисним сигналом.

Висновок. Сукупність одержаних результатів підтверджує доцільність використання ППРЧ як ефективного інструмента підвищення завадостійкості фізичного рівня інфокомунікаційних систем при селективному глушінні. Встановлено, що найвищим ступенем ефективності під час протидії атакам типу селективного вузькосмугового глушіння характеризується алгоритм на основі лінійного регістра зсуву зі зворотним зв'язком. Доведено, що запропонована імітаційна модель придатна до використання під час обґрунтованого вибору ефективних алгоритмічних варіантів ППРЧ на ранніх етапах проєктування засобів кіберзахисту інфокомунікаційних систем.

Тези підготовлено в рамках проєкту 2025.06/0047 «Інформаційні технології криптографічного захисту й автентифікації даних для систем мобільного та супутникового зв'язку», що фінансується Національним фондом досліджень України.

Список використаних джерел:

1. Laktionov I. et al. A Comprehensive Review of Cybersecurity Threats to Wireless Infocommunications in the Quantum-Age Cryptography. *IoT*. 2025. Vol. 6 (4). P. 1–29.
2. Purkayastha T., De D., Das K. A novel pseudo random number generator based cryptographic architecture using quantum-dot cellular automata. *Microprocessors and Microsystems*. 2016. Vol. 45(A). P. 32-44.
3. Wang L., Cheng H. Pseudo-Random Number Generator Based on Logistic Chaotic System. *Entropy*. 2019. Vol. 21(10). P. 1–12.

УДК 004.8:678.02

Лисенко О. М., аспірант відділу зварювання пластмас

Науковий керівник: Юрженко М. В., чл.-кор. НАН України, д.т.н., проф.

(Інститут електрозварювання ім. Є.О. Патона НАН України, м. Київ, Україна)

ПРАКТИЧНА РЕАЛІЗАЦІЯ АДАПТИВНОГО КЕРУВАННЯ ПРОЦЕСОМ 3D ДРУКУ НА БАЗІ EDGE AI СИСТЕМ

Перехід від статичних параметрів друку до динамічного керування («автопілота») є необхідним для компенсації нестабільності теплових циклів у процесі 3D друку полімерних виробів. У роботі представлена інформаційно-обчислювальна система (ІОС) на базі модуля Nvidia Jetson Orin Nano, яка реалізує замкнений цикл керування через Moonraker API. Система обробляє дані з камери Creality Nebula та термодатчика MLX90640 зі швидкістю до 6666 висновків на секунду, що мінімізує затримку керуючого сигналу.

Експериментально встановлено, що при «мультидруці» охолодження попереднього шару призводить до падіння міцності з 56,9 МПа до 25 МПа. Розроблений ШІ-агент на основі архітектури 3D UNet++ в реальному часі діагностує ризик виникнення дефектів (voids, stringing) і надсилає коригуючі команди в Klipper для зміни температури або швидкості (базовий стандарт — 80 мм/с). Це дозволяє стабілізувати фізико-механічні характеристики виробу без зупинки процесу.

Наукова новизна роботи полягає в тому, що на відміну від попередніх досліджень, які встановлювали статичні раціональні режими друку (200 °C / 80 мм/с для PLA), запропонована система здійснює проактивне динамічне коригування параметрів у реальному часі. Інтеграція теплового сенсора MLX90640 (матриця 32×24 пікселі) з алгоритмами комп'ютерного зору дозволяє виявляти зниження температури верхнього шару в момент переходу головки до іншої деталі та автоматично компенсувати його командою SET_HEATER_TEMPERATURE через Klipper API.

Список використаних джерел:

1. Integration of machine learning and digital twin in additive manufacturing of polymeric-based materials and products // Progress in Additive Manufacturing. – 2025.
2. Лисенко О. М. Застосування гібридних інформаційно-обчислювальних систем та глибокого навчання для проактивного контролю якості у 3D адитивних технологіях // Зварювання та споріднені технології для відновлення України. — 2025. — С. 78.

УДК 004.75

Миронов Ю.А., аспірант спеціальності F7 Комп'ютерна інженерія

(Національний технічний університет «Дніпровська політехніка», м. Дніпро, Україна)

КІЛЬКІСНА ОЦІНКА НАКЛАДНИХ ВИТРАТ ПРОЦЕСІВ НЕПЕРЕРВНОЇ ІНТЕГРАЦІЇ В ЕФЕМЕРНИХ СЕРЕДОВИЩАХ

Виконання процесів неперервної інтеграції в ефемерному середовищі (окреме обчислювальне середовище, контейнер або агент на кожне завдання) збільшує накладні витрати на повторювані завдання оркестрації, як-то: завантаження кодової бази, підготовка середовища виконання завдання, передача кешу і артефактів виконання завдання, вивільнення ресурсів – відносно часу корисного навантаження [1]. Через це вартісну оцінку ефективності процесів неперервної інтеграції недостатньо виконувати лише за тривалістю процесу: необхідний розрахунок вартості ефемерного середовища, за фазами виконання завдання.

Запропонований підхід надає методологічну і математичну основу для порівняння метрик ефемерних і постійних середовищ обчислень та показує, як і які фази впливають час виконання завдання та його вартість.

Нехай для завдання j , t_{runj} – загальний час виконання без очікування у черзі, t_{mainj} – час виконання основної секції завдання (корисних користувацьких команд), а t_{orcj} – час, витрачений на оркестрацію завдання. Тоді ефективність виконання завдання визначається формулою (1). Слід зауважити, що E_{main} може неявно включати/виключати підготовку середовища виконання, якщо це є частиною основної секції завдання.

$$E_{mainj} = \frac{t_{mainj}}{t_{runj}} = \frac{t_{mainj}}{t_{mainj} + t_{orcj}} \leq 1 \quad (1)$$

Для процесу неперервної інтеграції p з завданнями $J(p)$ та коефіцієнтом вартості w_j , який залежить від обчислювального середовища і визначається вартістю «оренди» цього середовища, визначаємо ефективність процесу у загальному випадку так:

$$E_{mainp} = \frac{\sum_j w_j t_{mainj}}{\sum_j w_j t_{runj}}, \quad (2)$$

У випадку неможливості явного визначення w_j , цей показник визначається як вартість оренди обчислювальних ресурсів середовища за секунду. Для спрощення обчислень процесів неперервної інтеграції, що виконуються у гомогенному обчислювальному середовищі, приймається $w_j = 1$.

Час оркестрації завдання t_{orc} витрачається на (3): підготовку середовища t_{env} , завантаження кодової бази t_{src} , завантаження і вивантаження кешу t_{cache} , завантаження і вивантаження артефактів виконання завдання t_{art} , очистку середовища і вивільнення ресурсів $t_{cleanup}$. Для практичного дослідження використовується фази виконання завдань [2] і фактор вартості виконання [3] платформи GitLab, однак аналогічні розрахунки можуть бути застосовані і для інших платформ неперервної інтеграції.

$$t_{orcj} = t_{envj} + t_{srcj} + t_{cachej} + t_{artj} + t_{cleanupj} \quad (3)$$

Повторюваність фаз оркестрації впливає на ефективність використання ефемерних середовищ у порівнянні із традиційними. Формула (4) надає консервативну оцінку цьому значенню, вважаючи, що в традиційному середовищі оркестрація процесу неперервної інтеграції виконується лише одноразово із найбільшим часом t_{orc} .

$$A_{epip} = \frac{\sum_j w_j t_{orcj}}{\max_j(w_j t_{orcj})} \geq 1 \quad (4)$$

Для кількісної оцінки накладних витрат в ефемерних середовищах було проведено практичне дослідження різноманітних процесів неперервної інтеграції із визначенням ефективності виконання завдань за формулами (1) і (2). Методика дослідження полягає у зборі метаданих та логів виконання завдань, визначення тривалості кожної фази за їх заголовками і маркерами. Набір досліджуваних даних включає 6 кодових баз, що відрізняються розміром, основною секцією завдань, типом і порядком виконання завдань неперервної інтеграції.

Загалом було оброблено 385 виконаних завдань. Метрика ефемерності $A_{epi}p$ має медіану 9.02 ($p90 = 15.98$). У таблиці 1 наведені статистичні дані фаз оркестрації завдань. На рисунку 1 наведений графік залежності $E_{main}j$ від наявності фаз оркестрації.

Таблиця 1

Статистичні дані фаз оркестрації завдань неперервної інтеграції

Фаза оркестрації		Частка від t_{orc} , %	Частка від t_{run} , %		
			медіана	p90	max
ініціалізація середовища	t_{env}	25	5,8	16,9	91,1
завантаження кодової бази	t_{src}	31	8,1	25,2	89,0
завантаження кешу	$t_{cache\downarrow}$	6	0,0	7,3	38,7
вивантаження кешу	$t_{cache\uparrow}$	4	0,0	11,4	31,6
завантаження артефактів	$t_{art\downarrow}$	15	2,4	25,1	51,0
вивантаження артефактів	$t_{art\uparrow}$	15	3,1	14,6	43,2
очистка	$t_{cleanup}$	4	1,2	4,9	34,0

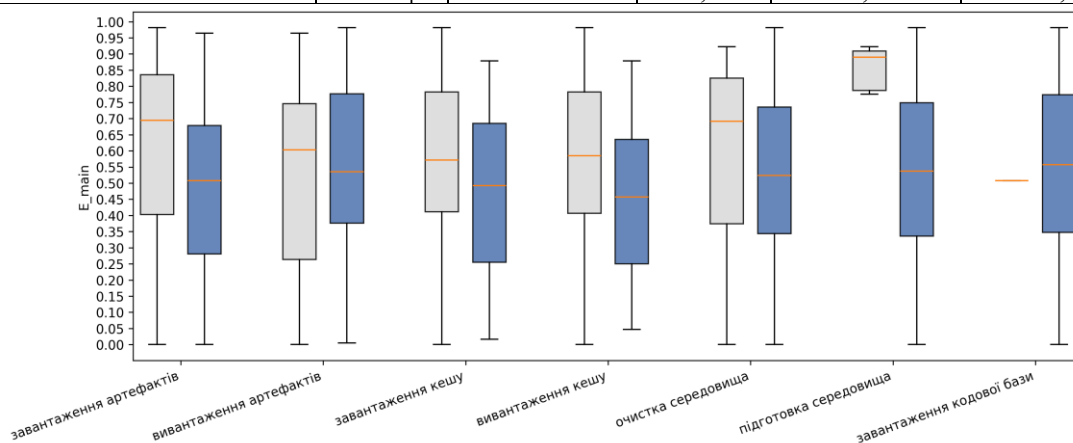


Рисунок 1. Діаграма розмаху $E_{main}j$ залежно від наявності фази оркестрації у завданні. Сірі (ліві) діаграми – завдання без фази, сині (праві) – із фазою.

Дослідження підтвердило, що при виконанні процесу неперервної інтеграції в ефемерному обчислювальному середовищі, істотна частка часу виконання припадає на повторювані операції завантаження кодової бази, ініціалізацію середовища виконання (в тому числі завантаження образів контейнерів) і передачу даних між завданнями, що має бути одним з пріоритетних напрямів при оптимізації процесів неперервної інтеграції.

Список використаних джерел:

1. Ghaleb T. A., da Costa D. A., Zou Y. An empirical study of the long duration of continuous integration builds // Empirical Software Engineering. – 2019. – Vol. 24, No. 4. – P. 2102–2139. – DOI: 10.1007/s10664-019-09695-9.
2. Job execution flow // GitLab Docs [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://archives.docs.gitlab.com/18.7/ci/jobs/job_execution/ (дата звернення: 25.02.2026).
3. Compute minutes // GitLab Docs [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://archives.docs.gitlab.com/18.7/ci/pipelines/compute_minutes/ (дата звернення: 25.02.2026)

УДК 004.8

Миронюк М.В., аспірант спеціальності F3 Комп'ютерні науки

Науковий керівник: Ягуп К.В., д.т.н., професор кафедри програмної інженерії та інтелектуальних технологій управління

(Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут», м. Харків, Україна)

ДОЦІЛЬНІСТЬ ВИКОРИСТАННЯ ПАРАМЕТРИЧНО КОМПАКТНИХ МОВНИХ МОДЕЛЕЙ У МОБІЛЬНИХ ПРОГРАМНИХ СИСТЕМАХ

Упродовж останніх років спостерігається стрімке впровадження великомасштабних мовних моделей у прикладні інформаційні системи різного призначення, що зумовлює зростання вимог до інтелектуалізації програмного забезпечення. Особливої актуальності це набуває для мобільних застосунків, які стали основним середовищем взаємодії користувача з цифровими сервісами та потребують реалізації функцій семантичного аналізу, генерації тексту й контекстної обробки даних.

Водночас великі мовні моделі характеризуються значною параметричною складністю та високими обчислювальними витратами, що вступає в суперечність із ресурсними обмеженнями мобільних платформ – обсягом оперативної пам'яті, продуктивністю процесора, енергоспоживанням тощо [1]. Використання хмарної інфраструктури частково вирішує проблему, однак знижує автономність, формує залежність від хмарних сервісів, підвищує латентність і створює ризики для конфіденційності даних. Це зумовлює необхідність пошуку технологічно доцільних рішень для реалізації функцій обробки природної мови в мобільних застосунках.

У контексті зазначених обмежень мобільного середовища сформувався окремий напрям досліджень, пов'язаний із параметрично компактними мовними моделями (Small Language Models, SLM). До цього класу належать моделі з меншим обсягом параметрів, архітектурно орієнтовані на функціонування в умовах обмежених обчислювальних ресурсів. Їх проектування спрямоване на забезпечення прийнятного рівня якості обробки природної мови за одночасного зниження вимог до ресурсів. Таким чином, їх варто розглядати не як спрощені версії великих систем, а як окремий клас моделей, адаптований до специфіки мобільних платформ (таблиця 1).

Таблиця 1

Базові відмінності великих і параметрично компактних мовних моделей

Характеристика	Великі мовні моделі	Параметрично компактні моделі
Кількість параметрів	Десятки млрд і більше	Порядку 1–7 млрд (або менше)
Оперативна пам'ять	Сотні гігабайт пам'яті	Знижені вимоги
Обчислювальні витрати	Значні, потребують потужних GPU	Помірні, можливе виконання на мобільному CPU/NPU
Енергоспоживання	Високе	Низьке, мобільно-орієнтоване
Залежність від хмари	Зазвичай необхідна	Можливе автономне виконання
Латентність	Вища (затримки мережі)	Низька при локальному виконанні
Типові сценарії	Загальні, універсальні	Локальні, спеціалізовані

Досягнення цих переваг стає можливим завдяки застосуванню комплексу методів оптимізації, спрямованих на зменшення обчислювальної складності та витрат пам'яті.

Однією з ключових технік є квантизація, що передбачає зменшення розрядності представлення ваг і активацій нейронної мережі (наприклад, перехід від 32-бітного формату з плаваючою комою до 8- або 4-бітного цілочисельного представлення). Це дозволяє скоротити обсяг пам'яті, прискорити обчислення та зменшити енергоспоживання за рахунок використання менш ресурсоємних арифметичних операцій. Схематичне відображення принципу квантизації наведено на рисунку 1.



Рисунок 1 – Схематичне відображення принципу квантизації

Емпіричні дослідження свідчать, що зменшення розрядності представлення параметрів не спричиняє критичної втрати якості моделі. Перехід від FP32 до FP16 практично не впливає на показники якості (зростання показника невизначеності моделі менше 1%), а INT8-квантизація зумовлює лише помірне погіршення (приблизно 2–5%), що зазвичай є непомітним для користувача. Навіть 4-бітне представлення забезпечує суттєве скорочення розміру моделі при контрольованому зниженні точності, що підтверджує ефективність квантизації як засобу зменшення ресурсних витрат без істотної деградації якості [2, с. 8].

Ще однією суттєвою перевагою параметрично компактних моделей є їх економічна ефективність. Використання великих моделей через хмарні API формує змінні витрати, що зростають пропорційно кількості користувачів і запитів. Натомість виконання компактних моделей на пристрої зменшує залежність від хмарної інфраструктури та мінімізує операційні витрати, забезпечуючи фінансову стійкість мобільних застосунків при масштабуванні [3].

Виконання параметрично компактних моделей безпосередньо на мобільному пристрої також суттєво підвищує рівень захисту персональних даних. Локальна обробка текстових запитів усуває необхідність передавання чутливої інформації до зовнішніх серверів, що зменшує ризики витоку даних та спрощує дотримання вимог щодо конфіденційності. У сукупності з енергоефективністю, зниженими обчислювальними витратами та економічною доцільністю це формує комплексну перевагу таких моделей як технологічно обґрунтованих рішень для мобільних програмних систем.

Список використаних джерел:

1. Shah, A.P., Hosseini, M.P., Park, S.M., Miao, C., & Wei, W. (2026). Small Language Models: Architecture, Evolution, and the Future of Artificial Intelligence. DOI: <https://doi.org/10.20944/preprints202601.0973.v1>
2. Agatsya Y., Renta C.B. (2025). Optimizing LLMs Using Quantization for Mobile Execution. P. 11. DOI: <https://doi.org/10.48550/arXiv.2512.06490>
3. Talha A. Micro-AI Mobile Apps: How Small Language Models Will Power Personalized. URL: <https://blog.appsnation.co/micro-ai-mobile-apps-how-small-language-models-will-power-personalized> (дата звернення: 23.02.2026).

УДК 681.518.54

Овчаренко М.А., аспірант спеціальності 126 Інформаційні системи та технології
Науковий керівник: Каштан В.Ю., к.т.н., доцент, доцент кафедри Інформаційних технологій та комп'ютерної інженерії

(Національний технічний університет «Дніпровська політехніка», м. Дніпро, Україна)

МУЛЬТИМОДАЛЬНА ОБРОБКА ДАНИХ КОНТАКТ-ЦЕНТРУ З ВИКОРИСТАННЯМ МАШИННОГО НАВЧАННЯ

Аналіз взаємодій клієнтів при зверненнях до контакт-центрів є складним завданням через різноманіття каналів комунікації (голосові дзвінки, текстові чати, електронна пошта) та високу варіативність поведінки користувачів [1]. Клієнти часто висловлюють свої наміри нечітко, можуть змінювати тему розмови або використовувати розмовні та специфічні терміни, що ускладнює автоматизовану обробку голосових даних. Текстові або голосові дані не завжди точно відображають емоційний стан чи терміновість запиту, що може призводити до неправильної класифікації звернень.

Ефективність роботи операторів контакт-центру є одним із головних факторів задоволення потреб клієнтів та підвищення продуктивності бізнес-процесів. Традиційні методи оцінки ефективності базуються на ручному аналізі записів дзвінків та оцінюванні їхнього змісту, що, як правило, є суб'єктивним процесом. Проблеми дослідження пов'язані з кількома ключовими аспектами. По-перше, оцінка ефективності операторів контакт-центру є суб'єктивною, оскільки оцінювання усних, комунікативних та емоційних аспектів взаємодії з клієнтами неструктуроване та залежить від особистого сприйняття оцінювача. По-друге, великий обсяг даних, що представлено у вигляді тисяч записів дзвінків, робить ручну перевірку трудомісткою і практично непридатною для повного аналізу, через що оцінка проводиться лише вибірково і не завжди відображає реальну продуктивність операторів. По-третє, різні оцінювачі можуть по-різному інтерпретувати одну й ту ж взаємодію, що призводить до невизначеності та розбіжностей у результатах оцінювання і вказує на відсутність єдиних критеріїв. Нарешті, відсутність автоматизації процесу аналізу вимагає значних ресурсів і часу, що знижує ефективність управління контакт-центром та ускладнює встановлення базового рівня продуктивності агентів. У зв'язку з цим актуальним є впровадження методів цифрової обробки інформації та машинного навчання, які дозволяють автоматизувати оцінку ефективності, зменшити вплив суб'єктивності та забезпечити єдину систему вимірювання продуктивності контакт-центру.

Для підвищення точності виявлення намірів та емоцій клієнтів застосовуються мультимодальні підходи, які поєднують текстові, голосові та додаткові метадані (тривалість дзвінка, час звернення, профіль клієнта). На рівні векторів ознак різні модальності об'єднуються в єдину репрезентацію, на якій виконуються операції класифікації, що дозволяє моделі вловлювати складні взаємозв'язки між інтонацією, лексичним змістом та контекстом. На рівні рішень кожна модальність обробляється окремо, а результати комбінуються за допомогою правил (зважене голосування, статистичне агрегування), що підвищує стійкість при шумних або неповних даних.

Дослідження показують, що комбінування акустичних ознак мовлення з текстовими транскриптами значно підвищує точність розпізнавання емоцій, виявлення фрустрації або задоволення клієнта та прогнозування ймовірності вирішення запиту. Моделі машинного навчання, зокрема глибинні нейронні мережі [2, 3] та ансамблеві класифікатори, демонструють високу ефективність на великих анотованих наборах даних контакт-центрів [4]. Тому, для ефективної класифікації вищеписаних мультимодальних ознак у дослідженні пропонується використання згорткових

нейронних мереж, які дозволяють «сканувати» ознаки за допомогою фільтрів і досягати високої точності. Кожна основна гілка мережі відповідає окремій модальності: одна – за текстові ознаки, інша – за ознаки мовлення. Кожна гілка поділяється на чотири підгілки: дві з них використовують шари із функцією активації *tanh*, після яких застосовуються шар максимального об'єднання, а дві інші підгілки застосовують комбінацію BiLSTM, після яких також йде шар максимального об'єднання. Вихідний шар виконує бінарну класифікацію – інформаційно завершений або незавершений виклик. Такий підхід дозволяє ефективно інтегрувати мультимодальні дані та підвищити точність автоматизованої оцінки ефективності роботи агентів контакт-центру.

Аналіз взаємодій клієнтів із контакт-центрами є складним завданням через різні варіанти каналів комунікації та високу варіативність поведінки користувачів. Традиційні методи оцінки ефективності роботи операторів, що базуються на ручному аналізі записів дзвінків, є суб'єктивними, трудомісткими та не забезпечують повної картини продуктивності агентів. Дослідження виявило основні проблеми, пов'язані із суб'єктивністю оцінювання, великим обсягом даних, розбіжностями в оцінках різних експертів та відсутністю автоматизованих механізмів контролю ефективності. Для підвищення точності оцінки продуктивності операторів запропоновано інтегрувати мультимодальні підходи з використанням методів машинного навчання, зокрема згорткових нейронних мереж. Поєднання текстових, голосових та додаткових метаданих дозволяє моделі враховувати складні взаємозв'язки між інтонацією, лексичним змістом та контекстом дзвінка. Використання згорткових нейронних мереж забезпечує ефективне вилучення ознак і їхню класифікацію, а комбінування шарів CNN із BiLSTM дозволяє точно відображати часові та послідовні залежності у даних. Запропонована структура мережі, що окремо обробляє різні модальності та об'єднує їх на рівні векторів ознак, підвищує точність бінарної класифікації викликів клієнтів на інформаційно завершені та незавершені.

Список використаних джерел:

1. Dhanpat, N.; Modau, F.D.; Lugisani, P.; MaboJane, R.; Phiri, M. Exploring employee retention and intention to leave within a call center. *SA J. Hum. Resour. Manag.* 2018, 16, 1–13.
2. Hifny, Y.; Ali, A. Efficient Arabic Emotion Recognition Using Deep Neural Networks. In *Proceedings of the ICASSP 2019-2019 IEEE International Conference on Acoustics, Speech and Signal Processing (ICASSP)*, Brighton, UK, 12–17 May 2019; pp. 6710–6714.
3. Kashtan Vita, Hnatushenko Volodymyr, Ovcharenko Maksym, Ivanko Artem. A hybrid neural network architecture for semantic-contextual analysis of emotions in social media. *MoDaST 2025: Modern Data Science Technologies Doctoral Consortium*, June, 15, 2025, Lviv, Ukraine, Pp.15-28. <https://ceur-ws.org/Vol-4005/paper2.pdf>.
4. Cho, J.; Pappagari, R.; Kulkarni, P.; Villalba, J.; Carmiel, Y.; Dehak, N. Deep neural networks for emotion recognition combining audio and transcripts. *arXiv* 2019, arXiv:1911.00432.

УДК 004.4:004.8

Павленко Є. В., аспірант спеціальності 126 інформаційні системи та технології
Науковий керівник: Гнатушенко В. В., д.т.н., професор, завідувач кафедри
 інформаційних технологій та комп'ютерної інженерії
 (Національний технічний університет «Дніпровська політехніка», м. Дніпро, Україна)

ПОРІВНЯЛЬНИЙ АНАЛІЗ МОДЕРНОВИХ ENGLISH-ONLY ТА БАГАТОМОВНОЇ EMBEDDING-МОДЕЛЕЙ ДЛЯ АВТОМАТИЧНОГО ПОШУКУ ПІДСАНКЦІЙНИХ ОСІБ

Актуальність. Санкційні списки містять записи про осіб і організації з різних країн та мовних середовищ; при цьому в списку OFAC SDN імена переважно подані англійською мовою у вигляді транслітерацій. Відмінності офіційних і неофіційних правил транслітерації можуть знижувати якість автоматизованого пошуку, особливо якщо застосовується англomовна модель ембеддингів. У зв'язку з цим актуальним є порівняння англomовної моделі «text-embedding-004», яка досліджувалася раніше [1], з мультимовною моделлю «gemini-embedding-001» для задачі семантичного пошуку підсанкційних осіб.

Мета. Порівняти ефективність застосування моделей «text-embedding-004» (English-only) та «gemini-embedding-001» (multilingual) [2, 3] у семантичному пошуку за повним іменем у списку OFAC SDN і оцінити придатність порогового правила на основі одного значення top-1 similarity score.

Матеріали та методи. Для кожного запису SDN сформовано поле «Full Name» шляхом конкатенації «First Name» і «Last Name» (за відсутності одного з полів використовується наявне); тип запису (Individual/Entity тощо) не фільтрувався. Ембеддинги будувалися через Google Gemini Embeddings API з task_type = SEMANTIC_SIMILARITY, розмірністю 768 для обох моделей; пошук здійснювався у векторній БД за косинусною подібністю. Оцінювальний набір включає 85 запитів: 52 санкційні (14 «lat» + 38 «translit») та 33 несанкційні (9 «lat» + 24 «translit»). Якість retrieval оцінено метриками R@1, R@5 та MRR. Додатково перевірено правило класифікації: якщо top-1 score $\geq \tau$, то запит вважається «санкційним», інакше — «несанкційним». Строки запитів та отримані top-5 scores можна отримати за посиланнями: [sanctioned-lat.csv](#) [sanctioned-translit.csv](#) [non-sanctioned-lat.csv](#) [non-sanctioned-translit.csv](#).

Результати. На підгрупі Sanctioned-lat обидві моделі показали однакові результати: правильний кандидат у top-1 = 13/14, у top-5 = 14/14, MRR $\approx$ 0,952. На підгрупі Sanctioned-translit спостерігається перевага «gemini-embedding-001»: правильний у top-1 = 27/38, у top-5 = 34/38, MRR $\approx$ 0,776, тоді як для «text-embedding-004» — 25/38, 27/38, MRR $\approx$ 0,684 відповідно. Отже, мультимовна модель частіше утримує істинний запис у top-5, що підвищує якість первинного набору кандидатів для подальшого уточнення (reranking).

Аналіз негативних випадків і порогового правила. Для Non-sanctioned-lat і особливо Non-sanctioned-translit зафіксовано суттєве перекриття значень score між санкційними та несанкційними запитами, що обмежує можливість надійного бінарного рішення за одним порогом τ . Для «gemini-embedding-001» «безпечний» поріг, який на використаній вибірці не втрачає жодного санкційного випадку (52/52), становить $\tau \approx$ 0,8934, однак при цьому помилково позначаються як санкційні 21/33 несанкційних запитів (FPR $\approx$ 63,6%). Для «text-embedding-004» аналогічна умова повноти досягається лише при нижчому порозі $\tau \approx$ 0,7207, що призводить до 30/33 false positives (FPR $\approx$ 90,9%). Спроба підвищення τ зі згодою на втрату одного true positive зменшує кількість false positives лише незначно, що вказує на слабку відокремлюваність класів за score.

Висновки. 1) На «простих» латинських запитах моделі демонструють зіставну точність. 2) За умов альтернативної транслітерації «gemini-embedding-001» забезпечує вищу повноту потрапляння істинного запису у top-5, тобто є більш придатною для етапу генерації кандидатів. 3) Класифікація «санкційний/несанкційний» лише за одним порогом top-1 score не забезпечує одночасно високого recall та низького рівня false positives; практичне зниження FP без втрати TP потребує комбінованого підходу з додатковими етапами (наприклад, fuzzy/phonetic matching або reranking).

Список використаних джерел:

1. Павленко Є. В., Гнатушенко В. В. Аналіз використання модернових embedding-моделей для автоматичного пошуку підсанкційних осіб на прикладі санкційного списку OFAC SDN // Електротехнічні та інформаційні системи. 2025. № 108. С. 67–77. DOI: 10.32782/EIS/2025-108-9.
2. Lee J., Chen F., Dua S. et al. Gemini embedding: Generalizable embeddings from Gemini : arXiv preprint. 2025. arXiv:2503.07891. URL: <https://arxiv.org/abs/2503.07891> (дата звернення: 28.02.2026).
3. Lee J., Dai Z., Ren X. et al. Gecko: Versatile text embeddings distilled from large language models : arXiv preprint. 2024. arXiv:2403.20327. URL: <https://arxiv.org/abs/2403.20327> (дата звернення: 28.02.2026).

УДК 004.4

Радіонов Є.Д., Каштан В.Ю.

РОЗПІЗНАВАННЯ ВІЙСЬКОВИХ ОБ'ЄКТІВ НА АЕРОКОСМІЧНИХ ЗОБРАЖЕННЯХ З ВИКОРИСТАННЯМ SAR ДАНИХ

Сучасна стратегічна розвідка та моніторинг театру бойових дій вимагають інструментів, що забезпечують безперервність спостереження незалежно від метеорологічних чи часових чинників. У цьому контексті радар із синтезованою апертурою (Synthetic Aperture Radar, SAR) виступає як ключова технологія, що дозволяє отримувати зображення земної поверхні за будь-яких умов. На відміну від традиційних оптичних систем, які критично залежать від наявності сонячного світла та відсутності хмарності, SAR є активною системою, що самостійно випромінює мікрохвильові імпульси та реєструє їхнє відбиття від об'єктів.

Значення всепогодного моніторингу стає особливо очевидним під час аналізу обмежень оптичних супутників у військових задачах. Оптичні сенсори, попри їхню високу роздільну здатність та інтуїтивну зрозумілість для людського ока, виявляються неефективними в умовах щільної хмарності, туману, димових завіс або в нічний час. У певних регіонах світу, зокрема в тропічних або полярних зонах, хмарність може блокувати оптичне спостереження протягом тижнів. SAR системи, працюючи в мікрохвильовому діапазоні, здатні проникати крізь атмосферні завади та навіть крізь штучні маскувальні завіси, забезпечуючи надійне джерело даних для виявлення переміщення техніки, розгортання систем протиповітряної оборони (ППО) чи будівництва укріплень [1].

Радарні знімки відрізняються від оптичних за своїми візуальними характеристиками, що вимагає специфічних підходів до попередньої обробки та аналізу. Формування SAR-зображення базується на вимірюванні амплітуди та фази відбитого мікрохвильового сигналу. Оскільки радар є когерентною системою, однією з головних проблем є спекл-шум (завада, що виникає внаслідок інтерференції хвиль, відбитих від безлічі дрібних розсіювачів у межах одного роздільного елемента). Спекл створює характерну зернистість зображення, яка може приховувати дрібні деталі військових об'єктів, таких як антени, елементи броні чи шасі техніки. Окрім шумових артефактів, SAR-зображення характеризуються наявністю специфічних геометричних спотворень, зумовлених боковою геометрією зйомки радіолокаційної системи:

- вершини високих об'єктів (наприклад, вежі ППО чи ангари) відображаються ближче до сенсора, ніж їхня основа, що призводить до візуального "нахилу" об'єкта в бік радара;
- поверхні, нахилені до радара, здаються стиснутими на зображенні;
- зони за високими об'єктами, куди не проникає радарний промінь, залишаються абсолютно чорними. На відміну від оптичної тіні, радарна тінь залежить лише від геометрії об'єкта та кута падіння променя, а не від сонячного світла. [1]

Військова техніка має високу радіолокаційну контрастність, оскільки метали є ідеальними провідниками, що майже повністю відбивають мікрохвильову енергію. Елементи конструкції з вираженими кутовими формами (наприклад, стики башти та корпусу танка) діють як відбивачі, створюючи надзвичайно яскраві точки на зображенні.

Силует тіні у SAR зображеннях дає більш чітке уявлення про форму об'єкта, ніж його яскраве зображення, яке може бути деформоване ефектами накладання та блиску. Аналіз довжини та контуру тіні дозволяє визначати точну висоту об'єкта за відомим кутом падіння променя, відрізнити танки від самохідних артилерійських установок за

формою гармати в тіні, ідентифікувати типи літаків на аеродромах за силуетами їхніх крил та хвоста, навіть якщо тіло літака виглядає як сукупність яскравих плям. [2]

Важливим аспектом є також використання різних поляризаційних каналів (HH, VV, HV, VH) дозволяє виділяти різні фізичні механізми розсіювання: подвійне відбиття від бортів техніки та землі, дифузне розсіювання від рослинності тощо.

Сучасна парадигма обробки даних базується на архітектурах глибокого навчання, де провідну роль відіграють моделі YOLO. Вони забезпечують високу швидкість обробки та точність розпізнавання, навіть малих об'єктів, завдяки механізмам просторової уваги та інтеграції фізичних принципів розсіювання. [3]

Водночас, впровадження автоматизованих методів аналізу SAR даних у задачах розпізнавання військових об'єктів супроводжується низкою системних обмежень. Однією з ключових проблем є недостатня просторова роздільна здатність значної частини доступних SAR систем, що підвищує ймовірність помилкової ідентифікації об'єктів. Зокрема, зразки бронетехніки різних модифікацій можуть мати близькі габаритні розміри та подібну загальну компоновку, що на радіолокаційних зображеннях репрезентуються як групи інтенсивних відбивних центрів, що дозволяє тільки встановити клас об'єкту (корабель, міст, танк, автомобіль).

Висновки. Розпізнавання військових об'єктів за допомогою SAR-даних є одним з ключових напрямків розвитку сучасних систем розвідки та моніторингу. Використання радарних систем забезпечує незалежність від погодних умов та часу доби. Подальші дослідження у цій сфері будуть присвячені поєднанні SAR даних з зображеннями у видимому та інфрачервоному діапазоні спектру світла, що дозволить підвищити точність ідентифікації об'єктів.

Список використаних джерел

1. Peter E., Ang L.-M., Seng K. P., Srivastava S. (2026) Recent Advances in Deep Learning for SAR Images: Overview of Methods, Challenges, and Future Directions. *Sensors* 26(4). С. 1143. DOI: <https://doi.org/10.3390/s26041143>.
2. Zhao Z., Xue X., Mariam I., Zhou X. (2023) Integrating Target and Shadow Features for SAR Target Recognition. *Sensors* 23(19). С. 8031. DOI: <https://doi.org/10.3390/s23198031>.
3. Pawar S., Gandhe S. (2024) Synthetic aperture radar image enhancement for object detection. *ANNUAL SYMPOSIUM ON APPLIED AND INNOVATION TECHNOLOGICAL ENVIRONMENT 2023 (ASATE2023): Smart Technology based on Revolution Industry 4.0 and Society 5.0, Jakarta, Indonesia*. С. 050009. DOI: <https://doi.org/10.1063/5.0227618>.

UDC 004.8 : 004.94

Rudskiy O.V., postgraduate student of the Software Engineering and Management Intelligent Technologies Department, Speciality: F3 Computer Science
Advisor: Kopp A.M., Head of the Software Engineering and Management Intelligent Technologies Department, Ph.D., Associate Professor
(National Technical University “Kharkiv Polytechnic Institute”, Kharkiv, Ukraine)

A NEURO-SYMBOLIC ARCHITECTURE FOR BUSINESS PROCESS CONFORMANCE CHECKING

Ensuring the regulatory compliance of business processes is a critically important task in process management. In practice, process models frequently need to be compared against rules and constraints specified in the form of unstructured natural language text. Solving this task using traditional or exclusively modern intelligent methods faces a number of significant limitations [1].

On the one hand, existing formal deterministic verification methods require rigidly structured input data and are unable to independently handle the semantic ambiguity inherent in fuzzy textual formulations of rules [2]. On the other hand, applying exclusively Natural Language Processing (NLP) methods and Large Language Models (LLMs) for direct text-to-model comparison carries significant risks. Purely NLP-oriented approaches lack the necessary mathematical rigor, which can lead to false-positive compliance conclusions due to the probabilistic nature of such systems [2].

This paper proposes a novel neuro-symbolic architecture for automated conformance checking, which combines the flexibility of LLM-based agentic systems with the mathematical rigor of Petri net-based verification. Instead of a direct text-to-model comparison, this approach divides the task into two isolated stages:

1) Semantic Grounding & Translation: utilizing LLM agents for the context-aware mapping of textual constraints to BPMN nodes and the generation of formal declarative rules (DECLARE constraints);

2) Deterministic Verification: the automatic translation of BPMN into Petri nets and the simulation of execution traces (Trace Payout) to mathematically prove the fulfillment of the generated rules using Process Mining algorithms.

The proposed neuro-symbolic architecture aims to overcome the limitations of purely NLP-oriented methods by decomposing the conformance checking task into agentic semantic analysis and deterministic verification. The pipeline consists of three sequential modules: (1) Graph Extraction & Semantic Grounding, (2) Constraint Formalization, and (3) Symbolic Trace Verification (Fig. 1).

In the first stage, the input business process model is transformed into a simplified graph representation. Our parser preserves the logical topology, including gateways (XOR, AND, OR) as full-fledged graph nodes alongside their transition conditions (Conditional Flows). This is critically important for the correct interpretation of branching rules.

Next, a Large Language Model (LLM) is employed as a semantic mapping agent. Receiving the model graph and natural language normative rules as input, the agent establishes links between abstract textual conditions and specific node identifiers. Specifically, the agent is capable of matching fuzzy textual formulations (e.g., “in case of large amounts”) with the corresponding control gateways, resolving the semantic ambiguity inherent in traditional metrics.

To ensure the mathematical rigor of the subsequent verification, the translated mapping is passed to a second agent – the Logic Translator. Its function is to transform natural language rules into a formal set of constraints based on DECLARE language templates (e.g., Existence,

Response, Precedence). This approach allows unstructured text to be converted into strict temporal dependencies. For instance, a rule such as “action A must be executed after condition B occurs” is formalized as $Response(B, A)$, where the arguments are exclusively the graph node identifiers validated in the previous stage.

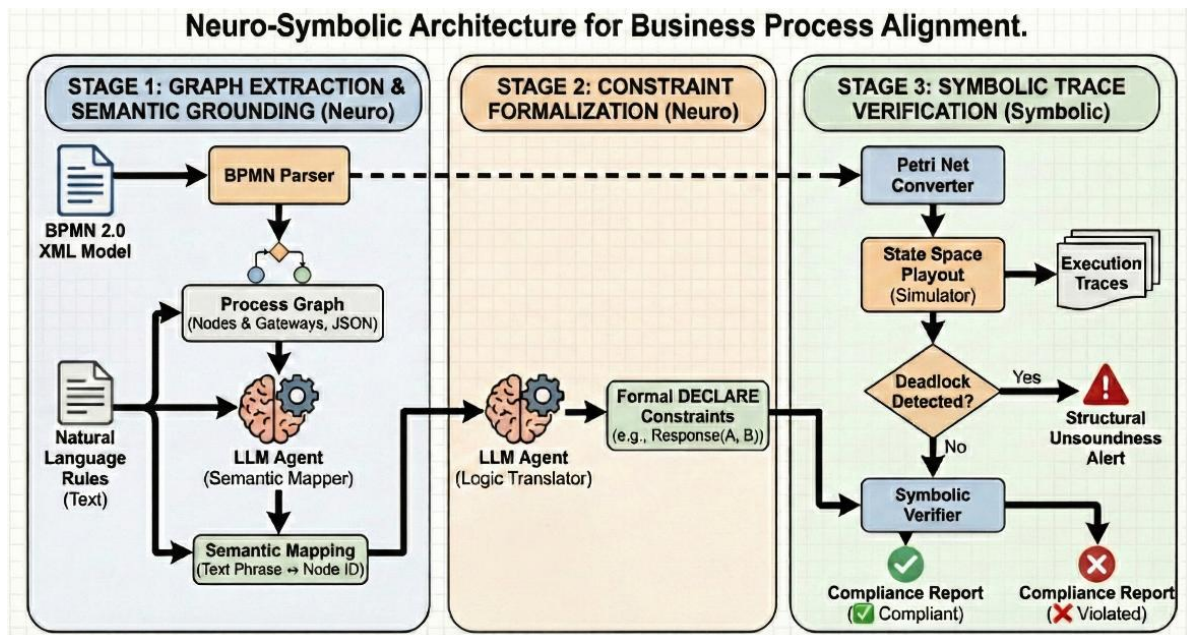


Figure 1 – Neuro-Symbolic Architecture for Business Process Alignment

The final stage is completely isolated from the probabilistic nature of LLMs and relies on the mathematical framework of Petri nets. The BPMN graph is converted into a corresponding Petri net, enabling the application of state-space simulation algorithms to generate a complete set of possible process execution paths.

The deterministic verifier sequentially evaluates each generated trace for violations of the DECLARE constraints. However, if the Petri net simulator is unable to generate any valid path to the final state due to deadlocks in the original model – caused, for example, by the incorrect use of OR-gateways – the system classifies the BPMN model as structurally unsound. This soundness check acts as a strict prerequisite barrier before initiating direct compliance verification against business rules. The clear separation between structural integrity checking and logical conformance guarantees robust protection against false-positive conclusions.

Future work plans to conduct a scalable evaluation on complex datasets, including multi-pool collaborations with message exchanges and event-based gateways, to quantitatively confirm the advantages of this method.

References:

1. Kourani, H., Berti, A., Schuster, D., & Van Der Aalst, W. M. P. (2024). Process Modeling with Large Language Models. *Lecture Notes in Business Information Processing*, 229–244. DOI: 10.1007/978-3-031-61007-3_18.
2. Redis, A. C., Sani, M. F., Zarrin, B., & Burattin, A. (2024). Skill learning using process mining for large language model plan generation. *arXiv (Cornell University)*. DOI: 10.48550/arXiv.2410.12870.

УДК 004.932

Федоренко А.Є., аспірант спеціальності F6 Інформаційні системи і технології, науковий керівник: **Каштан В.Ю.,** к.т.н., доцент кафедри інформаційних технологій та комп'ютерної інженерії

(Національний технічний університет «Дніпровська політехніка», м. Дніпро, Україна)

РОЗПІЗНАВАННЯ СОНЯЧНИХ ПАНЕЛЕЙ НА АЕРОКОСМІЧНИХ ЗНІМКАХ ДЛЯ ОЦІНКИ ПОТЕНЦІАЛУ СОНЯЧНОЇ ЕНЕРГЕТИКИ В УКРАЇНІ

Використання відновлювальної енергетики як надійного та дешевого джерела електроенергії в останні роки стає все більш актуальною в Україні. Часті блекнути та відключення електроенергії внаслідок важкого глобального стану енергосистеми вимагають шукати нетипові та альтернативні технологічні рішення для подолання зростаючих останнім часом проблем в електроенергетиці. Для багатьох підприємств та домогосподарств зараз це не тільки спосіб зменшити витрати на електроенергію, а й взагалі питання виживання. Сонячна енергетика відіграє важливу роль в цьому процесі. Невипадково ринок сонячної електроенергії стійко зростає, демонструючи збільшення потужностей розподільчої генерації, що свідчить про все більшу довіру населення та підприємств до цього джерела електроенергії. Тільки у 2024 році в Україні було встановлено близько 800–850 МВт нових потужностей сонячних електростанцій (СЕС), що є значним внеском у загальну структуру енергетики [1]. В 2025 році зростання потужностей СЕС в Україні продовжилось, настільки, наскільки це дозволяли нелегкі обставини розвитку електроенергетики [2]. Кількість енергетичних рішень, основаних на використанні сонячних панелей, зростає не тільки в приватних господарствах або різноманітних комерційних підприємствах, а і в об'єктах критичної інфраструктури, таких як лікарні, водоканали, центри первинної медицини [3]. Це обумовлено насамперед надійністю та стійкістю таких рішень в обставинах, коли безперервне споживання електроенергії без навіть короткострокових відключень стає ключовим питанням. Не останню роль в розвитку сонячної електроенергетики відіграє здешевлення сонячних панелей, а також різноманітні програми державної підтримки, такі як пільгові умови кредитування, а також зняття імпорتنих мит і податків на обладнання, що робить інвестиції в технології СЕС більш привабливими. Завдяки цьому, Україна продовжує рухатись до все більшої енергонезалежності.

Виходячи з вищеописаних умов, очевидно, що розвиток рішень, основаних на використанні сонячних панелей, наприклад, поєднання СЕС з накопичувачами, поточного року демонструватиме сталий зріст, адже незважаючи на кількість вже встановлених та функціонуючих сонячних панелей на території України, до досягнення порога насичення сонячної енергетики в країні ще далеко [4].

Аерокосмічні знімки є джерелом інформації для розпізнавання сонячних панелей на великій території. Висока роздільна здатність таких знімків дозволяє ідентифікувати індивідуальні панелі як на дахах приватних будинків, так і на площах промислових СЕС [5]. На відміну від наземних методів обстеження, аерокосмічні знімки забезпечують оперативний та комплексний моніторинг території, дозволяючи швидко і точно отримувати дані про встановлені панелі без фізичного доступу до об'єктів.

Розпізнавання сонячних панелей на аерокосмічних знімках дозволяє:

- оцінити реальний потенціал сонячної енергетики в приватному та промисловому секторах;

- визначити кількість та площу встановлених панелей для прогнозування можливого приросту потужностей;

–підтримувати ефективне планування розвитку сонячної енергетики на національному та регіональному рівнях.

Сучасні методи автоматизованого розпізнавання базуються на глибоких згорткових нейронних мережах, які забезпечують високий рівень точності та швидкості ідентифікації панелей. Основним викликом є оптимізація моделей для поєднання максимальної точності та розумного обсягу обчислень, що особливо важливо при обробці великих аерокосмічних масивів даних.

Таким чином, застосування аерокосмічних знімків для розпізнавання сонячних панелей є ефективним інструментом оцінки потенціалу сонячної енергетики в Україні. Такий підхід забезпечує оперативне та достовірне отримання інформації про розміщення і кількісні характеристики встановлених сонячних панелей, що є необхідною передумовою для ефективного планування розвитку галузі та прийняття обґрунтованих управлінських рішень щодо її подальшого розширення.

Список використаних джерел:

1. Як змінився попит на сонячні електростанції в Україні у 2025 році: цифри, регіони, тенденції [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://www.pret.org.ua/blog-articles/soniachna-enerhiia-trendy-2025>
2. У 2025 році в Україні встановили майже вдвічі більше сонячних електростанцій, ніж роком раніше [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://delo.ua/news/u-2025-roci-v-ukrayini-vstanovili-vdvici-bilse-sonyasnix-elektrostantsii-niz-rokom-ranise-skilki-elektroenergiyi-dayut-460275/>
3. Сонячні проекти на критичній інфраструктурі — сигнал для бізнесу про надійність технології [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://www.pret.org.ua/blog-articles/soniachni-proekty-krytychna-infrastruktura-nadiinist-tehnologii>
4. Перспективи розвитку сонячної енергетики в Україні до 2030 року [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://report.if.ua/socium/perspektyvy-rozvytku-sonyachnoyi-energetyky-v-ukrayini-do-2030-roku/>
5. Raheleh Parsaeifar, Mojtaba Valinejadshoubi, Anthony Le Guen, Fernando Valdivieso, “AI-Based Solar Panel Detection and Monitoring Using High-Resolution Drone Imagery”, *Journal of Soft Computing in Civil Engineering* 9-3 (2025) 41-59

UDC 519.6

Tsukanova A., candidate of Physics and Mathematics, assistant of Department of Mathematical Physics and Differential Equations

(National Technical University of Ukraine «Igor Sikorsky Kiev Polytechnic Institute», Kiev, Ukraine)

HOW TO COMBINE CLASSICAL LINEAR ALGEBRA AND COMPUTER TECHNOLOGIES

Today, with active use of computer technologies in our life, we have to admit that even the simplest problem of linear algebra can be considered from a different angle via modern techniques. Applied linear algebra allows us to take some different look at many classical problems of mathematics [1, 2]. For instance, some school and university mathematical problems can be solved with the help of modern optimization apparatus via programming.

As far as it is known, solving an arbitrary linear system of the form

$$A\vec{x} = \vec{b}$$

reduces to finding minimizer, i.e. such vector $\vec{x}^* \in \mathbf{R}^n$, for which

$$\min_{\vec{x} \in \mathbf{R}^n} f(x) = f(\vec{x}^*),$$

for the next quadratic functional

$$f(\vec{x}) = (A\vec{x} - \vec{b}, A\vec{x} - \vec{b}) = \|A\vec{x} - \vec{b}\|^2, \quad A \in \mathbf{R}^{m \times n}, \quad \vec{b} \in \mathbf{R}^m, \quad m \leq n.$$

We have written the program that combines «classical» and «modern» methods for solving arbitrary systems of linear algebraic equations. Namely, it consists of two parts: the first is based on the Gaussian elimination method [3] and the second – on using various gradient methods [4]. Screenshots of the program's results, specifically, visual demonstrations of implementation of two gradient methods: gradient descent method with adapted step selection and gradient descent method with adapted step correction, – for the system

$$\begin{cases} x_1 + 3x_2 + 2x_3 = 10, \\ 4x_1 + 3x_2 + 2x_3 = 20, \end{cases}$$

are shown below. Namely, necessary traditional result of the Gaussian elimination method: the obtained triangular form of the system, – and innovative results of two variational methods: the obtained solution, accuracy of all calculations, and running time of the corresponding method (fig. 1, fig. 2).

The obtained triangular form of the system under consideration has been got with the help of traditional Gaussian elimination method. According to it, the proposed system can be rewritten in the next matrix form

$$\begin{cases} x_1 + 3x_2 + 2x_3 = 10, \\ 4x_1 + 3x_2 + 2x_3 = 20, \end{cases} \Leftrightarrow \begin{pmatrix} 1 & 3 & 2 \\ 4 & 3 & 2 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} x_1 \\ x_2 \\ x_3 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 10 \\ 20 \end{pmatrix},$$

where $A = \begin{pmatrix} 1 & 3 & 2 \\ 4 & 3 & 2 \end{pmatrix}$ is the corresponding to the system coefficient matrix, $\bar{A} = \left(\begin{array}{ccc|c} 1 & 3 & 2 & 10 \\ 4 & 3 & 2 & 20 \end{array} \right)$

is the corresponding to the system augmented matrix. With the help of elementary row operations for transforming this matrix into row-echelon form, we get the next result

$$\begin{aligned} \left(\begin{array}{ccc|c} 1 & 3 & 2 & 10 \\ 4 & 3 & 2 & 20 \end{array} \right) &= \left(\begin{array}{ccc|c} 1 & 3 & 2 & 10 \\ 4 & 3 & 2 & 20 \end{array} \right) I \rightarrow \left(\begin{array}{ccc|c} 1 & 3 & 2 & 10 \\ 4 & 3 & 2 & 20 \end{array} \right) II - 4 \times I = \left(\begin{array}{ccc|c} 1 & 3 & 2 & 10 \\ 4-4 & 3-12 & 2-8 & 20-40 \end{array} \right) II = \\ &= \left(\begin{array}{ccc|c} 1 & 3 & 2 & 10 \\ 0 & -9 & -6 & -20 \end{array} \right) II \rightarrow \left(\begin{array}{ccc|c} 1 & 3 & 2 & 10 \\ 0 & -9 & -6 & -20 \end{array} \right) II : (-1) = \left(\begin{array}{ccc|c} 1 & 3 & 2 & 10 \\ 0 & 9 & 6 & 20 \end{array} \right). \end{aligned}$$

The last matrix represents the next equivalent system to the given one

$$\begin{cases} x_1 + 3x_2 + 2x_3 = 10, \\ 4x_1 + 3x_2 + 2x_3 = 20, \end{cases} \Leftrightarrow \begin{cases} x_1 + 3x_2 + 2x_3 = 10, \\ 0 + 9x_2 + 6x_3 = 20, \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} x_1 + 3x_2 + 2x_3 = 10, \\ 9x_2 + 6x_3 = 20. \end{cases}$$

As far as we see,

$$\text{rang} \begin{pmatrix} 1 & 3 & 2 \\ 0 & 9 & 6 \end{pmatrix} = \text{rang} \begin{pmatrix} 1 & 3 & 2 & | & 10 \\ 0 & 9 & 6 & | & 20 \end{pmatrix} = 2,$$

thus the system is solvable. Since the obtained rang (two) is less than the given quantity of the arguments (three), there exist infinitely many solutions. Back-substitution yields

$$\begin{cases} x_1 + 3x_2 + 2x_3 = 10, \\ x_2 = \frac{20 - 6x_3}{9}, \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} x_1 + 3 \cdot \frac{20 - 6x_3}{9} + 2x_3 = 10, \\ x_2 = \frac{20 - 6x_3}{9}, \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} x_1 + \frac{20 - 6x_3}{3} + 2x_3 = 10, \\ x_2 = \frac{20 - 6x_3}{9}, \end{cases} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \begin{cases} x_1 + \frac{20}{3} - 2x_3 + 2x_3 = 10, \\ x_2 = \frac{20 - 6x_3}{9}, \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} x_1 + \frac{20}{3} = 10, \\ x_2 = \frac{20 - 6x_3}{9}, \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} x_1 = \frac{10}{3}, \\ x_2 = \frac{20 - 6x_3}{9}, \end{cases} \Leftrightarrow \begin{cases} x_1 = \frac{10}{3}, \\ x_2 = \frac{20 - 6x_3}{9}, \\ x_3 = x_3, \end{cases}$$

where $x_3 \in \mathbf{R}$ is free.

According to the proposed optimization methods, we have obtained the next results.

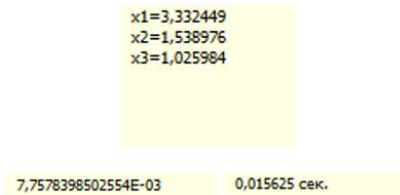


Fig. 1 – The obtained results of gradient descent method with adapted step selection

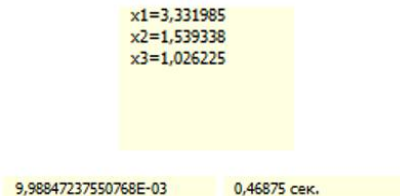


Fig. 2 – The obtained results of gradient descent method with adapted step correction

Finally, we would like to note that active computerization of our life forces mathematical apparatus of optimization to improve and generates new optimization problems. Optimization modeling is rather powerful tool and is ideally suited to classical linear algebra.

References:

1. Meyer C. D. (2010). Matrix Analysis and Applied Linear Algebra. Society for Industrial and Applied Mathematics (SIAM). 730 p.
2. Shores T. S. (2018). Applied Linear Algebra and Matrix Analysis (Undergraduate Texts in Mathematics). Springer. 479 p.
3. Axler S. (2015). Linear Algebra Done Right (Undergraduate Texts in Mathematics). Springer. 340 p.
4. Бейко І. В. (2011). Задачі, методи і алгоритми оптимізації. Рівне: НУВГП. 624 с.

УДК 004.8:93

Цукур В.Г., аспірант спеціальності 124 Системний аналіз.

Науковий керівник: Молоканова В.М., д.т.н., професор, професор кафедри системного аналізу та управління.

(НТУ «Дніпровська політехніка» м. Дніпро, Україна)

ТЕОРЕТИЧНІ ОСНОВИ ТА СУЧАСНИЙ СТАН РОЗВИТКУ ГІБРИДНОГО УПРАВЛІННЯ ПРОЕКТАМИ

У сучасних умовах проект доцільно розглядати не лише як сукупність процесів або робіт, а як цілеспрямовану складну систему, що функціонує у взаємодії з зовнішнім середовищем. З позицій системного аналізу проект характеризується наявністю множини взаємопов'язаних елементів (люди, ресурси, технології, інформація); структурних та функціональних зв'язків та обмежень за часом, вартістю, якістю та ризиками [1; 2]. Проектна система є відкритою, оскільки постійно взаємодіє з зовнішнім середовищем (ринок, замовники, регуляторні умови, технологічні зміни), та динамічною, оскільки її параметри змінюються протягом життєвого циклу.

Сучасні проекти, особливо у сфері ІТ та цифрової трансформації, мають соціально-технічний характер, що проявляється у тісній взаємодії соціальної підсистеми (команди проекту, стейкхолдери, організаційна культура) та технічної підсистеми (ІТ-інфраструктура, програмні платформи, цифрові інструменти) [3]. Зміна одного елемента призводить до трансформації всієї системи, що обумовлює нелінійність поведінки проектів та виникнення емерджентних властивостей, які не можуть бути пояснені сумою властивостей окремих елементів.

Інформаційні технології у сучасних проектах виконують не лише інструментальну функцію, а виступають системоутворювальним фактором, що змінює всю структуру управління проектом, підсилює адаптивність та керованість всієї системи. Застосування ІТ-технологій (PMIS, Agile-платформи, аналітичні системи) призводить до переходу від жорстко детермінованих моделей управління до адаптивних і гібридних [4]. У таких умовах ключового значення набуває інтеграція інформаційних технологій з алгоритмами оптимізаційного прийняття рішень.

Оскільки класичні методи управління проектами ґрунтуються на припущенні відносної стабільності середовища та лінійності процесів, а у складних соціально-технічних системах ці припущення не виконуються, то виникає необхідність поєднання різних підходів і методів, що й створило передумови формування гібридного управління проектами.

Гібридне управління проектами розглядається як системно обґрунтований підхід, що інтегрує формалізовані методи планування та гнучкі механізми підтримки прийняття рішень. Таким чином, гібридне управління проектами є не просто комбінацією методологій, а результатом розвитку системного бачення проектів в умовах цифровізації та зростання складності.

Гібридне управління проектами поєднує в собі елементи різних методологічних підходів: системний підхід, процесний підхід та функціональний підхід. З позицій системного аналізу гібридне управління проектами доцільно розглядати як інтегровану систему управління, у якій поєднуються формалізовані процедури планування з механізмами адаптації та самоорганізації.

Порівняння та пояснення відмінностей між системним, процесним та функціональним підходами надано у таблиці 1.

Гнучкі методології (Agile, Scrum, Kanban, XP) виникли як відповідь на зростання невизначеності та швидку зміну вимог, особливо в ІТ-проектах. З системної точки зору

ці методи забезпечують адаптацію системи до змін середовища. Водночас, надмірна орієнтація на локальну адаптацію може призводити до втрати системної узгодженості на стратегічному рівні.

Таблиця 1

Відмінності між системним, процесним та функціональним підходами

Підхід	На що орієнтований	Що в центрі уваги	Які питання допомагає вирішити
Системний	На всю систему	Елементи + зв'язки + середовище	Як працює система загалом? Де «вузькі місця»?
Процесний	На послідовність дій	Потоки робіт і цінність	Як зробити процеси ефективнішими?
Функціональний	На структуру	Функції та відділи	Хто за що відповідає? Як організувати роботу підрозділів?

Гібридна система управління проектами має багаторівневу структуру, яка включає стратегічний рівень (цілі, портфель проектів, політики) та тактичний рівень (планування, координація, контроль, моніторинг, адаптація). Кожен рівень характеризується власними методами управління та інструментами підтримки прийняття рішень, при цьому між рівнями реалізуються вертикальні та горизонтальні зв'язки.

Однією з ключових характеристик гібридних систем управління проектами є наявність ефективних механізмів зворотного зв'язку, що забезпечують коригування планів у режимі реального часу. ІТ-технології відіграють визначальну роль у реалізації цих механізмів, оскільки забезпечують збір, обробку та аналіз проектної інформації [5]. Незважаючи на значні переваги, застосування системного аналізу в гібридному управлінні проектами супроводжується низкою проблем, серед яких суперечності між формалізованими та гнучкими підходами. Ці обмеження формують наукову проблему дослідження та обґрунтовують необхідність розроблення нових методів і моделей гібридного управління проектами.

Список використаних джерел

1. PMBOK® Guide. A Guide to the Project Management Body of Knowledge. 7th ed. Newtown Square : PMI, 2021. 370 p.
2. Бушуєв С., Дорош М., Шакун Н. Інноваційне мислення у формуванні нових методологій управління проектами. Управління розвитком складних систем. 2016. № 26. С. 49–57.
3. Бушуєв С., Козир Б. Гібридизація методологій управління інфраструктурними проектами та програмами. Вісник Одеського національного морського університету. 2020. № 61. С. 187–207. DOI: <https://doi.org/10.47049/2226-1893-2020-1-5-26>
4. Івко А. В. Підбір моделей організаційної структури взаємодії самокерованих організацій із внутрішнім оточенням проектів розвитку. Управління розвитком складних систем. Київ, 2024. № 58. С. 6–14. DOI: <https://dx.doi.org/10.32347/2412-9933.2024.58.6-14>
5. Hällgren M., Lindahl M. Limits of project management: Rethinking management of complex projects. International Journal of Project Management. 2012. Vol. 30, No. 7. P. 804–814.

УДК 004.9:378.147

Шиян І.О., аспірант кафедри інформатики і кібернетики*(Мелітопольський державний педагогічний університет імені Богдана Хмельницького, м. Запоріжжя, Україна)*

ФОРМУВАННЯ КОМПЕТЕНТНОСТІ МАЙБУТНІХ ПРОГРАМІСТІВ З МОБІЛЬНОЇ РОЗРОБКИ В УМОВАХ ПРОЄКТНОГО НАВЧАННЯ

Сучасний етап розвитку інформаційних технологій характеризується стрімким поширенням мобільних застосунків, які використовуються у сфері бізнесу, освіти, охорони здоров'я, державного управління та повсякденного життя. Це зумовлює підвищення вимог до рівня професійної підготовки майбутніх програмістів, зокрема щодо сформованості компетентності з мобільної розробки. У зв'язку з цим перед закладами вищої освіти постає завдання підготовки фахівців, здатних не лише відтворювати алгоритмічні рішення, а й комплексно вирішувати практичні завдання розробки програмного забезпечення.

Компетентність з мобільної розробки доцільно розглядати як інтегративну характеристику, що поєднує знання з програмування, уміння проєктувати архітектуру мобільних застосунків, навички роботи з сучасними фреймворками та інструментами розробки, а також здатність до аналізу вимог користувачів і тестування програмного продукту. Важливим компонентом такої компетентності є готовність до постійного самонавчання та адаптації до швидких технологічних змін, що є характерною рисою ІТ-галузі.

Традиційні підходи до навчання, орієнтовані переважно на лекційне подання матеріалу та виконання стандартних лабораторних робіт, не завжди забезпечують формування зазначених компонентів компетентності. У цьому контексті особливої актуальності набуває проєктне навчання, яке розглядається дослідниками як ефективний засіб формування професійних компетентностей у майбутніх фахівців з інформаційних технологій[1].

Проєктне навчання передбачає організацію освітнього процесу на основі виконання практично орієнтованих завдань, що мають чітко визначену мету, результат і практичну цінність. У підготовці майбутніх програмістів до мобільної розробки це реалізується через створення мобільних застосунків, які включають етапи аналізу проблеми, формування технічного завдання, проєктування структури застосунку, реалізації функціоналу, тестування та представлення результатів. Такий підхід забезпечує інтеграцію теоретичних знань з програмування, баз даних, проєктування інтерфейсів та принципів програмної інженерії в єдиний навчальний процес.

Формування компетентності з мобільної розробки в умовах проєктного навчання доцільно здійснювати поетапно. На початковому етапі студенти опановують базові інструменти мобільної розробки, середовища програмування та основні принципи створення користувацьких інтерфейсів. На наступних етапах реалізуються навчальні проєкти середнього рівня складності, що передбачають використання архітектурних підходів, роботу з даними та інтеграцію зовнішніх сервісів. Завершальним етапом є виконання комплексних командних проєктів, які моделюють реальні умови професійної діяльності програмістів..

Виконання групових проєктів у межах проєктного навчання сприяє розвитку не лише фахових, а й універсальних компетентностей, зокрема навичок командної роботи, комунікації, планування часу та відповідальності за спільний результат. Це є важливим аспектом підготовки майбутніх програмістів, оскільки сучасна розробка мобільних застосунків зазвичай здійснюється в командному форматі[2].

Особливу роль у реалізації проєктного навчання відіграє викладач, який виступає ментором і координатором навчальної діяльності. Його завдання полягає у створенні сприятливого освітнього середовища, наданні методичної підтримки, організації зворотного зв'язку та оцінюванні результатів проєктної діяльності студентів. Менторська модель взаємодії дозволяє підвищити рівень самостійності здобувачів освіти та сприяє більш усвідомленому формуванню професійних компетентностей.

Оцінювання результатів проєктного навчання доцільно здійснювати з урахуванням як процесу виконання проєкту, так і якості кінцевого продукту. До критеріїв оцінювання можуть належати функціональність мобільного застосунку, якість програмної реалізації, дотримання вимог до інтерфейсу користувача, а також здатність студентів аргументовано презентувати результати власної роботи.

Разом з тим впровадження проєктного навчання у процес підготовки майбутніх програмістів супроводжується певними труднощами, серед яких обмежені часові ресурси, різний рівень підготовки студентів та потреба у постійному оновленні навчального контенту відповідно до розвитку технологій. Це зумовлює необхідність подальшого методичного вдосконалення проєктного підходу та адаптації його до умов конкретного закладу вищої освіти.

Отже, проєктне навчання є ефективним засобом формування компетентності майбутніх програмістів з мобільної розробки, оскільки забезпечує поєднання теоретичної та практичної підготовки, сприяє розвитку професійних і універсальних компетентностей та формує готовність здобувачів освіти до майбутньої професійної діяльності.

Список використаних джерел

1. Bell S. Project-Based Learning for the 21st Century: Skills for the Future. *The Clearing House: A Journal of Educational Strategies, Issues and Ideas*. 2010. Т. 83, № 2. С. 39–43. URL: <https://doi.org/10.1080/00098650903505415>(дата звернення: 27.02.2026).
2. Hmelo-Silver C. E. Problem-Based Learning: What and How Do Students Learn?. *Educational Psychology Review*. 2004. Т. 16, № 3. С. 235–266. URL: <https://doi.org/10.1023/b:edpr.0000034022.16470.f3>(дата звернення: 27.02.2026).

УДК 004.8

Titov M.H., student of group 122-23-2

(Dnipro University of Technology, Dnipro, Ukraine)

USING ARTIFICIAL INTELLIGENCE TECHNOLOGIES TO OPTIMIZE THE MANAGEMENT OF MUNICIPAL AND PRIVATE HEATING SYSTEMS

Modern heating systems (both centralized and standalone) face the challenge of high inertia and excess energy consumption. Traditional control methods based on rigid temperature schedules and feedback sensors (PID controllers) often fail to account for dynamic factors: sudden weather changes, the thermal inertia of buildings, and the actual presence of people. The implementation of artificial intelligence (AI) enables a transition from reactive to predictive control, reducing resource costs by 15–30% [1-5].

The aim of the study is to substantiate and describe the architecture of a heating control system based on neural network models capable of minimizing energy costs while maintaining a given level of thermal comfort.

Traditional automation systems operate on a "here and now" basis. AI solutions are distinguished by their ability to learn from historical data. We will consider two approaches:

1. Model Predictive Control (MPC), using mathematical models of the building.
2. Machine Learning, using regression models to predict heat loss.

For effective control, a three-layer architecture is used:

- Data collection (IoT layer): Temperature sensors (inside and outside), humidity sensors, window opening sensors, and occupancy sensors.
- Analytics module (AI core): Using recurrent neural networks (RNN) or long short-term memory (LSTM) networks. These models are effective for analyzing time series (weather, heat consumption).
- Executive layer: Controllers that smoothly regulate the coolant flow or boiler output based on AI predictions.

Key factors considered by the model:

1. Weather forecast. Integration with meteorological services allows the system to begin reducing or increasing power 2-3 hours before the outside temperature changes.
2. Energy price dynamics. For systems with electric boilers, the AI can accumulate heat during the night rate.
3. Behavioral patterns. The system studies the schedule of the home's occupants, reducing the temperature in empty rooms.

The implementation of AI algorithms enables energy savings. Optimization of equipment on/off cycles reduces gas or electricity consumption by 20% on average over the season. Equipment service life is extended by eliminating "cycling" (frequent start-ups) of boilers and pumps. The carbon footprint is reduced through more efficient fuel combustion.

Let's look at specific examples of implemented systems.

The Leanheat project (Finland). The system has been installed in over 150,000 apartments. AI analyzes humidity and temperature data in each apartment and coordinates the operation of the central heating station. Result: peak loads on the city grid have been reduced by 20%, and overall heating costs by 10-15%.

Google DeepMind in data centers. The company implemented an AI system to manage cooling and associated heating in administrative buildings. The algorithm takes data snapshots from thousands of sensors every five minutes, predicting how changes to settings will impact energy consumption. This has reduced energy costs for climate control systems by 40%.

BrainBox AI startup. Canadian technology that integrates into existing building management systems (BMS). The use of autonomous AI has enabled office buildings to reduce

their carbon footprint by 25–35%, thanks to the system's ability to sense the approach of a solar front and proactively reduce heating power in illuminated areas of the building.

The use of heat pumps for energy-efficient heating and hot water supply systems means the use of powerful conversion electronics, which will be switched on according to certain random laws. Therefore, to assess the implementation of these heat pump systems, it is necessary to take into account the impact on the power supply system from the operation of the electronics, and to set limiting parameters for artificial intelligence, where this is necessary at the design stage of modernization of heating systems [6].

CONCLUSION

Integrating artificial intelligence into heating system management transforms passive utility networks into adaptive ecosystems. Despite the complexity of initial setup and the need to collect big data, the long-term economic benefits and improved comfort make this a priority for the development of the Smart City concept and energy-efficient construction. In the context of Ukraine's post-war recovery, given the persistent energy shortage, the implementation of these technologies is a priority for the construction of new buildings and the modernization of existing housing.

REFERENCE

1. Zhao, H., Zhao, J., Shu, T., & Pan, Z. (2021). Hybrid-Model-Based Deep Reinforcement Learning for Heating, Ventilation, and Air-Conditioning Control. *Frontiers in Energy Research*, 8. <https://doi.org/10.3389/fenrg.2020.610518>
2. Wang, Z., & Hong, T. (2020). Reinforcement learning for building controls: The opportunities and challenges. *Applied Energy*, 269, 115036. <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2020.115036>
3. OLISHEVSKYI I.H. (2024). DATAWARE AND SOFTWARE OF THE AUTOMATED TECHNOLOGY FOR COMPUTER-INTEGRATED CONTROL OF HEAT PUMP SYSTEMS. MEASURING AND COMPUTING DEVICES IN TECHNOLOGICAL PROCESSES, (2), 205–212. <https://doi.org/10.31891/2219-9365-2024-78-23>
4. OLISHEVSKYI I.H. (2024). RESULTS OF DEVELOPMENT AND RESEARCH OF THE TECHNOLOGY FOR AUTOMATED ENERGY-EFFICIENT CONTROL OF HEAT PUMP SYSTEMS BY MEANS OF COMPUTER EXPERIMENT. *Herald of Khmelnytskyi National University. Technical Sciences*, 335(3(1), 419-428. <https://doi.org/10.31891/2307-5732-2024-335-3-58>
5. Олішевський, І. Г. (2015). Justification rational scheme of heat pump system heating. *MECHANICS OF GYROSCOPIC SYSTEMS*, (30), 26. <https://doi.org/10.20535/0203-377130201573171>
6. Папаїка Ю.А. Оцінка надійності систем електропостачання з потужними нелінійними навантаженнями / Ю.А. Папаїка, О.Г. Лисенко, А.В. Бубліков, І.Г. Олішевський // Електротехніка та електроенергетика. / Запорізький нац. ун-т «Запорізька політехніка». – Запоріжжя, 2020. – № 4. – С. 26-34. <https://doi.org/10.15588/1607-6761-2020-4-3>

УДК 004.8

Olishevskiy I.H., Associate Professor of the department of information security and telecommunications

(Dnipro University of technology, Dnipro, Ukraine)

PROGRAMMATIC DETECTION OF TEXTS GENERATED BY ARTIFICIAL INTELLIGENCE

Modern algorithms and neural network solutions have reached such a level that it is becoming increasingly difficult to distinguish between a human-written essay and one created by AI[1-5]. Therefore, examining the implications of generative AI for academic writing constitutes a timely and significant research problem for both computer science and education. This study seeks not only to identify the challenges posed by AI-generated texts in scholarly works but also to investigate methods for textual analysis and authorship attribution, along with the principal factors that influence these processes. Understanding and mitigating the risks associated with generative AI in research and education is essential to preserve academic integrity and maintain fairness during the ongoing digital transformation.

Consequently, investigating the ramifications of generative artificial intelligence for scholarly writing constitutes an urgent and important research topic for both computer science and educational studies. This paper intends to uncover the problems introduced by AI-produced texts in academic submissions and to examine approaches for textual examination and authorship attribution, as well as the principal variables that shape these processes. Grasping and addressing the threats posed by generative AI in research and teaching is vital to uphold academic honesty and ensure equitable practices amid ongoing digital change.

The algorithmic sequence of the AI checking process [1] is described below.

1. The human operator enters text into the system:
 1. The text is sent for processing.
 2. Sending the text for checking.
2. The program generates queries to several external sites:
 1. Queries are sent asynchronously or in parallel.
 2. Waiting and receiving results.
3. The system waits for responses from external services:
 1. As the responses are received, they are processed and stored.
 2. If a service does not respond within the specified time, the system logs an error and continues processing.
4. Data aggregation and normalization:
 1. Bringing responses to a consistent format.
 2. Eliminating duplicates and irrelevant data.
 3. Validity assessment and weight analysis of data (if applicable).
5. Decision making:
 1. Analyzing the aggregated data.
 2. Calculating the final result (summary score, probabilistic analysis, etc.).
6. Report generation:
 1. Creating a human-readable report with results.
 2. Data visualization (if required).
7. Outputting the result to the user:
 1. The human operator receives the final decision.
 2. The system completes processing and is ready for the next request.

Transforming this algorithmic sequence with a generalization of the parts related to the application into a single whole, called the Application, will give us the sequence diagram shown in Fig. 1

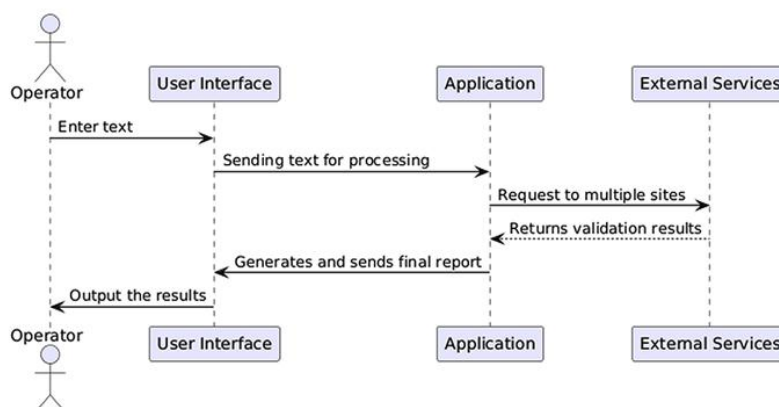


Fig. 1. Sequence of basic system operations is represented as a UML Sequence Diagram

CONCLUSION

The study finds that translating AI-generated Ukrainian texts into English substantially improves detection performance. This outcome highlights that **LLMs** are largely trained on English data, and their multilingual functionality often depends on inferior translation-based models. As a result, an issue of **linguistic bias** emerges: non-English languages risk being simplified or anglicized, losing distinctive grammatical and stylistic features. Over time, this process may erode **linguistic diversity**, reducing the nuance and complexity of academic and scientific communication in languages other than English.

Consequently, it is essential to undertake systematic evaluation and refinement of AI-detection approaches that take into account **language-specific characteristics** and computational constraints. The outcomes of this research emphasize an urgent need for more advanced detection tools capable of identifying machine-generated content across a wide range of languages, thereby protecting fairness and preserving **academic integrity** in an increasingly AI-driven scholarly environment.

REFERENCE

1. Prykhodchenko, S. D., Prykhodchenko, O. Y., Shevtsova, O. S., & Olishevskiy, I. H. (2025). Software detection of Ukrainian-language texts generated by AI: methods, estimations, challenges. *Naukovyi Visnyk Natsionalnoho Hirnychoho Universytetu*, (4), 150–159. <https://doi.org/10.33271/nvngu/2025-4/150>
2. Shah, A., Ranka, P., Dedhia, U., Prasad, S., Muni, S., & Bhowmick, K. (2023). Detecting and Unmasking AI-Generated Texts through Explainable Artificial Intelligence using Stylistic Features. *International Journal of Advanced Computer Science and Applications*, 14, 110. <https://doi.org/10.14569/IJACSA.2023.01410110>
3. Majhi, D., & Santra, P. (2023). Scholarly Communication and Machine-Generated Text: Is it Finally AI vs AI in Plagiarism Detection? *SRELS Journal of Information Management*, 60, 173-181. <https://doi.org/10.17821/srels/2023/v60i3/171028>
4. Kumarage, T., Agrawal, G., Sheth, P., Moraffah, R., Chadha, A., Garland, J., & Liu, H. (2024). A Survey of AI-generated Text Forensic Systems: Detection, Attribution, and Characterization. <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.23893.60645>
5. Rashidi, H., Fennell, B., Albahra, S., Hu, B., & Gorbett, T. (2023). The ChatGPT conundrum: Human-generated scientific manuscripts misidentified as AI creations by AI text detection tool. *Journal of Pathology Informatics*, 14, 100342. <https://doi.org/10.1016/j.jpi.2023.100342>

УДК 519.688

Журавльова Ю.С., аспірант спеціальності 126 Інформаційні системи та технології
Корж О.Д., здобувач групи 123-24-1

(Національний технічний університет «Дніпровська політехніка», м.Дніпро, Україна)

ЗАСТОСУВАННЯ АЛГОРИТМУ DBSCAN ДЛЯ КЛАСТЕРИЗАЦІЇ АСТРОФІЗИЧНИХ ОБ'ЄКТІВ

Вступ. Кластеризація зірок є фундаментальним завданням астрофізики, що дозволяє виявляти закономірності еволюції космічних тіл. У даній роботі розглядається застосування алгоритму DBSCAN (Density-Based Spatial Clustering of Applications with Noise) до датасету «Star Type Classification / NASA». На відміну від центроїдних методів, DBSCAN дозволяє ідентифікувати кластери довільної форми та ефективно відокремлювати аномалії (шум), що є критично важливим для аналізу реальних фізичних даних.

Основний матеріал. Для аналізу було обрано датасет «Star Type Classification / NASA» [1], який містить фізичні характеристики астрофізичних об'єктів - зірок. Набір даних (рис.1) містить такі числові ознаки: Temperature (K) - температура поверхні, L (Luminosity) - відносна потужність, R (Radius) - відносний радіус, A_M (Absolute Magnitude) - абсолютна зоряна величина.

Процес дослідження включав наступні етапи:

1. Попередня обробка даних. Перед застосуванням алгоритму було проведено стандартизацію даних за допомогою StandardScaler. Це критично важливо для методів, що базуються на відстанях, оскільки ознаки мають непорівнянні масштаби. Без зведення до спільної шкали розрахунок евклідової відстані був би викривленим. Фрагмент лістингу з застосуванням StandardScaler:

```
scaler = StandardScaler:
```

```
X_scaled = scaler.fit_transform(X_raw)
```

2. Параметризація моделі. Головна ідея методу DBSCAN полягає в тому, що кластери розглядаються як області з високою щільністю точок, які відокремлені одна від одної областями з низькою щільністю. Функціонування алгоритму визначається двома ключовими параметрами: радіусом околу (*eps*) та мінімальною кількістю об'єктів (*min_samples*). Налаштовано алгоритм за цими ключовими параметрами: радіус околу *eps*=0.5 та мінімальна кількість об'єктів *min_samples*=4, необхідних для формування щільної області.

3. Класифікація точок. Кожна точка класифікується як один з трьох типів: Core Point (основна точка) - точка в околі *eps* якої знаходиться не менше ніж *min_samples* сусідів (включно з нею самою); Border Point (гранична точка) – точка, яка потрапляє в окіл основної точки, але сама має менше сусідів, ніж *min_samples*. І є частиною кластера, але знаходиться на його краю; Noise (шум) - точка, яка не належить до жодного кластера, дозволяє алгоритму ефективно фільтрувати аномалії. Фрагмент лістингу з застосуванням бібліотеки scikit-learn:

```
dbscan = DBSCAN(eps = 0.5, min_samples = 4)
```

```
labels = dbscan.fit_predict(X_scaled)
```

Результати. В результаті роботи алгоритму було ідентифіковано 4 основні кластери (рис.2а), 2б). (Red Dwarf, Red Super Giant, Blue Super Giant, Hyper Giant та 32

аномальні об'єкти (шум)

```

#####
Аномальні об'єкти: 32 шт.
-----
Кластер 0 --> Red Dwarf (Червоний карлик)
Кількість одиниць: 154
Середні знач.: Temp=8053K, L=764.9077, R=0.9718, A_M=-11.16
-----
Кластер 1 --> Red Super Giant
Кількість одиниць: 13
Середні знач.: Temp=4931K, L=209153.8462, R=45.1538, A_M=-6.53
-----
Кластер 2 --> Blue Super Giant
Кількість одиниць: 21
Середні знач.: Temp=24903K, L=210296.1905, R=36.3003, A_M=-5.78
-----
Кластер 3 --> Hyper Giant (Гіпергігант)
Кількість одиниць: 20
Середні знач.: Temp=3766K, L=207050.0000, R=1390.7000, A_M=-9.88
-----
#####
    
```

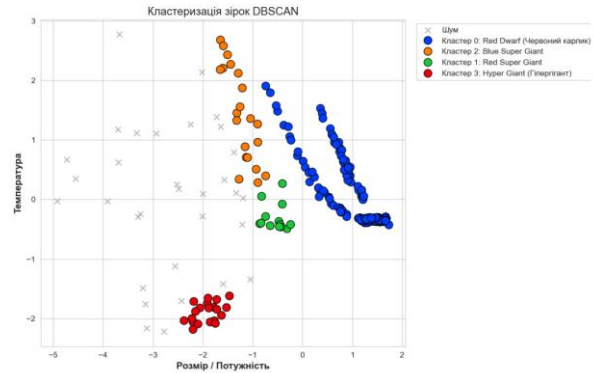


Рисунок 2а) - Результати кластеризації DBSCAN; 2б) - Візуалізація кластеризації DBSCAN

Якість кластеризації оцінена за допомогою внутрішніх метрик: коефіцієнту силуету (Silhouette Coefficient), Davies-Bouldin Index, індекс Данна (Dunn Index) рис.3а). Аналіз отриманих метрик демонструє, що дані мають складну, неперервну структуру. Коефіцієнт Silhouette показав середній показник: він підтверджує, що загальна структура кластерів знайдена вірно, проте межі між ними розмиті. Це підкріплює індекс Davies-Bouldin, значення якого перевищує ідеальну одиницю, що свідчить про те, що кластери мають значний внутрішній розкид характеристик або розташовані надто близько один до одного. Низьке значення індексу Данна (0.0810) дає загальний висновок: хоч основні типи зірок відрізняються, відстань між самими групами є мінімальною.

Далі було порівняння з еталоном, оцінка з наявністю еталонних міток. Для порівняння математично знайдених кластерів із реальними астрофізичними типами зірок були використані метрики Adjusted Rand Index (ARI) та Normalized Mutual Information (NMI).

Внутрішні метрики кластеризації:		Зовнішні метрики кластеризації (порівняння з Type):	
Silhouette score:	0.4059	Adjusted Rand Index (ARI):	0.2206
Davies-Bouldin index:	1.1129	Normalized Mutual Information:	0.5221
Dunn index:	0.0810		

Рисунок 3а) – Результати оцінки за внутрішніми метриками; 3б) - Результати оцінки за еталоном

Результати порівняння з еталоном підтверджують логіку: показник NMI (0.5221) свідчить про те, що характеристики зірки (температура і світність) дійсно визначають її тип. А от невисокий ARI (0.2206) ми отримали бо DBSCAN об'єднав дуже схожі підкласи в одну велику групу, тоді як у датасеті вони розділені (початкове розділення типів в датасеті від 0 до 5).

Висновки. В роботі досліджено роботу алгоритму DBSCAN на прикладі класифікації зірок. Експеримент довів, що для коректної роботи метричних алгоритмів попереднє масштабування даних є обов'язковим. Головною перевагою обраного методу стала його здатність самостійно визначати кількість кластерів та відсіювати шум. Показники валідації (NMI ~0.52) підтвердили, що алгоритм вірно вловив фізичні закономірності, а помірні значення внутрішніх метрик пояснюються не помилкою моделі, а специфікою самих даних.

Список використаних джерел

1. <https://www.kaggle.com/datasets/brsdincer/star-typeclassification>
2. <https://www.ultralytics.com/ru/glossary/dbscan-density-based-spatial-clustering-of-applications-with-noise>

Економіка і управління

УДК 657

Березний О.В., аспірант спеціальності 071 «Облік і оподаткування»**Науковий керівник: Городиський М.П., к.е.н., доц., доцент кафедри інформаційних систем в управлінні та обліку***(Державний університет «Житомирська політехніка», м. Житомир, Україна)*

ІНТЕГРАЦІЯ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ ТА МАШИННОГО НАВЧАННЯ В СИСТЕМУ БУХГАЛТЕРСЬКОГО ОБЛІКУ

Сучасна парадигма бухгалтерського обліку перебуває у стані фундаментальної трансформації, зумовленої невідповідністю традиційних методологій ретроспективної фіксації господарських фактів вимогам цифрової економіки та концепції Індустрії 4.0. Ключова наукова проблема полягає у необхідності концептуального та технологічного переходу від обліку як системи реєстрації історичних даних до обліку на основі штучного інтелекту, що базується на використанні методів аналізу даних та предиктивної аналітики для інформаційного забезпечення управлінських рішень у режимі реального часу [1]. Традиційні методи обробки неструктурованої фінансової документації характеризуються високою трудомісткістю та схильністю до помилок, що створює критичний розрив між швидкістю генерування даних та можливостями їх ефективної інтерпретації.

Методологічний базис дослідження сформовано на основі системного та інституціонального підходів, методів бібліометричного аналізу, логічного моделювання та порівняльного аналізу. Теоретичною основою слугували концепції «Accounting Intelligence», потрібного запису та цифрової трансформації фінансових систем. Аналіз наукових публікацій свідчить про зміщення фокусу досліджень з питань базової автоматизації на інтеграцію інструментарію Data Science, штучного інтелекту та технологій блокчейн [2]. Бібліометричний аналіз підтверджує експоненціальне зростання інтересу до ШІ-асистованих облікових систем починаючи з 2018 року, а порівняльні дослідження виявляють, що організаційна культура та регуляторна підтримка є суттєвими факторами впровадження відповідних технологій [3].

Дослідження засвідчило, що інтеграція інструментарію Data Science забезпечує якісну зміну функціонального призначення облікової системи. Впровадження автоматизованих систем на основі алгоритмів обробки природної мови дозволяє скоротити час введення даних на 75% та знизити рівень помилок з 12% до 3,5% порівняно з ручними процесами [1]. Застосування методів аналізу часових рядів, рекурентних нейронних мереж і симуляції Монте-Карло підвищує точність прогнозування грошових потоків та інвестиційних показників [4]. Поєднання блокчейну та алгоритмічної обробки транзакцій, у свою чергу, створює передумови для безперервного аудиту та суцільного контролю, усуваючи необхідність у зв'язі даних між контрагентами [5]. Щодо виявлення шахрайства, застосування алгоритмів кластеризації та методів ізоляції викидів дозволяє ідентифікувати аномальні транзакції з точністю до 93% при виявленні дублікатів та шахрайських схем, що принципово вирізняє суцільний аналіз даних від традиційного вибіркового аудиту [1].

За результатами систематизації виявлених тенденцій запропоновано концептуальну триетапну модель еволюції облікових систем (рис. 1). Кожен наступний етап не заперечує попередній, а розширює його функціональні можливості, засвідчуючи, що трансформація методології обліку є послідовним і закономірним процесом.

Таким чином цифровізація бухгалтерського обліку формує нову екосистему управління фінансовою інформацією, у якій поєднуються алгоритмічна верифікація даних, предиктивне моделювання та професійне судження фахівця. Концептуальний перехід до моделі інтелектуалізованого обліку сприяє зростанню операційної ефективності, прозорості та якості фінансової звітності.

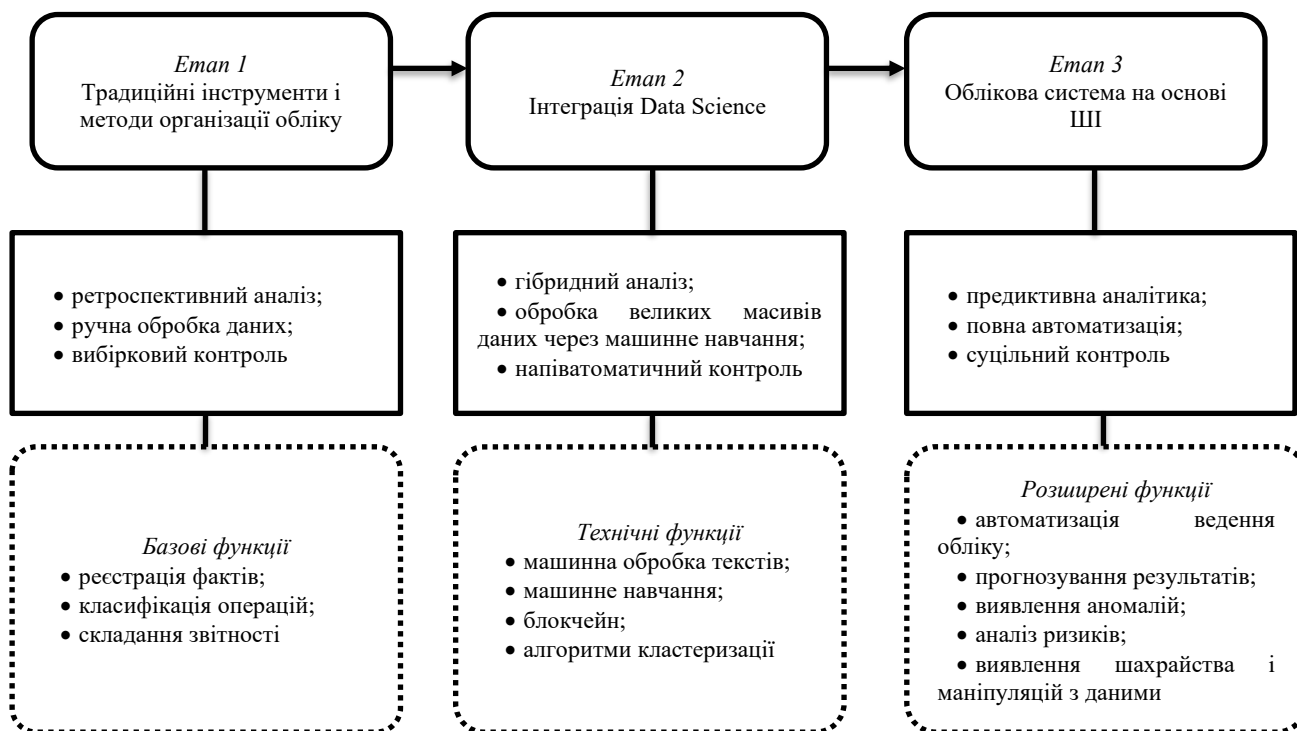


Рисунок 1 – Трансформація методології бухгалтерського обліку під впливом технологій аналізу даних

Джерело: складено автором

Перспективи подальших досліджень полягають у розробці етичних стандартів алгоритмічного прийняття рішень, вивченні довгострокового впливу цифровізації на фінансово-економічні показники підприємств, а також у гармонізації технічних інновацій з чинною методологією бухгалтерського обліку та адаптації професійних компетенцій фахівців галузі.

Список використаних джерел:

1. Goel N., Singh S. AI-Driven Accounting Automation: Leveraging NLP for Financial Document Processing. *International Journal of Research in Modern Engineering & Emerging Technology*. 2025. Vol. 13, no. 4. P. 18–28. URL: <https://doi.org/10.63345/ijrmeet.org.v13.i4.1>
2. Sampaio C., Silva R. Digital Transformation in Accounting: An Assessment of Automation and AI Integration. *International Journal of Financial Studies*. 2025. Vol. 13, no. 4. P. 206. URL: <https://doi.org/10.3390/ijfs13040206>
3. Fülöp M. T. et al. Digital Transformation of the Accounting Profession at the Intersection of Artificial Intelligence and Ethics. *Economics*. 2025. Vol. 19, no. 1. URL: <https://doi.org/10.1515/econ-2025-0155>
4. Herath H. S. B., Herath T. Data Science in Accounting: Budget Analytics Using Monte Carlo Simulation. *Advances in Accounting Education: Teaching and Curriculum Innovations*. 2024. Vol. 28. P. 37–61. DOI: <https://doi.org/10.1108/S1085-462220240000028003>
5. Weinberg A. I., Faccia A. Transforming Triple-Entry Accounting with Machine Learning: A Path to Enhanced Transparency Through Analytics. *arXiv preprint arXiv:2411.15190*. 2024. DOI: <https://doi.org/10.48550/arXiv.2411.15190>

УДК 621.9.014

УДК 368:519.2

Бондаренко П.В., к.е.н., старший викладач кафедри фінансового менеджменту та фондового ринку

(Одеський національний економічний університет, м.Одеса, Україна)

СУЧАСНЕ ЗАСТОСУВАННЯ УЗАГАЛЬНЕНИХ АДИТИВНИХ МОДЕЛЕЙ (GAM) ТА GAMM У СТРАХОВИХ КОМПАНІЯХ

Сучасний ринок страхування в Україні та світі характеризується експоненціальним зростанням обсягів даних, швидким розвитком цифрових технологій, ускладненням профілів ризиків та жорсткими регуляторними вимогами до прозорості тарифної політики, резервування та управління капіталом. Особливе значення набуває застосування сучасних актуарних інструментів, які дозволяють страховим компаніям не лише точно оцінювати ризики, а й оптимізувати фінансову стійкість, підвищувати прибутковість і забезпечувати відповідність нормам Нацкомфінпослуг, Національного банку України та міжнародним стандартам Solvency II.

Традиційні узагальнені лінійні моделі GLM, що десятиліттями домінували в актуарній практиці, сьогодні виявляють суттєві обмеження. Їх жорстке припущення про лінійність зв'язків, після логарифмічної або іншої трансформації, між предикторами та цільовою змінною призводить до втрати важливої інформації при моделюванні складних нелінійних ефектів. Це особливо критично у страховому ціноутворенні, де фактори ризику (вік страхувальника, стаж, пробіг, територія, сезонність) мають явно нелінійний характер впливу на частоту й тяжкість збитків.

Узагальнені адитивні моделі GAM, запропоновані [1] ще у 1990 році, радикально розширюють можливості моделювання. Математично GAM представляється у вигляді:

$$g(E[Y]) = \beta_0 + f_1(x_1) + f_2(x_2) + \dots + f_p(x_p), \quad (1)$$

де $g(\cdot)$ — лінк-функція, а $f_i(\cdot)$ — гладкі нелінійні функції, реалізовані зазвичай через пеналізовані кубічні регресійні сплайни або тонкі пластинчасті сплайни. Такий підхід зберігає повну інтерпретованість моделі, характерну для GLM, але дозволяє точно відтворювати нелінійні залежності без штучної категоризації безперервних змінних, яка часто спотворює результати.

У страхових компаніях GAM активно застосовуються для моделювання частоти страхових випадків, тяжкості збитків та розрахунку чистої премії. Найбільш ефективними вони є в автострахуванні, де ефекти віку водія, стажу керування, річного пробігу та територіального розташування мають яскраво виражений нелінійний профіль: ризик різко зростає для водіїв до 25 років, стабілізується в діапазоні 35–60 років і знову підвищується після 70 років. Використання сплайнів дозволяє точно відтворювати ці залежності, що безпосередньо впливає на точність тарифів і фінансову стійкість страхового портфеля.

Узагальнені адитивні змішані моделі GAMM є логічним розвитком GAM і включають випадкові ефекти для врахування кореляції між спостереженнями. GAMM є незамінними під час роботи з панельними та лонгітюдними даними страхового портфеля, коли один клієнт генерує кілька спостережень протягом кількох років. ці моделі дозволяють ефективно моделювати індивідуальну гетерогенність страхувальників, часові тренди, територіальні кластери та ефекти повторних вимірювань. Це має критичне значення для точної оцінки агрегатних збитків, формування резервів, розрахунку економічного капіталу та стрес-тестів відповідно до вимог ризик-орієнтованого нагляду.

Сучасна міжнародна практика провідних страховиків та спеціалізованих платформ Akur8, SAS, R-пакет mgcv демонструє масове впровадження узагальнених адитивних моделей GAM та їх змішаних варіантів GAMM у виробничі системи актуарного

ціноутворення. Дослідження [2] показало, що GAM з територіальним кластерним дизайном значно точніше прогнозують претензії в автострахованні порівняно з GLM, особливо в умовах регуляторного контролю тарифів. [3] запропонували застосування GAM для моделювання залежних розподілів частоти та тяжкості в рамках Tweedie-моделей, що забезпечило кращі значення інформаційних критеріїв AIC та BIC, а також покращену графічну діагностику.

Особливо актуальним є поєднання GAM із телематичними даними в рамках страхування на основі використання системи UBI. Тут нелінійні ефекти пробігу, стилю водіння (різке гальмування, прискорення), часу доби та динамічних територіальних факторів вимагають гнучких адитивних структур. Автоматизовані платформи моделювання дозволяють актуаріям швидко будувати моделі, візуалізувати часткові ефекти і забезпечувати повну прозорість для регулятора та керівництва компанії.

Порівняно з «чорними ящиками» машинного навчання (XGBoost, LightGBM, нейронні мережі), GAM та GAMM мають високу інтерпретованість і легкість інтеграції в існуючі актуарні та фінансові системи. Це дозволяє забезпечувати відповідність принципам прозорості, що є обов'язковою умовою для регуляторної звітності та внутрішнього аудиту.

В Україні застосування GAM та GAMM поки що не набуло масового характеру через переважання традиційних GLM у більшості страхових компаній та обмежену доступність великих телематичних даних. Однак з активним впровадженням цифрових платформ, розвитком UBI, вимог НБУ щодо ризик-орієнтованого нагляду та переходом до МСФЗ 17, інтерес до цих моделей стрімко зростає. Їх використання дозволяє страховим компаніям одночасно підвищувати точність актуарних розрахунків, оптимізувати структуру тарифів, зменшувати волатильність фінансових результатів і розвивати персоналізовані страхові продукти.

Серед основних переваг GAM/GAMM варто виділити:

- можливість візуалізації впливу кожного фактора ризику;
- відсутність необхідності штучної категоризації змінних;
- стійкість до overfitting завдяки механізмам пеналізації;
- легкість інтеграції у фінансові моделі резервування та капіталу.

Водночас моделі вимагають ретельного вибору параметрів гладкості, перевірки на overfitting за допомогою крос-валідації, GCV та інформаційних критеріїв AIC, BIC, UBRE. Сучасні розширення, такі як Bayesian GAM, GAMLSS та robust GAM, дозволяють додатково моделювати не лише середнє, а й дисперсію, асиметрію та ексцес розподілу ризиків, що особливо важливо для фінансового управління портфелем.

Таким чином, узагальнені адитивні моделі GAM та їх змішані варіанти GAMM становлять один із найсучасніших і найбільш затребуваних інструментів актуарної аналітики, фінансового ризик-менеджменту та тарифної політики в страхових компаніях. Перехід від жорстких лінійних структур до гнучких адитивних моделей означає не лише підвищення точності прогнозів, але й суттєве посилення фінансової стійкості страховиків, оптимізацію капіталу, розвиток інноваційних продуктів і забезпечення конкурентоспроможності на цифровому страховому ринку України та Європи.

Список використаних джерел

1. Hastie T., Tibshirani R. (1990). Generalized Additive Models. London: Chapman and Hall.
2. Xie S., Shi K. (2023). Generalised Additive Modelling of Auto Insurance Data with Territory Design: A Rate Regulation Perspective. Mathematics, 11(2), 334. DOI: <https://doi.org/10.3390/math11020334>
3. Chen T., Desmond A.F., Adamic P. (2023). Generalized Additive Modelling of Dependent Frequency and Severity Distributions for Aggregate Claims. Journal of Statistical and Econometric Methods, 12(4), 1-37. DOI: <https://doi.org/10.47260/jsem/1241>

Veretilnyk O., PhD in Political Science and Public Administration,
(Pomeranian University in Starogard Gdański, Starogard Gdański, Poland)

ECONOMIC TRANSFORMATION OF AFGHANISTAN AFTER 2021: CONSTRAINTS, RESOURCES, AND DEVELOPMENT PROSPECTS

In 2021, the ultra-conservative Islamic movement, the Taliban, returned to power in Afghanistan. For a country whose economy had largely depended on international financial and economic assistance during twenty years of foreign military presence (2001–2021), this marked a return to a regime of strict international sanctions and restrictions. Many of these measures had been imposed by the international community on the Taliban as early as the mid-1990s. As a result, the country faced severe financial, economic, and social challenges [1, 2, 3].

It should be noted that even before the Taliban's return to power, Afghanistan was not among the dynamically developing states, remaining one of the poorest countries in the world. Its economy relied heavily on external aid as well as on the production and export of narcotics. The internationally recognized government in power from 2001 to 2021 failed to overcome this dependence over the course of two decades [2].

Upon returning to power, the Taliban announced their intention to change the existing economic model. A ban on the cultivation of opium poppy and the production of narcotics was introduced. According to the United Nations, this policy yielded noticeable results: the area under opium cultivation decreased significantly, and the volumes of narcotics production and export were substantially reduced. Despite the continuation of international sanctions and the freezing of the Central Bank of Afghanistan's assets by the U.S. government, the new leadership took steps to stabilize and restore the economy. To this end, efforts were made to engage international partners, international organizations, as well as members of the Afghan diaspora living and working abroad, including in the Gulf countries.

Analyzing the performance of the new Afghan government in 2021–2025, it can be concluded that Afghanistan remains a predominantly agrarian, underdeveloped state. Approximately 60–65% of the population is employed in the agricultural sector [3]. However, this employment structure is largely determined by the low level of urbanization: the majority of the population resides in rural areas, far from major urban centers. At the same time, internal migration from rural areas to cities is limited due to a chronic shortage of jobs in the urban economy.

The main agricultural crops produced in the country, some of which are partially export-oriented, include wheat, pomegranates, grapes and raisins, apricots, and nuts, as well as livestock products such as meat, milk, and dairy products [3]. At the same time, the agricultural sector faces significant structural challenges. Key issues include the effects of climate change—particularly droughts—and underdeveloped, largely outdated irrigation infrastructure [2, 3].

To overcome these limitations, the authorities have initiated several major infrastructure projects. One of the largest is the construction of the Kosh-Teppa irrigation canal in the north of the country [3]. At the same time, other hydraulic structures are being built in various regions of Afghanistan. For Afghan farmers, these projects represent a potential opportunity to stabilize agricultural production. Nevertheless, neighboring countries—particularly Iran and the post-Soviet states of Central Asia—have expressed concern that increased water extraction could reduce transboundary water flows and intensify regional competition for water resources.

Beyond agriculture, the government has also focused on developing the mining sector, which attracts significant interest from foreign partners, especially China. Available data indicate that Afghanistan possesses substantial proven reserves of copper, lithium, gold, iron ore, and rare earth metals [3]. In the context of a transforming international order, trade and

economic competition among leading world powers—including the United States and China—and increasing competition for strategic resources, cooperation with Afghanistan in this sector acquires additional geoeconomic significance.

Nevertheless, at present, the mining sector does not provide substantial revenue to the state budget. In 2021–2025, approximately 200 mostly small contracts were signed, totaling around USD 250 million. However, in the long term, this sector has the potential to become one of the key sources of export earnings and budget revenues for the country [3].

Among other directions of the new Afghan government's economic policy, the development of the country's transit potential should be highlighted. Afghanistan seeks to position itself as a key transit hub, aiming to integrate into the regional economic space and strengthen its status as a significant regional actor through the development of road, railway, and pipeline infrastructure.

In this context, the government is actively promoting projects such as the construction of a railway line connecting Central and South Asia, as well as the implementation of the TAPI gas pipeline (Turkmenistan–Afghanistan–Pakistan–India). The latter is regarded not only as an energy project but also as a strategic infrastructure initiative capable of providing Afghanistan with stable transit revenues and enhancing its role in interregional economic relations.

The Afghan diaspora also plays a notable role in economic processes. A significant example is the entrepreneur Mirwais Azizi, who announced plans to invest up to USD 10 billion in Afghanistan's economy. These funds are expected to be allocated to housing construction, energy infrastructure development, and the creation of tens of thousands of jobs, potentially generating a multiplier effect on the domestic market [3].

In conclusion, it can be stated that, despite persistent internal structural challenges and the impact of international sanctions, the Afghan government since 2021 has taken a number of steps aimed at stabilizing the economic situation. According to international organizations, these measures have contributed to preventing a large-scale economic collapse and humanitarian disaster, the risk of which increased significantly after the withdrawal of foreign troops.

By striving to develop a more economically self-sufficient model and reduce critical dependence on external assistance, the new leadership simultaneously demonstrates a willingness to engage in international cooperation. This is evidenced by the intensification of contacts with China and several neighboring countries, indicating the pragmatic nature of Afghanistan's foreign economic strategy.

References:

1. Afghanistan Economic Monitor, URL: <https://www.worldbank.org/en/country/afghanistan/publication/afghanistan-economic-monitors> (Accessed: 12.02.2026).
2. Afghanistan Socio-Economic Review, URL: https://www.undp.org/sites/g/files/zskgke326/files/2025-05/undp-afg_so_review-2025-screen.pdf (Accessed: 12.02.2026).
3. From Aid Dependency to Fragile Continuity: Assessing Afghanistan's Economy, 2021–2025, <https://thekhorasandary.com/en/2025/09/29/from-aid-dependency-to-fragile-continuity-assessing-afghanistans-economy-2021-2025> (Accessed: 12.02.2026).

Гнатчук О.В., аспірант спеціальності 051 Економіка
Науковий керівник: Сімкова Т.О., к.е.н., доцент, доцент кафедри економіки
(Державний університет «Київський авіаційний інститут», м. Київ, Україна)

РОЗВИТОК ЕКОНОМІЧНОГО ПОТЕНЦІАЛУ ПІДПРИЄМСТВА В УМОВАХ НЕОМОДЕРНІЗАЦІЇ

Сучасна соціально-економічна динаміка характеризується прискоренням технологічних змін, цифровізацією господарських процесів, трансформацією структур ринкову й посиленням глобальної конкуренції. Для українських підприємств ці процеси ускладнюються воєнними викликами, необхідністю післявоєнного відновлення, дефіцитом фінансових ресурсів і кадрового потенціалу. За таких умов ключовим чинником забезпечення життєздатності суб'єктів господарювання виступає розвиток їх економічного потенціалу, який визначає межі зростання, адаптивний рівень та стратегічну здатність до модернізаційних перетворень. Концепція неомодернізації формує нову логіку розвитку підприємств, орієнтовану не лише на відновлення, а на якісне оновлення структури ресурсів, управлінських механізмів і технологічної бази.

Економічний потенціал підприємства доцільно розглядати як системну інтегративну категорію, що відображає сукупність матеріальних, фінансових, трудових, інтелектуальних, інформаційних та організаційних ресурсів разом із механізмами їх ефективної координації та використання. Його зміст полягає не лише у наявності певного обсягу ресурсів, а у здатності підприємства трансформувати їх у кінцеві результати діяльності - прибуток, додану вартість, конкурентні переваги, інноваційні продукти та послуги. У межах неомодернізаційної парадигми економічний потенціал набуває динамічного характеру, оскільки його формування та реалізація відбуваються в умовах постійних технологічних та інституційних змін.

Структурний аналіз економічного потенціалу дозволяє виокремити взаємопов'язані складові, де кожна виконує особливу функцію у забезпеченні розвитку підприємства. Виробничо-технологічна складова визначає рівень технічного оснащення, інноваційності виробничих процесів, енергоефективності та ресурсозбереження. Її розвиток передбачає оновлення основних засобів, впровадження автоматизованих систем управління виробництвом, цифрових платформ моніторингу та контролю. Фінансова складова відображає можливості підприємства щодо формування, розподілу та ефективного використання фінансових ресурсів. Вона охоплює ліквідність, платоспроможність, фінансову стійкість, рентабельність і здатність до інвестування у модернізаційні проєкти. Кадрово-інтелектуальна складова визначає рівень професійної підготовки персоналу, його інноваційну активність, здатність до навчання та адаптації. У сучасних умовах саме людський капітал виступає ключовим джерелом створення конкурентних переваг. Організаційно-управлінська складова характеризує ефективність системи менеджменту, якість стратегічного планування, рівень цифровізації управлінських рішень та наявність механізмів ризик-менеджменту. Інноваційно-інвестиційна складова забезпечує розширене відтворення економічного потенціалу через реалізацію інноваційних проєктів, залучення інвестицій і комерціалізацію результатів науково-дослідної діяльності. Логістично-інфраструктурна складова визначає здатність підприємства ефективно організовувати постачання, збут, транспортні потоки та інформаційні зв'язки [1].

Неомодернізація як стратегічний вектор розвитку передбачає глибоку структурну трансформацію економічного потенціалу. Вона ґрунтується на інтеграції цифрових технологій, автоматизації, впровадженні інтелектуальних систем управління,

екологізації виробництва та формуванні гнучких бізнес-моделей. Для підприємств це може означати перехід від екстенсивної моделі розвитку до інноваційно-інтенсивної, що базується на підвищенні продуктивності праці, оптимізації витрат і створенні високої доданої вартості. У контексті післявоєнного відновлення неомодернізація створює можливості для «технологічного стрибка», коли відбудова здійснюється на якісно новій основі з використанням сучасних технологій та управлінських підходів [3].

Розвиток економічного потенціалу в умовах неомодернізації потребує формування стратегічно орієнтованої системи управління, що поєднує довгострокове планування, моніторинг результативності та адаптивне реагування на зміни середовища. Стратегічна диверсифікація діяльності дозволяє знизити ризики та розширити ринкові можливості. Цифрова трансформація бізнес-процесів сприяє підвищенню прозорості управління, скороченню транзакційних витрат та прискоренню прийняття управлінських рішень. Розвиток партнерських відносин, участь у кластерних ініціативах та інтеграція у міжнародні ланцюги створення вартості підвищують рівень конкурентоспроможності підприємства.

Важливим аспектом є формування ефективного механізму оцінювання розвитку економічного потенціалу. Такий механізм має базуватися на системному підході та передбачати використання комплексу кількісних і якісних показників, що характеризують кожен складову потенціалу. Нормування показників, визначення вагових коефіцієнтів та розрахунок інтегрального індексу розвитку дозволяють отримати узагальнену оцінку рівня модернізаційної спроможності підприємства. Використання економіко-математичних методів, в тому числі метод головних компонент та багатофакторний аналіз, забезпечує об'єктивність і достовірність результатів оцінювання. Інтегральний підхід створює аналітичну базу для визначення пріоритетних напрямів інвестування та коригування стратегії розвитку [2].

Разом із тим розвиток економічного потенціалу підприємств стикається з низкою системних обмежень, серед яких обмеженість доступу до довгострокових фінансових ресурсів, значний ступінь морального та фізичного зносу основних засобів, нестабільність регуляторного середовища, кадровий дефіцит та інституційні ризики. Подолання цих бар'єрів потребує комплексної взаємодії бізнесу, держави та міжнародних партнерів, спрямованої на формування сприятливого інвестиційного клімату та стимулювання інноваційної активності.

Отже, розвиток економічного потенціалу підприємства в умовах неомодернізації є складним багаторівневим процесом, що передбачає синхронізоване оновлення ресурсної бази, управлінських механізмів і технологічної інфраструктури. Його результатом має стати формування інноваційно орієнтованої, фінансово стійкої та адаптивної моделі функціонування підприємства, здатної забезпечувати довгострокове економічне зростання та інтеграцію у глобальний економічний простір. Саме комплексний, системний і стратегічно виважений підхід до розвитку економічного потенціалу дозволяє перетворити виклики неомодернізації на спроможність змістовного відновлення та сталого розвитку підприємства.

Список використаних джерел:

1. Балахонова, О. В. (2021). Узагальнення складових економічного потенціалу підприємства і механізм його розвитку. *Ринкова економіка: сучасна теорія і практика управління*, 20(2 (48)), 98-115.
2. Костецька, Н. І. (2021). Стратегічне управління потенціалом підприємства: теоретико-методичні аспекти. *Економічний вісник Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут»*, (20).
3. Крилов, Д. В. (2024). Структура та принципи фінансово-економічного потенціалу підприємства в сучасних умовах. *Проблеми сучасних трансформацій. Серія: економіка та управління*, (14).

Гульчак О.М., аспірант спеціальності 073 Менеджмент

Науковий керівник: Хомюк Н. Л., д.е.н., доцент, завідувач кафедри менеджменту
(Волинський національний університет імені Лесі Українки, м. Луцьк, Україна)

ЕНЕРГЕТИЧНИЙ МЕНЕДЖМЕНТ У СИСТЕМІ ESG-ОРІЄНТОВАНОГО УПРАВЛІННЯ ПІДПРИЄМСТВОМ

У сучасних умовах трансформації світової економіки та посилення вимог до сталого розвитку підприємств питання ефективного управління енергетичними ресурсами набуває стратегічного значення. Енергетичний менеджмент стає особливо актуальним в умовах повномасштабної війни в Україні, що спричинила суттєві руйнування енергетичної інфраструктури, порушення логістичних ланцюгів та підвищення енергетичних ризиків для підприємств. Воєнні дії загострили проблему енергетичної безпеки, посилили нестабільність постачання енергоносіїв та зумовили зростання їх вартості. За таких умов ефективне управління енергетичними ресурсами стає не лише інструментом зниження витрат, а й чинником забезпечення безперервності бізнес-процесів та економічної стійкості підприємств.

Водночас інтеграція екологічних, соціальних та управлінських (ESG) принципів у систему управління підприємством формує нову парадигму стратегічного розвитку, де енергетичний менеджмент виступає ключовим механізмом реалізації екологічних та управлінських цілей. В умовах воєнних та післявоєнних трансформацій впровадження систем енергетичного менеджменту відповідає як потребам відновлення економіки України, так і євроінтеграційним прагненням держави, що передбачають гармонізацію із стандартами сталого розвитку та міжнародними вимогами у сфері енергоефективності.

Закон України «Про енергетичну ефективність» [1] формує правову та організаційну базу для розвитку систем енергетичного менеджменту, спрямованих на досягнення цілей сталого розвитку. Його норми гармонізовані з міжнародними стандартами, зокрема з ISO 50001 [2], що створює передумови для інтеграції національної енергетичної політики у світовий простір. Разом з тим практична імплементація положень закону супроводжується низкою проблем, зокрема обмеженою готовністю підприємств до системних змін, потребою у значних інвестиційних ресурсах та недостатнім розвитком механізмів інституційного контролю.

Відповідно до ДСТУ 2155-93 «Енергозбереження. Методи визначення економічної ефективності заходів по енергозбереженню» [3], економічна ефективність заходів з енергозбереження традиційно визначається через приріст прибутку, який отриманий у результаті впровадження технічних і організаційних рішень. Водночас у сучасних умовах енергозбереження виходить за межі фінансового результату. В контексті ESG-орієнтованого управління підприємством енергозбереження розглядається як комплексний інструмент створення довгострокової вартості, що включає зниження екологічного навантаження, мінімізацію кліматичних ризиків, підвищення прозорості управління, зміцнення репутації та підвищення інвестиційної привабливості бізнесу. Інтеграція енергетичного менеджменту у систему ESG формує синергетичний ефект, поєднуючи економічні, екологічні та соціальні результати та забезпечуючи комплексну стійкість і конкурентоспроможність підприємства.

У науковій літературі питання взаємозв'язку енергетичного менеджменту та принципів сталого розвитку розглядається з різних методологічних підходів. Зокрема, автори [4] доводять, що інтеграція інструментів сталого управління у стратегічні процеси підприємства забезпечує формування довгострокових конкурентних переваг і позитивно корелює з фінансовими результатами компаній. У цьому контексті

енергетичний менеджмент виступає не лише операційним механізмом оптимізації витрат, а й складовою системи стратегічного управління ризиками. Фріде Г. та ін. на основі метааналізу понад 2000 емпіричних досліджень обґрунтовують наявність позитивного зв'язку між показниками ESG та фінансовою ефективністю підприємств [5]. З огляду на це, впровадження систем енергетичного менеджменту можна розглядати як практичний інструмент реалізації екологічного компонента ESG, що опосередковано впливає на ринкову вартість компанії. Водночас Шальтеггер С. і Берріт Р. наголошують, що екологічні ініціативи створюють економічну цінність лише за умови їх інтеграції у загальну бізнес-модель підприємства, а не як ізольовані проєкти [6]. Це положення є релевантним для українських підприємств, де енергозбереження нерідко розглядається як разова модернізація обладнання, а не як системний управлінський процес. У вітчизняному науковому дискурсі проблематика взаємозв'язку ESG та енергетичного менеджменту також набуває актуальності, проте її теоретичне осмислення й практична імплементація в системі корпоративного управління все ще перебувають на етапі формування. Дослідження [7; 8] свідчать, що у практичній площині енергетичний менеджмент має функціонувати не лише як набір технічних заходів, а як комплексна система управлінських рішень, що включає аналіз енергетичних ризиків, побудову KPI для енерговикористання, проведення регулярного енергетичного аудиту та інтеграцію цих показників у загальну звітність підприємства.

Таким чином, синтез наукових поглядів підтверджує, що енергетичний менеджмент у системі ESG-орієнтованого управління має розглядатися як багатовимірний інструмент, що поєднує економічну доцільність, екологічну відповідальність та управлінську зрілість. Його ефективність визначається не лише фінансовими показниками, а й здатністю підприємства інтегрувати принципи сталого розвитку у корпоративну стратегію, систему прийняття рішень та механізми оцінювання результативності.

Список використаних джерел:

1. Про енергетичну ефективність : Закон України від 21 жовтня 2021 р. № 1818-IX. Дата оновлення: 01.01.2026. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1818-20#Text>
2. ДСТУ ISO 50001:2020 (ISO 50001:2018, IDT). Системи енергетичного менеджменту. Вимоги та настанова щодо використання. [Чинний від 03 червня 2020 р. № 104 з 2020-09-15]. Вид. офіц. Київ : Держспоживстандарт України. URL: https://zakon.isu.net.ua/sites/default/files/normdocs/dstu_iso_50001_2020.pdf
3. ДСТУ 2155-93. Енергозбереження. Методи визначення економічної ефективності заходів по енергозбереженню. Чинний з 01.01.1995 р. згідно наказу Держстандарту № 208 від 27.12.1993 р. URL: https://ukrmts.com/docsdb/547.html?utm_source=chatgpt.com
4. Eccles, R., Ioannou, I. & Serafeim G. (2014) The Impact of Corporate Sustainability on Organizational Processes and Performance. *Management Science*. Vol. 60, No. 11. P. 2835–2857. DOI: <https://doi.org/10.1287/mnsc.2014.1984>
5. Friede, G., Busch, T., & Bassen, A. (2015). ESG and Financial Performance: Aggregated Evidence from More than 2000 Empirical Studies. *Sustainable Finance & Investment*. Vol. 5, No. 4. P. 210–233. DOI: <https://doi.org/10.1080/20430795.2015.1118917>
6. Schaltegger, S., Burritt, R. (2017). *Contemporary Environmental Accounting : Issues, Concepts and Practice*. Dordrecht: Springer. 418 p.
7. Кириленко, О. В., Денисюк, С. П. & Блінов І. В. (2024). Енергетичний менеджмент: нові пріоритети XXI століття. *Енергетика: економіка, технології, екологія*. № 1. С. 7–27. DOI: <https://doi.org/10.20535/1813-5420.1.2024.297508>
8. Коцар, О., Довгий, С. (2025). Підвищення продуктивності систем енергетичного менеджменту МСП через управління даними енергомоніторингу. *Енергетика: економіка, технології, екологія*. № 2. С. 7–11.

УДК 339.9

Dervisheva B., Master's student,

(University of Wrocław Wrocław, Poland)

Scientific Supervisor: Oleksandr Veretilnyk, PhD in Political Science and Public Administration,

(Pomeranian University in Starogard Gdański, Starogard Gdański, Poland)

GLOBALIZATION AND THE ROLE OF INTERNATIONAL ORGANIZATIONS IN SHAPING ECONOMIC AND POLITICAL ORDER: CHALLENGES AND CRITICISM

The globalization of trade and the world economy is one of the key phenomena of contemporary economics and international politics. This process accelerated in the second half of the twentieth century, leading to profound social, economic, and political transformations worldwide. Globalization brings both benefits and challenges that require coordinated international responses. This paper focuses on the role of major international institutions—such as the World Trade Organization (WTO), the International Monetary Fund (IMF), and the World Bank—which shape the rules and mechanisms of the global economy [1, 2].

The World Trade Organization (WTO) is a central institution regulating international trade. It is not merely another forum for discussion; rather, it possesses effective dispute settlement mechanisms that enable the resolution of trade conflicts between states, such as tariff disputes between the United States and China. The core principle of the WTO is to ensure the predictability of trade through the application of the Most-Favored-Nation principle, which eliminates discriminatory practices and promotes an open and transparent market. WTO agreements, negotiated and ratified by the majority of member states, form the foundation of the international trading system, aiming to improve living standards, create employment, and support sustainable development.

Although often confused, the IMF and the World Bank perform distinct roles within the global economy. The IMF functions as a “firefighter” of financial stability, supporting countries facing economic crises—such as Greece or Iceland—through stabilization loans and adjustment programs. The World Bank, by contrast, operates as a social investor, financing infrastructure and social development projects in developing countries that lack sufficient capital. Nevertheless, both institutions are frequently criticized for promoting an economic model rooted in Western values, which does not always correspond to the cultural and social specificities of certain states [1].

The IMF seeks to ensure the financial and economic stability of its 191 member states by promoting policies conducive to economic growth and international monetary cooperation. Governed by its member countries, the IMF is accountable to them and continuously adapts its activities to the evolving challenges of the global economy.

For many developing countries, globalization has served as a springboard for rapid economic development. Examples such as Vietnam and India demonstrate that openness to global markets and foreign investment can significantly raise living standards and accelerate modernization. However, globalization also entails serious challenges, including the phenomenon commonly referred to as the “race to the bottom.” In competing for investors, states often lower environmental protection standards and labor rights, which may generate short-term economic growth while simultaneously undermining the long-term quality of life [1, 2].

Despite its numerous benefits, globalization has increasingly become the subject of criticism. Reports by organizations such as Oxfam regularly highlight vast wealth inequalities, noting that a small group of the richest individuals controls a share of global wealth equivalent

to that of the poorest half of humanity. Critics argue that developing countries are frequently compelled to open their markets under conditions imposed by wealthy states, which at the same time protect their own agricultural sectors through subsidies. As a result, globalization creates a system of interdependence in which economic or social crises in one region rapidly affect the most vulnerable actors elsewhere in the world.

International organizations (both IGOs and NGOs) play a crucial role as managers and regulators of the globalization process. They promote economic, social, and political integration through norm-setting, the facilitation of free trade (including through institutions such as the WTO and the IMF), and the joint management of global challenges. By assuming certain regulatory functions traditionally exercised by states, these organizations contribute to the emergence of a so-called “global administrative space,” which facilitates the international flow of goods, capital, and information.

The main aspects of global governance exercised by international organizations include:

- Economic governance: Institutions such as the WTO, the IMF, and the World Bank promote market-oriented standards, thereby stimulating international trade and foreign investment.
- Political and legal order: International organizations, including the United Nations, contribute to the development of international law and multilateral alliances which, although they may limit certain aspects of state sovereignty, enhance security and international cooperation.
- Governance of global challenges: International organizations seek to mitigate the negative consequences of globalization, such as the dependence of weaker states on global financial centers, environmental degradation, and recurring economic crises.

International organizations function as the “architects” of the globalized world, striving to standardize the rules of the game in both economic and political spheres, although their efforts frequently encounter resistance from anti-globalist movements [3].

Anti-globalism denotes a comprehensive rejection of globalization in all its dimensions—economic, cultural, and political. This current is often associated with radical nationalism or religious fundamentalism. Alter-globalism, by contrast, does not reject globalization as such but criticizes its neoliberal form, advocating the creation of a more just and inclusive model of globalization. The central slogan of this movement—“*Another world is possible*”—reflects its commitment to global justice, the protection of human rights, and environmental sustainability [3].

In conclusion, globalization is a complex and inherently contradictory process that generates both opportunities and challenges. It fosters economic growth, technological development, and international integration, while simultaneously producing inequalities, crises, and social conflicts. International organizations play a crucial role in managing globalization by seeking to balance the interests of diverse states and societies. At the same time, growing resistance to the existing model underscores the need for reform and the construction of a more equitable global system. Anti-globalist and alter-globalist movements highlight these tensions and point toward potential alternatives.

References:

1. Czym jest globalizacja i co powoduje?, URL: <https://businessinsider.com.pl/gospodarka/czym-jest-globalizacja-i-co-powoduje/2g01bcy> (Accessed: 12.02.2026).
2. Globalization, <https://education.nationalgeographic.org/resource/globalization/> (Accessed: 12.02.2026).
3. Nakonieczna-Bartosiewicz J., Antyglobalizm i alterglobalizm, DOI: 10.35765/slowniki.179 (Accessed: 12.02.2026).

Захаров Д.М., PhD, доц., доцент кафедри інформаційних систем в управлінні та обліку

(Державний університет «Житомирська політехніка», м. Житомир, Україна)

МЕТОДОЛОГІЧНІ ПРОБЛЕМИ ОБЛІКУ МЕРЕЖЕВОГО КАПІТАЛУ В КОРПОРАТИВНИХ СТРУКТУРАХ

В умовах глобалізації економічних процесів та переходу до постіндустріального суспільства спостерігається фундаментальна трансформація організаційних форм господарювання, яка полягає в переході від ієрархічних вертикально інтегрованих структур до відкритих мережових утворень, кластерів та стратегічних альянсів. Зміна структури бізнесу генерує методологічну суперечність між існуючою парадигмою бухгалтерського обліку, орієнтованою на окрему юридичну особу відповідно до принципу автономності, та об'єктивною реальністю функціонування мережових структур, де створення вартості відбувається внаслідок міжорганізаційної взаємодії [1]. Відповідно, відсутність цілісної теоретико-методологічної бази для ідентифікації, оцінки та облікового відображення специфічних об'єктів, що виникають у мережових структурах, визначає актуальність та наукову значущість дослідження.

Критичний аналіз джерельної бази виявляє комплекс невирішених наукових завдань, що потребують першочергового методологічного опрацювання. Ключовими серед них є: ідентифікація міжорганізаційного капіталу як самостійного об'єкта обліку, розмежування трансакційних і виробничих витрат у межах мережової взаємодії, розробка механізмів відкритого обміну даними для подолання інформаційної асиметрії, а також формування методів оцінки неадитивних синергетичних ефектів у мережах.

Проблема ідентифікації та оцінки трансакційних витрат є однією з центральних. Поточна методологія не забезпечує релевантних інструментів для вимірювання трансакційних витрат попереднього характеру, таких як пошук інформації та ведення переговорів, а також наступних витрат на моніторинг та забезпечення виконання контрактів у межах кластерних взаємодій [2]. Складність оцінки полягає у відокремленні трансакційних витрат від виробничих, оскільки обидві категорії мають спільне походження та взаємозалежність. Виявлена невизначеність суттєво ускладнює оцінку ефективності мережової співпраці та унеможливорює прийняття обґрунтованих управлінських рішень щодо доцільності участі в тих чи інших мережових утвореннях.

Окрему методологічну проблему становить облікове відображення мережового капіталу. Наявні облікові стандарти містять принципові обмеження щодо визнання внутрішньостворених нематеріальних активів, що унеможливорює відображення мережового капіталу та мережових активів у балансах учасників [3]. Критерії визнання активів, закладені в міжнародних та національних стандартах, розроблялися для умов індустріальної економіки з чіткими організаційними межами підприємств і не враховують специфіки ресурсів, що генеруються у міжорганізаційному просторі. У науковому середовищі досі не досягнуто консенсусу щодо економічної природи мережових структур та можливості капіталізації синергетичного ефекту від міжорганізаційної взаємодії, що підтверджується результатами наукових праць Юхименко-Назарук І. А. [1, 3] та Яременко Л. М. [4].

Парадигма обліку автономного підприємства, що сформувалася в епоху індустріального суспільства, переживає методологічну кризу через неспроможність забезпечити інформаційні запити управління горизонтальними зв'язками. У практичній площині ця криза проявляється через три взаємопов'язані проблеми. Перша – інформаційна асиметрія та опортунізм, що виникають внаслідок відсутності механізмів

відкритого обміну обліковою інформацією між учасниками кластера [2], підвищуючи ризики опортуністичної поведінки та знижуючи рівень довіри як критичного активу мережевої структури. Друга – ускладнене управління ланцюгами вартості через проблеми розподілу спільних витрат та вигід від синергії, а також через труднощі обліку інвестицій у специфічні активи в межах мережевих контрактів [2]. Третя – неуніфікованість методики формування інтегрованої звітності, яка б розкривала нефінансові показники для стейкхолдерів, включаючи соціальний, природний та мережевий капітал. Хоча стандарти звітності сталого розвитку частково охоплюють соціальний та природний капітал, вони не пропонують дієвих механізмів для фінансової оцінки мережевого капіталу як самостійного активу.

Більшість наявних досліджень у цій сфері базуються або на теоретичних побудовах інституційної теорії та теорії трансакційних витрат, або на ситуаційному аналізі з обмеженою вибіркою та часовими рамками, що зумовлює недостатню статистичну значущість отриманих результатів і актуалізує необхідність проведення широких емпіричних досліджень для верифікації запропонованих моделей мережевого обліку. Вирішення проблеми адаптації методології обліку до умов мережевої економіки є особливо важливим з позиції забезпечення релевантності облікової інформації, зниження невизначеності у партнерських відносинах та підвищення інвестиційної привабливості складних економічних систем. Перспективи подальших досліджень полягають у розробці концептуального апарату міжорганізаційного обліку, уніфікованих метрик мережевої взаємодії та механізмів їх інтеграції в систему інтегрованої звітності.

Дослідження підтверджує наявність методологічної суперечності між традиційною парадигмою бухгалтерського обліку, що ґрунтується на принципі автономності юридичної особи, та економічною реальністю функціонування сучасних мережевих структур. Встановлено, що чинний інструментарій обліку, розроблений в умовах індустріальної економіки з чіткими організаційними межами підприємств, виявляється принципово непридатним для адекватного вимірювання та відображення вартості, що генерується у міжорганізаційному просторі.

Обґрунтовано, що подолання зазначених проблем потребує концептуального переосмислення засад міжорганізаційного обліку, введення до наукового обігу категорії «мережевий капітал» як самостійного об'єкта обліку та переходу до неадитивних моделей оцінки, що враховують синергетичні ефекти взаємодії учасників кластера. Перспективним напрямом подальших досліджень є розробка стандартизованих метрик мережевої взаємодії та їх інтеграція в систему інтегрованої звітності з метою підвищення релевантності облікової інформації та інвестиційної привабливості складних економічних систем.

Список використаних джерел:

1. Юхименко-Назарук І. А. Напрямки розвитку інформаційного забезпечення діяльності мережевих структур. Вісник Житомирського державного технологічного університету. Серія: Економічні науки. 2017. № 2. С. 54–59. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/Vzhdtu_econ_2017_2_10
2. Гик В. В., Дефір А. В. Розвиток обліку в кластерних структурах на основі положень теорії трансакційних витрат і контрактної теорії. Проблеми економіки. 2024. № 1. С. 138–145. DOI: <https://doi.org/10.32983/2222-0712-2024-1-138-145>
3. Юхименко-Назарук І. А. Методичні аспекти обліку мережевих активів. Проблеми теорії та методології бухгалтерського обліку, контролю і аналізу. 2017. Вип. 2. С. 102–107. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/ptmbo_2017_2_22
4. Яременко Л. М., Макаrchук І. М., Перчук О. В., Авдалян К. В. Об'єднання підприємств та їх вплив на систему обліку і звітності. Агросвіт. 2021. № 16. С. 52–61. DOI: <https://doi.org/10.32702/2306-6792.2021.16.52>

УДК 005.92:004

Ільченко В.І., здобувачка вищої освіти спеціальності D3 Менеджмент
Єжелій Ю.О., асистент кафедри менеджменту
(Полтавський університет економіки і торгівлі, м. Полтава, Україна)

РОЗВИТОК СИСТЕМ ЕЛЕКТРОННОГО ДОКУМЕНТООБІГУ ЯК ІНСТРУМЕНТ ОПТИМІЗАЦІЇ УПРАВЛІНСЬКИХ РІШЕНЬ

У сучасному світі відбувається стрімкий глобальний перехід до цифрової економіки, що об'єктивно потребує глибокої автоматизації та реінжинірингу процесів корпоративного управління. В умовах експоненційного зростання обсягів даних традиційні методи обробки документів стають не лише неефективними, але й критично обтяжливими для операційної діяльності підприємств. Розвиток організацій супроводжується необхідністю швидкого прийняття управлінських рішень, що вимагає миттєвого доступу до інформації. Саме впровадження систем електронного документообігу дозволяє мінімізувати залежність від паперових носіїв, оптимізувати комунікації та забезпечити безперервність бізнес-процесів у різних галузях.

Нормативно-правове регулювання цього процесу в Україні спирається на Закон України «Про електронні документи та електронний документообіг» [1]. Відповідно до нього, електронний документообіг розглядається як сукупність процесів створення, оброблення, відправлення, передавання, одержання, зберігання, використання та знищення електронних документів, які виконуються із застосуванням перевірки цілісності та з підтвердженням факту одержання. Отже, вітчизняна парадигма визначає цей інструмент насамперед як формалізовану систему обміну даними, що має юридичну силу та поступово замінює традиційний паперовий формат.

Натомість у зарубіжній науковій та корпоративній практиці спостерігається ширший аналітичний підхід. Закордонні дослідники визначають електронний документообіг як безперервний життєвий цикл інформації в організації, починаючи від її генерації, проходження через структурні підрозділи зі зміною статусів, і закінчуючи архівуванням. Вони розглядають такі системи як комплексну екосистему управління корпоративним контентом, акцентуючи увагу на її глибокій інтеграції з іншими технологічними платформами компанії [2]. Такий підхід підкреслює важливість використання цифрових рішень не просто для фіксації фактів, а для підвищення загальної рентабельності, зниження операційних витрат та забезпечення юридичної безвідкличності операцій через удосконалені механізми електронного підпису.

Попри очевидні переваги, перехід до цифрового формату супроводжується низкою вагомих викликів, які потребують системного аналізу. До основних бар'єрів впровадження належать високі початкові капіталовкладення в інфраструктуру, необхідність подолання організаційного спротиву персоналу, а також ризики, пов'язані з кібербезпекою. Крім того, на вітчизняному ринку досі існує проблема недостатньої інтеоперабельності між різними платформами, що ускладнює зовнішній обмін даними між контрагентами. Системи електронного документообігу мають значний потенціал, але для їх успішного масштабування необхідна цілеспрямована управлінська робота з подолання цих загроз та адаптації міжнародних стандартів інформаційної безпеки.

Оцінюючи економічну доцільність впровадження систем електронного документообігу, варто звернути увагу на показник рентабельності інвестицій. Аналітика свідчить, що автоматизація рутинних операцій дозволяє вивільнити до третини робочого часу адміністративного та управлінського персоналу. Це означає не просто економію на папері чи поштових послугах, а фундаментальну зміну структури операційних витрат підприємства. Замість утримання роздутого штату працівників для обробки первинної документації, компанія отримує можливість перенаправити людський капітал на

вирішення стратегічних та аналітичних завдань, що безпосередньо генерують прибуток. Електронний формат забезпечує скорочення часу на пошук та маршрутизацію даних у кілька разів, зводить до мінімуму ризик втрати інформації та суттєво знижує прямі витрати на логістику [3].

Особливої актуальності ці процеси набувають у сфері організації інтернет-торгівлі, де швидкість та точність обробки інформації визначають життєздатність бізнесу. Для сучасних маркетплейсів та великих онлайн-ритейлерів електронний документообіг виступає не просто допоміжною функцією, а ядром операційної діяльності. Щоденне опрацювання тисяч замовлень, формування видаткових накладних, актів прийому-передачі та фіскальних чеків у паперовому вигляді фізично істотно ускладнило б масштабування такого бізнесу. Інтеграція електронного документообігу з CRM-системами та складськими програмами дозволяє створити єдиний інформаційний контур, у якому дані про транзакції оновлюються синхронно для всіх учасників ланцюга постачання.

Розширення масштабів діяльності компаній вимагає також бездоганної налагодженості B2B-взаємодії. Використання технологій електронного обміну даними з постачальниками, логістичними операторами та фінансовими установами перетворює ізольовані підприємства на елементи глобальної цифрової екосистеми. У такому середовищі автоматичне звіряння взаєморозрахунків, підписання договорів за допомогою кваліфікованого електронного підпису та миттєвий обмін супровідною документацією на товари стають стандартом, який мінімізує вплив людського фактора, знижує кількість помилок та прискорює оборотність капіталу. Процес залишає цифровий слід на всіх етапах, що дозволяє здійснювати точний моніторинг виконавчої дисципліни.

Крім суто економічних чинників, масовий перехід на електронний документообіг є невід'ємною складовою стратегії корпоративної соціальної відповідальності сучасного бізнесу. Відмова від паперового діловодства безпосередньо корелює з глобальними ініціативами щодо захисту довкілля. Таким чином, цифровізація документообігу трансформується з суто інструментального рішення на важливий елемент формування позитивного іміджу соціально відповідального підприємства на міжнародній арені.

Підсумовуючи викладене, можна стверджувати, що в умовах турбулентного бізнес-середовища цифровізація документообігу є критичною умовою сталого розвитку будь-якої організації. Цифровий формат докорінно трансформує архітектуру управління корпоративними даними, спрощуючи взаємодію на всіх рівнях. Враховуючи постійне збільшення масивів інформації, традиційні методи втрачають свою релевантність через надмірні витрати ресурсів. Відтак, стратегічний перехід до електронного документообігу є об'єктивною необхідністю, яка дозволяє вивести якість управління процесами на принципово новий рівень та забезпечити ефективне впорядкування даних.

Список використаних джерел:

1. Закон України «Про електронні документи та електронний документообіг» № 851-IV від 22.05.2003. <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/851-15>.
2. Корнілова А.В., Єжелій Ю.О. (2025). Цифрова трансформація управління людським капіталом: виклики та можливості для розвитку українського бізнесу. *Європейська інтеграція України та інновації в національній економіці: роль кооперації в умовах сучасних викликів : збірник тез доповідей учасників Двадцять першої науково-практичної конференції студентів закладів освіти споживчої кооперації України*. К. : НМЦ «Укоопосвіта». С. 206–211.
3. Тарасенко Д. (2025). Електронний документообіг як інструмент управління інформаційними процесами в компанії. *Review of Transport Economics and Management*. № 12(28), С. 182–187. DOI: <https://doi.org/10.15802/rtem2024/317890>.
УДК 332.3:631.11:502.131.1

Караїм В.П., аспірант спеціальності 073 Менеджмент

Науковий керівник: Черчик Л.М., д. е. н., професор кафедри менеджменту
(Волинський національний університет імені Лесі Українки, м. Луцьк, Україна)

СТРАТЕГІЧНІ ПРІОРИТЕТИ РОЗВИТКУ СТАЛОГО ЗЕМЕЛЬНОГО МЕНЕДЖМЕНТУ АГРОСФЕРИ

Сталий земельний менеджмент (Sustainable Land Management, SLM) є комплексною системою управління земельними ресурсами, що поєднує екологічні, соціальні й економічні аспекти для досягнення довгострокової продуктивності агросистем без шкоди екосистемним функціям. Він зорієнтований на протидію деградації земель, підтримку якісного стану ґрунтів та адаптацію агросектору до кліматичних викликів. У світлі глобальних суспільно-економічних трансформацій та цілей сталого розвитку SLM стає ключовою стратегією для забезпечення продовольчої безпеки й екологічної стабільності [1].

Науковий дискурс щодо SLM описує його як міждисциплінарний підхід, що включає екологічні, технологічні та соціально-економічні компоненти управління земельними ресурсами. Недавні огляди вказують на необхідність інтеграції екологічних принципів управління ґрунтами із інноваційними технологіями (наприклад, точного землеробства, цифрового моніторингу) для збалансування між зростанням продуктивності та збереженням природного капіталу [2].

Також сучасні розвідки підкреслюють важливість системного підходу, що поєднує основні знання про ґрунтові й ландшафтні процеси, оцінювання практик управління, та політичні й інституційні стимули для оптимізації управління земельними ресурсами [3].

До стратегічних пріоритетів сталого земельного менеджменту агросфери належать:

1. *Екологічна стабільність і відновлення ґрунтів.* Одним із ключових стратегічних пріоритетів є підтримка якісного стану ґрунтів як фундаменту для продуктивної агросистеми. Інноваційне управління ґрунтовими ресурсами включає застосування практик, що підвищують біорізноманіття, структуру ґрунту, економію води і вуглецеву секвестрацію. Ці принципи лежать в основі концепції SLM як сталого використання земельних ресурсів [4; 5].

2. *Технологічні інновації.* Стратегічні пріоритети розвитку SLM також мають включати технологічні інструменти, такі як:

- точне землеробство (precision agriculture) – спрямоване на більш ефективне використання ресурсів із мінімальним забрудненням;

- цифровий моніторинг – за допомогою GIS та дистанційного зондування для оцінювання стану земель у реальному часі;

- інноваційні підходи до управління поживними речовинами та водою – для забезпечення сталого функціонування агроландшафтів.

Ці технологічні інструменти можуть підтримувати стратегічний перехід від традиційних практик до більш екологічно орієнтованих рішень [6].

3. *Освітні та інституційні механізми.* Важливим пріоритетом є антропогенні аспекти – освіта фермерських спільнот, наукова підтримка, доступ до знань та навичок, що сприяють впровадженню SLM-практик. Поширення знань про переваги сталого управління земельними ресурсами та умови їх використання стають важливими чинниками успішної трансформації агросектору [7].

4. *Інтегроване планування й політика.* Стратегія SLM має бути інтегрована в загальну аграрну політику на національному та регіональному рівнях. Це передбачає розробку нормативно-правових актів, стимулів, програм підтримки, що сприяють сталому землекористуванню, а також механізмами адаптації до зміни клімату.

5. *Фінансово-економічні інструменти*. Розвиток SLM потребує застосування фінансово-економічних інструментів, зокрема екологічних субсидій, пільгового кредитування та податкових стимулів для впровадження ґрунтозахисних практик. Водночас економічна оцінка втрат від деградації земель і впровадження принципів «зеленої» економіки сприятимуть залученню інвестицій та підвищенню конкурентоспроможності агросфери.

У сучасних умовах глобалізації, зміни клімату та наростаючого тиску на природні ресурси сталий земельний менеджмент агросфери є не лише екологічним імперативом, але й соціально-економічною необхідністю. Він дозволяє не лише захистити екосистеми від деградації, але й забезпечити продовольчу безпеку, підтримати сільські громади й мінімізувати ризики для майбутніх поколінь. Інтеграція агротехнологій, знань і політик сприяє ефективному впровадженню SLM, підтримці сталого розвитку суспільства та зміцненню резильєнтності аграрних систем.

Таким чином, стратегічні пріоритети розвитку сталого земельного менеджменту агросфери повинні базуватися на: екологічній стабільності ґрунтів як базовому ресурсі для агровиробництва; технологічних інноваціях для управління ресурсами з мінімальним екологічним впливом; освітніх і інституційних механізмах, що сприяють впровадженню практик SLM; інтегрованому плануванню й політичних стимулах на національному, регіональному та місцевому рівнях; фінансово-економічних інструментах, спрямованих на стимулювання раціонального землекористування та довгострокове збереження природного капіталу агросфери.

Список використаних джерел:

1. Караїм В. П. Теоретико-методологічні основи сталого земельного менеджменту. *Економічний часопис Волинського національного університету імені Лесі Українки*. Луцьк : Вежа-Друк, 2025. № 1(41). С. 115–124. DOI: <https://doi.org/10.29038/2786-4618-2025-01-115-124>
2. Robinson G. M. Global sustainable agriculture and land management systems. *Geography and Sustainability*. 2024. Vol. 5, Issue 4. P. 637–646. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.geosus.2024.09.001>
3. Mason E., Bispo A., Matt M., Helming K., Rodriguez E., Lansac R. et al. Sustainable soil and land management: a systems-oriented overview of scientific literature. *Frontiers in Soil Science*. 2023. Vol. 3. Article 1268037. DOI: <https://doi.org/10.3389/fsoil.2023.1268037>
4. Черчик Л. М., Караїм О. А., Караїм В. П. Природоохоронні проєкти розвитку агросфери як інструмент організаційно-економічного механізму формування низьковуглецевої економіки. *Наукові праці ДонНТУ. Серія: «Економічна»*. № 1(31), 2025. С. 36–45. DOI: [https://doi.org/10.31474/1680-0044-2025-1\(31\)-36-45](https://doi.org/10.31474/1680-0044-2025-1(31)-36-45)
5. Futa B., Gmitrowicz-Iwan J., Skersienė A., Šlepetienė A., Parašotas I. Innovative soil management strategies for sustainable agriculture. *Sustainability*. 2024. Vol. 16, No. 21. Article 9481. DOI: <https://doi.org/10.3390/su16219481>
6. Sustainable management of land, soil, water and nutrients. *Agriculture and rural development. Follow the European Commission*. URL: https://agriculture.ec.europa.eu/overview-vision-agriculture-food/research-innovation/soils-water-nutrients_en?utm_source
7. Bwalya B., Mutandwa E., Chiluba B. C. Awareness and use of sustainable land management practices in smallholder farming systems. *Sustainability*. 2023. Vol. 15, No. 20. Article 14660. DOI: <https://doi.org/10.3390/su152014660>

Кислякова Є.Ю., здобувачка вищої освіти спеціальності D3 Менеджмент

Єжелій Ю.О., асистент кафедри менеджменту

(Полтавський університет економіки і торгівлі, м. Полтава, Україна)

ВПЛИВ ЦИФРОВИХ ПЛАТФОРМ НА ТРАНСФОРМАЦІЮ ФУНКЦІЙ МЕНЕДЖЕРА В СУЧАСНОМУ БІЗНЕСІ

У сучасному глобалізованому макроекономічному середовищі розгортається стрімкий перехід до цифрової економіки, де головним драйвером трансформації бізнес-моделей виступають цифрові платформи. Протягом останнього десятиліття ці технологічні екосистеми не просто модифікували існуючі операційні процеси, а фундаментально змінили саму парадигму корпоративного управління. Якщо до епохи «цифрового зльоту» менеджмент базувався переважно на лінійних ланцюгах створення вартості та жорсткій ієрархічній координації фізичних активів, то сьогодні фокус змістився на оркестрування складних мережевих взаємодій. Впровадження цифрових платформ вимагає від управлінців концептуально нових підходів до організації праці, аналітики, логістики та міжнародної співпраці, що робить дослідження їхнього впливу на функції менеджера надзвичайно актуальним.

Фундаментальною зміною в організаційному дизайні компаній стала інтеграція цифрових платформ для корпоративної взаємодії, таких як Zoom, Microsoft Teams, Slack та Google Workspace. Ці інтегровані робочі простори нівелювали географічні бар'єри, перетворивши локальні команди на глобальні розподілені мережі. Для сучасного менеджера це означає перехід від прямого візуального контролю до управління результатами та мотивацією у віртуальному середовищі [2]. Компанії отримали безпрецедентну гнучкість у залученні людського капіталу: рекрутинг більше не обмежується регіоном фізичної присутності офісу, що дозволяє формувати висококомпетентні міжнародні команди, залучаючи фахівців з різних країн. Водночас це вимагає від керівників високого рівня крос-культурного інтелекту та здатності підтримувати ефективну комунікацію між партнерами з різних інституційних середовищ, що значно ускладнює функцію координації.

Паралельно з комунікаційною революцією відбувся колосальний стрибок у методах роботи з інформацією завдяки платформам для аналізу великих даних (Big Data) та хмарним обчисленням. Раніше базовим аналітичним інструментом менеджера виступали електронні таблиці, наприклад Microsoft Excel, функціонал яких обмежувався обробкою статичних ретроспективних масивів інформації та простими розрахунками. Експоненційне зростання обсягів даних унеможливило ручний аналіз, викликавши потребу в масштабованих інструментах алгоритмічної обробки, таких як Python, R та Apache Spark. Перехід до використання потужних аналітичних екосистем та хмарних сервісів (AWS, Azure, Google Cloud) дозволив компаніям централізовано накопичувати петабайти мультимедійної та текстової інформації з мінімальними інфраструктурними витратами. Завдяки автоматизації та машинному навчанню точність управлінських прогнозів зросла до 60-70% порівняно з ручною обробкою. Менеджмент остаточно змістився від інтуїтивного прийняття рішень до дата-орієнтованого підходу (data-driven decision making) у режимі реального часу, де кожна дія обґрунтована глибокою аналітикою.

Особливо глибокої трансформації під впливом цифрових платформ зазнала сфера міжнародних економічних відносин та організації інтернет-торгівлі [1]. Глобальні маркетплейси та платформи електронної комерції, такі як Amazon, eBay чи Shopify, радикально знизили бар'єри входу на світові ринки збуту. На прикладі eBay ми бачимо,

як будь-яка особа може отримати доступ до глобальної аудиторії, що робить міжнародні платформи значно ефективнішими за національні маркетплейси через потужний мережевий ефект: чим більше людей переглядають товар, тим швидше відбувається оборот капіталу. Для менеджерів у сфері ритейлу це означає необхідність управління не просто товарними запасами, а складними взаєминами всередині платформи, що включають алгоритми ранжування, відгуки споживачів та інтегровану логістику. Глобальні торговельні платформи вбудовані в складну матрицю відносин з локальними партнерами та державними регуляторами як у країні походження, так і в країні перебування, що вимагає від керівників балансування між уніфікованими стандартами та місцевою специфікою.

Синтез цих технологічних зсувів призводить до кардинальної переоцінки класичних функцій менеджменту. Штучний інтелект бере на себе левову частку рутинних операцій: прогнозування попиту, оптимізацію маршрутів постачання, скоринг ризиків та виявлення фінансового шахрайства [3]. Відповідно, управлінський ресурс вивільняється для вирішення завдань вищого порядку. Ланцюги постачання, завдяки технологіям інтернету речей (IoT) та блокчейну, перетворилися на динамічні, прозорі та взаємопов'язані системи. Менеджери більше не виконують роль наглядачів за локальними процесами; вони стають архітекторами глобальних мереж створення вартості. Їхня головна функція полягає в координації екосистем, стимулюванні інновацій та управлінні ризиками, що виникають через інституційні розбіжності чи конфлікти каналів збуту. Управління стає більш стратегічним, орієнтованим на баланс інтересів усіх учасників цифрового простору.

Підсумовуючи, профіль компетенцій сучасного менеджера набуває принципово нових обрисів. Керівник нової формації повинен вільно орієнтуватися у складних цифрових архітектурах, інтегрувати хмарні рішення у щоденні бізнес-практики та ефективно координувати віртуальні команди. Критично важливою стає здатність адаптувати бізнес-моделі до мінливих вимог зовнішніх ринків, забезпечуючи при цьому надійний рівень корпоративної кібербезпеки. Сучасний управлінець поєднує глибоке розуміння локальних особливостей ведення бізнесу з глобальним стратегічним баченням, використовуючи предиктивну аналітику великих даних та штучний інтелект для забезпечення конкурентних переваг організації на міжнародній арені. Це вимагає постійного розвитку цифрових компетенцій та здатності інтегрувати новітні управлінські практики у складну динаміку міжнародного середовища.

Список використаних джерел:

1. Бабаян К.А., Єжелій Ю.О. (2025) Економіка в цифрову еру: перспективи та трансформації в Україні. *Наука і молодь у XXI столітті: збірник матеріалів X Міжнародної молодіжної науково-практичної інтернет-конференції* (м. Полтава, 28 листопада 2024 року). Полтава: ПУЕТ, С. 505–507.
2. Горбаньова, В. (2024). Вплив цифрової трансформації бізнесу на механізми корпоративного управління. *Український економічний часопис*, № 4, С. 5–10. DOI: <https://doi.org/10.32782/2786-8273/2024-4-1>
3. Осауленко О. Г., Гринчак Н. А., Горобець О. О. (2025). Вплив цифрових технологій та платформ на трансформацію міжнародного менеджменту: виклики та перспективи для бізнесу. *Статистика України*. № 1. С. 89–99. DOI: 10.31767/su.1(108)2025.01.09.

УДК 330.341.1:355/359

Краліч Є.Р., аспірант спеціальності 051 Економіка

Науковий керівник: Вагонова О.Г. д.е.н., професор

(Національний технічний університет «Дніпровська політехніка» м. Дніпро, Україна)

ІННОВАЦІЙНИЙ ЦИКЛ В ОБОРОННО-ПРОМИСЛОВОМУ КОМПЛЕКСІ УКРАЇНИ: КЛЮЧОВІ ВИКЛИКИ ТА ЧИННИКИ ВПЛИВУ ВОЄННОГО СТАНУ

Світова практика функціонування ОПК традиційно опиралася на довгострокові цикли розробки (10–15 років), що у свій час забезпечували високу надійність та технологічну перевагу його продукції. Для України ця усталена модель тривалих інноваційних циклів в оборонній сфері, що характеризується масштабними дослідженнями та розробками стала неактуальною внаслідок російської збройної агресії. Наша країна стала безпрецедентним полігоном для прискорених оборонних інновацій, де інтенсивність війни різко стиснула цикли досліджень і розробок [1]. Так, якщо у 2022 році в Україні новітні технології на полі бою були актуальними до їх заміни близько семи місяців, то у 2023 році цикл скоротився до п'яти-шести місяців, у 2024 році - до трьох-чотирьох місяців, а вже на початку 2025 року він ледве сягав чотирьох-шести тижнів. Це створює унікальний економічний прецедент, де класичні методи управління інноваціями вступають у протиріччя з реаліями воєнного часу.

Дослідження, проведене експертами *The Center for Strategic and International Studies (CSIS)* доводить, що Україна перебудувала систему ОПК і військових закупівель, зосередившись на передових технологіях, передавши приватним компаніям дослідження і розробки на їх ранніх етапах, завдяки чому швидко досягла рівня технологічної готовності, придатного для бойових випробувань [2].

Незважаючи на різноманітність підходів до оборонних інновацій та різні цілі національної політики, існують деякі узгоджені риси процесу оборонних інновацій. У своїй Інноваційній рамковій програмі RAND Corporation наголошує на чотирьох ключових параметрах екосистеми оборонних інновацій: рушійні сили (зовнішні та внутрішні фактори, які мотивують та спрямовують інновації); вхідні ресурси (матеріальні та нематеріальні активи, необхідні для підтримки інновацій); допоміжні ресурси (інфраструктура та мережі, що підтримують потік інформації та співпрацю між зацікавленими сторонами); формуючі фактори (культурні та структурні елементи, що впливають на інноваційний процес) [3].

Результати проведеного аналізу трансформації ОПК України протягом дії воєнного стану в Україні дозволили виділити такі ключові виклики:

технологічна асиметрія - Україна змушена приймати асиметричні рішення (наприклад, дешеві дрони проти високовартісної техніки ворога, що вимагає максимальної економічної ефективності інноваційного циклу;

інституційна інерція - застарілі стандарти ДСТУ та нормативні документи щодо прийняття на озброєння новітніх зразків зброї конфліктують із темпами сучасної війни (наприклад, сьогодні цикл оновлення ПЗ для РЕБ становить 2–4 тижні);

логістичний детермінізм - залежність виробництва від критичного імпорту (напівпровідники, рідкоземельні метали) змушує включати до циклу НДДКР етап пошуку альтернативних компонентів.

Для формалізації оцінки ефективності інноваційного циклу через здатність системи до прискореної адаптації пропонується економетрична модель такого виду:

$$L_{inn} = \sum_{i=1}^n \left(\frac{T_i}{C_{dig} \cdot K_{gov}} \right) + \Delta T_{fb} ,$$

де: T_i - тривалість етапів (НДДКР, випробування, кодифікація); C_{dig} - рівень цифровізації; K_{gov} - коефіцієнт регуляторного сприяння; ΔT_{fb} - час отримання та обробки бойового зворотного зв'язку.

Результати реалізації моделі в середовищі python наведено в Табл. 1 та на Рис.1:

Таблиця 1

Ефективність інноваційного циклу в ОПК України (2021-2025)

Рік	Тривалість циклу, умовних днів	Ефективність інноваційного циклу
2021	740.00	1.00
2022	424.24	1.74
2023	38.59	19.17
2024	19.04	38.85
2025	10.67	69.38

Джерело: побудовано автором в середовищі python з використанням пакету linearmodels [4].

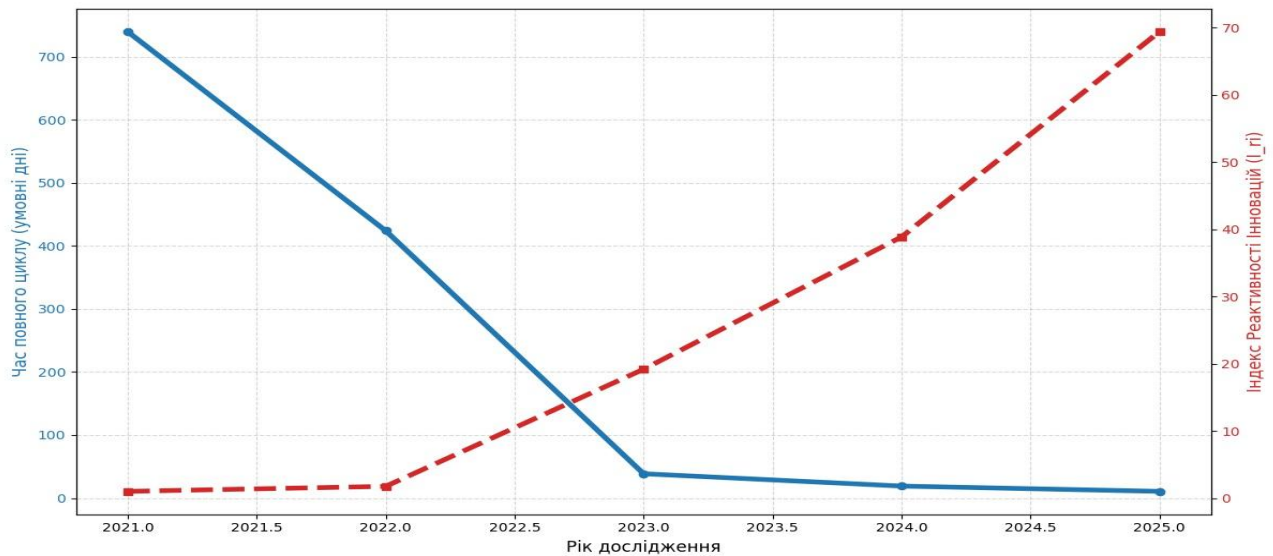


Рисунок 1 - Динаміка інноваційного циклу в ОПК України (2021-2025pp.)

Джерело: побудовано автором в середовищі python з використанням пакету linearmodels [4].

Розрахунки на основі даних 2021-2025 років доводять, що основним чинником впливу на інноваційний цикл в умовах воєнного стану є інституційний, оскільки коефіцієнт K_{gov} демонструє значно більший (у 2,4 рази) ефект впливу на його прискорення, ніж пряме нарощування капітальних інвестицій на етапі НДДКР.

Список використаних джерел:

1. Zweibelson, B. (2025). Innovation management: Embracing the fantastic to get the military moving in new directions. *Contemporary Issues in Air and Space Power*, 3(1).
2. Bondar, K. (2025). *How and why Ukraine's military is going digital*. Retrieved from https://csis-website-prod.s3.amazonaws.com/s3fs-public/2025-10/251006_Bondar_Military_Digital.pdf?VersionId=r49J5v0j6w9vC2XYafvbep6ve9GJEaBi.
3. Kotila, B., Drezner, J. A., Bartels, E. M., Hill, D., Hodgson, Q. E., Huilgol, S. S., ... Wong, J. P. (2023). *Fostering innovation in military technology: Strengthening DoD's commercial technology pipeline*. Santa Monica, CA: RAND Corporation.
4. linearmodels: Additional linear models including instrumental variable and panel data models that are missing from statsmodels (Version 5.5.0) [Software]. (2023). Zenodo. <https://doi.org/10.5281/zenodo.1003879617>.

Макуха Р.С., аспірант спеціальності 071 «Облік і оподаткування»

Науковий керівник: Городиський М.П., к.е.н., доц., доцент кафедри інформаційних систем в управлінні та обліку

(Державний університет «Житомирська політехніка», м. Житомир, Україна)

МІЖНАРОДНИЙ ДОСВІД ЦИФРОВІЗАЦІЇ ТА ЇХ ВПЛИВ НА ОБЛІК БУДІВЕЛЬНИХ ПІДПРИЄМСТВ

Ринок програмного забезпечення для бухгалтерського обліку в будівельній галузі демонструє позитивну динаміку, за оцінками аналітиків, обсяг зазначеного ринку становить 1,72 млрд дол. США у 2025 році з подальшим зростанням до 1,83 млрд дол. США у 2026 році, що відповідає показнику CAGR на рівні 6,7% [2]. Серед ключових технологічних тенденцій прогнозованого періоду слід виокремити: розвиток хмарних платформ галузевого бухгалтерського обліку, впровадження систем відстеження вартості проектів у режимі реального часу, автоматизацію інструментів фінансової звітності, інтеграцію модулів нарахування заробітної плати та управління рахунками в єдині інформаційні системи, а також поширення підходів до прийняття фінансових рішень на основі аналізу даних. Сукупність наведених факторів формує сприятливе середовище для подальшого розвитку сегменту та залучення інвестицій у розробку спеціалізованих програмних рішень для будівельної галузі.

Основою міжнародної співпраці у сфері цифровізації будівельної галузі є уніфікація підходів до управління інформацією, закріплена у відповідних стандартах. Ключовим інструментом є стандарт ISO 19650 «Організація та оцифрування інформації про будівлі та інженерні споруди», який прийшов на зміну британському стандарту PAS 1192 та набув статусу глобального орієнтиру для галузі. Стандарт регламентує принципи управління інформацією впродовж усього життєвого циклу об'єкта та визначає концепцію спільного середовища даних як централізованої платформи для зберігання, контролю та обміну проектною інформацією між усіма учасниками будівельного процесу. Практична реалізація принципів ISO 19650 спирається на два ключові механізми забезпечення інтеоперабельності даних. Перший із них це формат IFC, який являє собою відкритий нейтральний стандарт представлення даних, що забезпечує безперешкодний обмін інформаційними моделями між різнорідними програмними середовищами незалежно від виробника програмного продукту. Другий механізм – специфікація COBie, яка орієнтована на передачу неграфічних даних про будівельні активи, зокрема відомостей про обладнання, гарантійні зобов'язання та графіки технічного обслуговування, у структурованому табличному форматі. COBie відіграє важливу роль у забезпеченні фінансового обліку та управління експлуатацією об'єктів, оскільки формує інформаційну основу для прийняття економічно обґрунтованих рішень на постбудівельній стадії. Таким чином, сукупність стандарту ISO 19650, формату IFC та специфікації COBie утворює цілісну міжнародну інфраструктуру цифрового управління інформацією, що забезпечує технічну сумісність систем та створює передумови для ефективної міжгалузевої та міжнародної співпраці в будівництві.

Аналіз практики провідних країн світу засвідчує існування різних інституційних підходів до стимулювання цифрової трансформації в будівництві. Попри відмінності у стратегічних моделях, загальним вектором залишається інтеграція цифрових інструментів управління інформацією в усі етапи життєвого циклу будівельних об'єктів.

Великобританія є одним із визнаних лідерів у впровадженні технологій інформаційного моделювання будівель (BIM). Британський уряд сформував комплексну стратегію «Information Management Mandate», яка є складовою дорожньої карти «Transforming Infrastructure Performance» до 2030 року. Концептуальна основа зазначеної

стратегії передбачає перехід від вузького завдання тривимірного моделювання до системного управління інформацією на всіх стадіях існування інфраструктурного активу, що якісно змінює підходи до планування, проектування та експлуатації об'єктів [3]. Німеччина обрала шлях поетапної інституціоналізації цифровізації, закріпленої у стратегічному документі «Stufenplan Digitales Planen und Bauen» («Дорожня карта цифрового проектування та будівництва»). З кінця 2020 року використання BIM набуло обов'язкового характеру для всіх нових федеральних проектів транспортної інфраструктури. Практичним наслідком упровадження цього підходу стало суттєве підвищення точності кошторисного планування та зниження ризиків перевищення проектних бюджетів, що підтверджує ефективність нормативно закріплених стандартів цифрового управління [3].

Сінгапур реалізує одну з найбільш технологічно прогресивних національних стратегій через платформу CORENET X інтегровану систему цифрового подання будівельних моделей для їх регуляторного схвалення. Відповідно до встановленого графіку, з 1 жовтня 2025 року подання проектної документації через CORENET X стає обов'язковим для великих об'єктів із загальною площею підлоги не менше 30 000 м², а з 2026 року зазначена вимога поширюється на всі проекти незалежно від їхнього масштабу. Така регуляторна модель забезпечує системне охоплення галузі та формує єдиний цифровий стандарт взаємодії між учасниками ринку та державними органами [5]. США попри відсутність єдиного федерального мандату у сфері цифровізації будівництва, посідають лідерські позиції у розробці галузевих стандартів обміну даними, зокрема формату COBie, а також у широкому застосуванні хмарних ERP-систем, таких як Procore та Sage. Американська модель ґрунтується переважно на ринкових стимулах і орієнтована на підвищення рентабельності проектів шляхом інтеграції систем обліку витрат із тривимірними інформаційними моделями [1].

Таким чином, порівняльний аналіз міжнародного досвіду свідчить про те, що ефективна цифрова трансформація будівельної галузі може досягатися різними інституційними засобами, однак у кожному з розглянутих випадків ключовим чинником є наявність чіткої національної стратегії, підкріпленої або нормативними вимогами, або розвиненою інфраструктурою цифрових стандартів. Адаптація розглянутих механізмів (зокрема стандартів серії ISO 19650) є важливою для повоєнного відновлення України, оскільки забезпечить прозорість обліку та довіру міжнародних інвесторів.

Список використаних джерел:

1. Drones & BIM in USA: Transforming Construction. *Leading VDC & BIM Services for Smarter Construction | Techtute*. URL: <https://www.techtute.global/blog/drones-and-bim-in-usa>.
2. Essential Construction Accounting Trends in 2024 | IBN Tech. *IBN Finance and Accounting*. URL: <https://www.ibntech.com/blog/construction-accounting-trends-for-2024/>.
3. Infrastructure and Projects Authority. Transforming Infrastructure Performance: Roadmap to 2030. *GOV.UK*. URL: <https://www.gov.uk/government/publications/transforming-infrastructure-performance-roadmap-to-2030>.
4. Road Map for Digital Design and Construction. *BMV - Startseite*. URL: <https://www.bmv.de/SharedDocs/EN/publications/road-map-for-digital-design-and-construction.html>.
5. Singapore Construction Industry Trivia: "CORENET X" Platform-FOZL Group - International Accounting & Advisory Firm. *FOZL Group - International Accounting & Advisory Firm*. URL: https://en.fozlsg.com/News_dt/136.html.

УДК 658.15:338.984

Михальський Є.В., здобувач другого (магістерського) рівня вищої освіти спеціальності 073 Менеджмент

Науковий керівник: Литвишко Л.О., к.е.н., доцент, доцент кафедри менеджменту (Національний транспортний університет, м. Київ, Україна).

ПРОГНОЗУВАННЯ ФІНАНСОВО-ЕКОНОМІЧНИХ ПОКАЗНИКІВ ДІЯЛЬНОСТІ ПІДПРИЄМСТВА В УМОВАХ НЕВИЗНАЧЕНОСТІ

У сучасному динамічному середовищі, що характеризується високим рівнем невизначеності, мінливістю ринкової кон'юнктури, посиленням конкурентного тиску, зростає роль планування й прогнозування діяльності суб'єктів господарювання на засадах цифровізації у формуванні ефективної стратегії їхнього розвитку. Впровадження інструментів ВІ в систему бізнес-планування діяльності підприємств дозволяють менеджменту більш ефективно управляти фінансово-економічним напрямком діяльності компанії, забезпечувати оптимальне використання наявних ресурсів, досягати високих результатів функціонування в цілому[1].

Проведено дослідження з аналізу та прогнозування основних фінансово-економічних показників діяльності підприємства – ТОВ «Промислова компанія «Пожмашина» (ЄДРПОУ 33742637). У дослідженні враховано такі показники: чистий дохід від реалізації продукції (товарів, робіт, послуг), собівартість реалізованої продукції (товарів, робіт, послуг), валовий дохід. Підприємство функціонує на ринку України більше 20 років, спеціалізується на виробництві автотранспортних засобів, кузовів для автотранспортних засобів, причепів і напівпричепів тощо. За роки діяльності компанія зберегла та наростила виробничі потужності, розширила номенклатуру продукції, зокрема пожежні телескопічні підіймачі зі сполученою драбиною, спеціальні піротехнічні машини важкого типу ПМ-В, спеціальні аварійно-рятувальні машини легкого типу САРМ-Л [2]. На момент проведення дослідження ТОВ «Промислова компанія «Пожмашина» не опубліковано бухгалтерську звітність за 2025 рік. Враховуючи викладене, у таблиці 1 представлено дані за 2019-2024 роки [3].

Таблиця 1

Фінансово-економічні показники діяльності
ТОВ «Промислова компанія «Пожмашина»

Рік	Чистий дохід від реалізації продукції (товарів, робіт, послуг), тис. грн.	Собівартість реалізованої продукції (товарів, робіт, послуг), тис. грн.	Валовий дохід, тис. грн.
2024	1 844 358,00	1 279 153,00	565 205,00
2023	2 092 803,00	1 379 421,00	713 382,00
2022	938 570,00	617 240,00	321 330,00
2021	924 804,00	882 066,00	42 738,00
2020	445 309,00	393 947,00	51 362,00
2019	632 039,00	556 376,00	75 663,00

Найбільший розмір чистого доходу від реалізації продукції (товарів, робіт, послуг) та валового доходу підприємством досягнуто у 2023 році. При цьому розмір чистого доходу від реалізації продукції (товарів, робіт, послуг) у 2023 році зріс в 2,23 рази у порівнянні з 2022 роком, а валовий дохід в 2023 році зріс в 2,22 рази в порівнянні з 2022 роком. У 2024 році чистий дохід від реалізації продукції (товарів, робіт, послуг) зменшився на 11,87% у порівнянні з 2023 роком, а валовий дохід в 2024 році зменшився на 20,77% у порівнянні з 2023 роком.

Динаміка зміни окремих фінансово-економічних показників діяльності
Матеріали XVI Міжнародної науково-технічної конференції аспірантів та молодих вчених «Наукова весна» 2026

ТОВ «Промислова компанія «Пожмашина» за 2019-2024 роки свідчить, що кожен з представлених у таблиці 1 показників за період, який аналізувався, мав динаміку як до зростання так і до зменшення. Вказане ускладнює процес прогнозування динаміки подальшої зміни зазначених фінансово-економічних показників діяльності. У ході дослідження використано модель розрахунку параметрів лінійного тренду й встановлено, що значення величини достовірності апроксимації показника чистого доходу від реалізації продукції (товарів, робіт, послуг) із використанням лінії тренду лінійна становить 0,7772, значення величини достовірності апроксимації показника собівартості реалізованої продукції (товарів, робіт, послуг) із використанням лінії тренду лінійна становить 0,6979, значення величини достовірності апроксимації показника валового доходу із використанням лінії тренду лінійна становить 0,7556.

У таблиці 2 представлено прогнозні значення фінансово-економічних показників діяльності ТОВ «Промислова компанія «Пожмашина» на 2025-2027 роки.

Таблиця 2

Прогнозні значення фінансово-економічних показників діяльності
ТОВ «Промислова компанія «Пожмашина»

Найменування показника	2025 рік	2026 рік	2027 рік
Чистий дохід від реалізації продукції (товарів, робіт, послуг), тис. грн.	2 248 102	2 562 898	2 877 694
Собівартість реалізованої продукції (товарів, робіт, послуг), тис. грн.	1 481 918	1 662 075	1 842 232
Валовий дохід, (розрахунковий), тис. грн.	766 184	900 823	1 035 462
Валовий дохід, (прогнозований), тис. грн.	766 184	900 823	1 035 462

За результатами проведеного дослідження встановлено, що прогнозовані значення валового доходу узгоджуються з розрахунковими показниками, визначеними на основі прогнозу чистого доходу від реалізації продукції (товарів, робіт, послуг) та собівартості реалізованої продукції. Оскільки значення величини достовірності апроксимації, наведених фінансово-економічних показників, становив більше 0,697, представлена у дослідженні методологія прогнозування (модель розрахунку параметрів лінійного тренду) може застосовуватися на практиці вітчизняними суб'єктами господарювання.

Аналіз даних і прогнозування фінансово-економічних показників діяльності забезпечують підприємству формування стійких конкурентних переваг на ринку, підвищують обґрунтованість управлінських рішень й сприяють ефективному використанню ресурсного потенціалу. Використання сучасних цифрових інструментів та методів прогнозування дозволяє своєчасно виявляти тенденції змін у внутрішньому й зовнішньому середовищі, оцінювати ризики та формувати альтернативні сценарії розвитку.

Список використаних джерел

1. Литвишко Л.О., Михальський Є.В. Бізнес-планування в міжнародній компанії: управління бізнесом та інвестиційними програмами на засадах цифровізації. *Електронний журнал «Наукові записки Львівського університету бізнесу та права»*. Серія економічна. Серія юридична. №47 (2025). С.4-10. URL: <https://nzlubp.org.ua/index.php/journal/article/view/1781>
<https://doi.org/10.5281/zenodo.17503560>
2. Анкета: веб-сайт. URL: https://youcontrol.com.ua/catalog/company_details/33742637/ (дата звернення 25.02.2026).
3. Фінансова звітність: веб-сайт. URL: <https://pkpm.com.ua/uk/pro-kompaniy/finzvit/> (дата звернення 25.02.2026).

УДК 338.47:005.954.6

Осадчий М.Л., аспірант спеціальності 076 Підприємництво, торгівля та біржова діяльність

Науковий керівник: Ковальов А.І., д.е.н., професор

(Одеський національний економічний університет, м. Одеса, Україна)

ЕКОНОМІЧНИЙ ВПЛИВ МОРСЬКИХ ПОРТІВ УКРАЇНИ НА УРБАНІЗАЦІЙНІ ПРОЦЕСИ В ПРИБЕРЕЖНИХ РЕГІОНАХ

У сучасній глобальній економіці морські порти виступають не лише інфраструктурними вузлами міжнародної торгівлі, а й потужними каталізаторами просторового розвитку, трансформації ринку праці та формування нових урбаністичних структур. Для України, яка має стратегічне положення на узбережжі Чорного моря, роль морських портів у розвитку прибережних регіонів набуває системного значення. Їхня діяльність безпосередньо впливає на формування міських агломерацій, спеціалізацію економіки, розвиток соціальної інфраструктури та динаміку демографічних процесів. Економічний вплив портів на урбанізаційні процеси проявляється через механізми мультиплікативного ефекту, концентрації інвестицій і формування портово-промислових кластерів.

Історично розвиток прибережних міст України відбувався у тісному зв'язку з портовою діяльністю. Такі міста, як Одеса, Миколаїв, Херсон та Маріуполь, формувалися як центри торгівлі, суднобудування, перевалки вантажів і розвитку суміжних галузей. Порт виступав ядром економічної активності, навколо якого концентрувалися промислові підприємства, транспортні вузли, фінансові та логістичні компанії. Унаслідок цього відбувалася інтенсивна урбанізація, зростання чисельності населення та розширення міської забудови.

Економічний вплив морських портів на урбанізаційні процеси має багатовимірний характер. Передусім він проявляється через створення робочих місць як безпосередньо в портовому господарстві, так і в суміжних секторах економіки. Транспортні компанії, складські комплекси, митні брокери, страхові структури, сервісні підприємства формують розгалужену екосистему зайнятості. Це стимулює міграційні потоки до портових міст, підвищує попит на житло та сприяє розвитку соціальної інфраструктури, включаючи освітні, медичні та культурні заклади [1].

Другим важливим аспектом є інвестиційна привабливість прибережних регіонів. Наявність морського порту знижує логістичні витрати для експортоорієнтованих підприємств, що стимулює розміщення виробничих потужностей у безпосередній близькості до портової інфраструктури. Формуються промислові зони та логістичні хаби, які інтегруються в міський простір і визначають його функціональну структуру [2]. Таким чином, порт виступає каталізатором територіальної концентрації економічної активності, що є однією з ознак урбанізаційних процесів.

Урбанізація прибережних регіонів під впливом портової діяльності має як позитивні, так і суперечливі наслідки. З одного боку, зростання доходів населення, розвиток малого й середнього бізнесу та модернізація інфраструктури сприяють підвищенню якості життя. З іншого боку, концентрація промислових і транспортних об'єктів створює екологічне навантаження, потребує оновлення інженерних мереж і раціонального просторового планування. Відсутність збалансованої політики може призвести до диспропорцій у розвитку житлових районів, перевантаження транспортної системи та деградації прибережних екосистем.

Суттєвий вплив портів на урбанізацію проявляється також у формуванні агломераційних ефектів. Портові міста стають центрами притягання не лише для робочої

сили, а й для інноваційних проєктів, освітніх ініціатив та інвестицій у сферу послуг. У таких містах формується специфічна соціально-економічна структура, де поєднуються традиційні галузі морської економіки та нові напрямки, пов'язані з цифровими технологіями, логістикою та креативними індустріями. Це сприяє диверсифікації економіки та зменшенню залежності від окремих видів вантажів або зовнішньоторговельної кон'юнктури.

В умовах воєнних викликів економічний вплив портів на урбанізаційні процеси набув нових рис. Порушення логістичних маршрутів і зменшення обсягів перевалки призвели до скорочення доходів та уповільнення інвестиційної активності в окремих регіонах. Водночас адаптація до нових умов, зокрема переорієнтація вантажопотоків на дунайські порти, стимулювала розвиток міст південно-західного регіону. Такі міста, як Ізмаїл, отримали додатковий імпульс для розширення інфраструктури, модернізації транспортних шляхів та зростання підприємницької активності, що підтверджує тісний взаємозв'язок між портовою діяльністю та урбанізаційною динамікою [3].

Економічний вплив морських портів проявляється і через бюджетні механізми. Податкові надходження від підприємств портового комплексу формують значну частину місцевих бюджетів, що дозволяє фінансувати проєкти з благоустрою, розвитку громадського транспорту, реконструкції житлового фонду та соціальних об'єктів [4]. У результаті відбувається якісна трансформація міського середовища, підвищується інвестиційна привабливість територій і зміцнюється їхня конкурентоспроможність.

У довгостроковій перспективі економічний вплив портів на урбанізацію залежить від здатності інтегрувати принципи сталого розвитку у стратегічне планування. Модернізація портових потужностей, впровадження екологічно чистих технологій, розвиток мультимодальних транспортних коридорів і цифровізація управління створюють передумови для гармонійного поєднання економічного зростання та збереження природного середовища [5]. Урбанізаційні процеси в прибережних регіонах мають відбуватися з урахуванням екологічної безпеки, потреб населення та перспектив інтеграції у міжнародні логістичні мережі.

Таким чином, морські порти України є системоутворювальним чинником урбанізаційних процесів у прибережних регіонах. Їхній економічний вплив проявляється у зростанні зайнятості, концентрації інвестицій, формуванні промислово-логістичних кластерів і трансформації міської інфраструктури. Водночас ефективність цього впливу залежить від інституційної спроможності органів влади, здатності забезпечити баланс між економічними інтересами та соціально-екологічними потребами, а також від стратегічної інтеграції портового розвитку в систему просторового планування. У результаті саме порти можуть стати основою формування конкурентоспроможних прибережних агломерацій, здатних забезпечити сталий розвиток і післявоєнну модернізацію економіки України.

Список використаних джерел:

1. Березорудський А. М. Теоретичні аспекти дослідження сучасних урбанізаційних процесів. *Науковий вісник Одеського національного економічного університету*. 2024. Т. 9, № 322. С. 7–14.
2. Бабух І. Теоретичні й практичні аспекти інвестиційної привабливості регіонів України. *Економічний простір*. 2025. № 200. С. 131-135.
3. Березорудський А. М. Моноцентричність і урбанізація: аналіз регіонів України. *Grail of Science*. 2025. № 48. С. 103–108.
4. Осадчий М.Л. Адаптація міжнародних стандартів у публічному управлінні морськими портами України. *Вісник Полтавського державного аграрного університету. Серія «Публічне управління та адміністрування»*. 2025. №4. С. 21-30.
5. Тарасенко А. Б. Стратегія майбутньої України: траєкторія економічного відродження. *Вісник ЛТЕУ. Економічні науки*. 2024. № 76. С. 146-152.

Переволоцька В. С., студентка спеціальності D1 Облік і оподаткування
Науковий керівник: Бессонова С.І., к.е.н, професор, професор кафедри фінансів,
обліку та банківської справи
(ДВНЗ «Приазовський державний технічний університет», м. Дніпро, Україна)

СУЧАСНІ ПРОБЛЕМИ АУДИТУ ТА ФІНАНСОВОГО КОНТРОЛЮ

Сьогодні економічні системи стають дедалі складнішими, адже бізнес-процеси ускладнюються, активно впроваджуються інформаційні технології, а вимоги до прозорості фінансової звітності постійно зростають. У таких умовах аудит і фінансовий контроль відіграють головну роль, бо саме вони забезпечують достовірність інформації, на якій базуються управлінські рішення. Зміни у законодавстві, цифровізація фінансових процесів та підвищення ризиків фінансових зловживань змушують переглядати традиційні підходи до аудиторської діяльності [2].

Однією з найпомітніших проблем досі залишається зниження рівня довіри до результатів аудиту. Причини цього різні: від недостатньо якісно підготовлених висновків до формального підходу, коли аудит сприймається лише як обов'язкова процедура, а не як реальний механізм перевірки достовірності даних. Водночас суспільство очікує більшої прозорості фінансових потоків, що вимагає від аудиторів не тільки професійних знань, а й бездоганної етики, незалежності та об'єктивності [1].

Серйозним викликом є й стрімка цифровізація. Багато традиційних методів аудиту, зокрема вибіркові перевірки, вже не дозволяють своєчасно виявляти складні фінансові схеми, які реалізуються за допомогою сучасних ІТ-рішень. Тому виникає потреба в активному використанні автоматизованих інструментів аналізу даних, елементів машинного навчання та роботи з великими масивами інформації. Однак для цього недостатньо лише технічного забезпечення - необхідна й відповідна підготовка самих аудиторів, що наразі є проблемним питанням.

Змінилася і структура ризиків. Геополітична нестабільність, економічні коливання, кібератаки та слабкий захист інформаційних систем створюють нові загрози, які раніше майже не враховувалися в аудиті. Це вимагає оновлення методів оцінювання ризиків і розширення знань аудиторів у сфері ІТ-безпеки. Особливо актуальним є контроль за використанням публічних коштів, міжнародної допомоги та грантових ресурсів, оскільки суспільство приділяє цьому підвищену увагу.

У сфері фінансового контролю також існують системні труднощі. Нормативне регулювання часто є фрагментарним, а повноваження різних контролюючих органів дублюються. Це знижує ефективність контролю та створює додаткове навантаження для бізнесу. Тому важливою є уніфікація процедур і приведення національних вимог у відповідність до міжнародних стандартів [5].

Окремою проблемою залишається незалежність аудиторів. Оскільки аудит є комерційною діяльністю, існує ризик конфлікту інтересів, особливо за тривалої співпраці з одним клієнтом. У таких випадках може виникати сумнів у неупередженості висновків. Запровадження механізмів ротації, посилення професійного контролю та активна роль професійних об'єднань можуть сприяти зміцненню реальної незалежності аудиторів.

Глобалізація фінансових ринків також висуває нові вимоги до професії. Аудиторам потрібно орієнтуватися не лише в національному законодавстві, а й розуміти міжнародні стандарти, принципи управління ризиками, особливості ІТ-систем та фінансової аналітики. Це, своєю чергою, потребує постійного підвищення кваліфікації та розвитку системи безперервної професійної освіти.

Загалом сучасний аудит поступово переходить від традиційних ручних процедур до автоматизованого моніторингу та інтелектуального аналізу даних. Проте рівень цифрової готовності багатьох підприємств і державних органів поки що не дозволяє повністю реалізувати ці підходи. Саме тому важливим напрямом розвитку є створення єдиних інформаційних платформ, які забезпечуватимуть прозорість і доступність фінансової інформації.

Отже, проблеми сучасного аудиту та фінансового контролю є комплексними й охоплюють технологічні, методологічні та етичні аспекти. Їх вирішення можливе лише за умови системних змін, а саме: оновлення нормативної бази, підвищення професійного рівня аудиторів, впровадження цифрових інструментів та зміцнення інституційної незалежності. Лише за таких умов аудит зможе ефективно виконувати свою функцію та сприяти зміцненню довіри до фінансової системи загалом [4].

Список використаних джерел

1. Бутинець Ф. Ф. Аудит : підручник. — Житомир : Рута, 2018. — 560 с.
2. Про аудит фінансової звітності та аудиторську діяльність : Закон України від 21 груд. 2017 р. № 2258-VIII // Голос України. — 2018. — № 12. — С. 4–12.
3. Національні положення (стандарти) бухгалтерського обліку : затв. наказом Міністерства фінансів України від 31.12.1999 № 318 (із змінами та доповненнями). — Київ : Мінфін України, 2022. — 214 с.
4. Савченко В. Ф. Актуальні проблеми організації та методології аудиту в Україні // Бухгалтерський облік і аудит. — 2021. — № 3. — С. 3–11.
5. Кузьмін О. Є., Мельник О. Г. Система фінансового контролю в умовах цифрової трансформації економіки // Фінанси України. — 2020. — № 12. — С. 45–57.

УДК 656.615:338.49(477)

**Поліщук В.О., доктор філософії (галузь знань 05 Соціальні та поведінкові науки),
викладач кафедри загальної економічної теорії та економічної політики
(Одеський національний економічний університет, м. Одеса, Україна)**

ФІНАНСОВО-ЕКОНОМІЧНІ ІНСТРУМЕНТИ СТИМУЛЮВАННЯ «РОЗУМНОЇ УРБАНІЗАЦІЇ» У ПОРТОВИХ МІСТАХ УКРАЇНИ

Сучасні тенденції глобального розвитку зумовлюють зростання ролі міст як центрів економічної активності, інновацій і соціальної трансформації. Особливе місце у цій системі посідають портові міста, які поєднують функції транспортно-логістичних вузлів, промислових кластерів та урбаністичних просторів із високим рівнем концентрації населення. Для України, що має стратегічне розташування на узбережжі Чорного моря та розвинену систему морських і річкових портів, питання формування моделі «розумної урбанізації» набуває системного значення. Портові міста, зокрема Одеса, Миколаїв, Чорноморськ та Херсон, перебувають у фокусі економічних, екологічних і соціальних викликів, що потребують інтегрованого підходу до управління розвитком територій. У цьому контексті фінансово-економічні інструменти стають ключовими механізмами стимулювання переходу до «розумної урбанізації», яка поєднує цифровізацію, сталий розвиток, інклюзивність та інноваційність.

Поняття «розумної урбанізації» передбачає формування міського середовища, яке ґрунтується на системному використанні цифрових технологій, енергоефективних рішень, екологічно безпечної інфраструктури, інтелектуальних транспортних систем та ефективного управління матеріальними й фінансовими ресурсами. У портових містах цей процес ускладнюється специфікою їхньої економічної моделі, що характеризується високою концентрацією промислових об'єктів, портових терміналів, складів, транспортних розв'язок і логістичних центрів, які створюють значне навантаження на довкілля та міську інфраструктуру [1]. Водночас саме ця концентрація економічної активності формує потужну фінансову базу, яка за умови ефективного управління може бути спрямована на модернізацію міського простору. Тому фінансово-економічні інструменти повинні забезпечувати гармонізацію розвитку портової інфраструктури та урбаністичного середовища, формуючи баланс між економічним зростанням, екологічною безпекою та соціальною стабільністю.

Одним із базових інструментів стимулювання «розумної урбанізації» є бюджетна децентралізація, яка розширила фінансову автономію територіальних громад. Зростання частки податкових надходжень, що залишаються у місцевих бюджетах, створює передумови для інвестування у цифрову інфраструктуру, модернізацію громадського транспорту, впровадження систем моніторингу екологічного стану та розвиток електронного врядування. У портових містах значну роль відіграють надходження від діяльності портових підприємств, які формують ресурсну базу для реалізації стратегічних урбаністичних проєктів [2].

Важливим фінансовим механізмом є залучення інвестицій через інструменти державно-приватного партнерства. Портова інфраструктура традиційно потребує значних капіталовкладень, що перевищують можливості місцевих бюджетів. Концесійні угоди, спільні інвестиційні проєкти та механізми співфінансування дозволяють поєднати інтереси держави, бізнесу та громади. У рамках таких проєктів можливе впровадження інтелектуальних транспортних систем, модернізація причалів із використанням енергоощадних технологій, створення логістичних хабів із цифровим управлінням вантажопотоками [3].

Фінансово-економічні інструменти також включають податкові стимули для підприємств, що впроваджують екологічно чисті технології та цифрові рішення.

Зниження податкового навантаження або надання пільг для компаній, які інвестують у «зелену» енергетику, електрифікацію портового обладнання чи системи управління відходами, сприяє трансформації економічної структури портових міст у напрямі сталого розвитку [4]. Такі заходи створюють додаткові стимули для бізнесу та формують сприятливе інституційне середовище.

У контексті післявоєнного відновлення України фінансово-економічні інструменти стимулювання «розумної урбанізації» набувають стратегічного виміру. Руйнування інфраструктури створює необхідність масштабної реконструкції, що водночас відкриває можливість для впровадження сучасних технологій та відмови від застарілих моделей розвитку. Інтеграція принципів енергоефективності, цифрового моніторингу, екологічної безпеки та інклюзивності у проєкти відновлення портових міст дозволить сформувати якісно новий урбаністичний простір. Міжнародна фінансова допомога, грантові програми, кредити міжнародних фінансових організацій можуть стати додатковим ресурсом для реалізації інноваційних проєктів, орієнтованих на створення конкурентоспроможних, технологічно розвинених і екологічно збалансованих портових агломерацій [5].

Ефективність застосування фінансово-економічних інструментів безпосередньо залежить від інституційної спроможності органів місцевого самоврядування, рівня стратегічного планування та координації з центральними органами влади. Розробка стратегій «розумної урбанізації» має ґрунтуватися на комплексному аналізі соціально-економічних показників, екологічних ризиків, транспортних потоків і потреб громади, а також передбачати інтеграцію фінансового планування з просторовим розвитком [6]. Такий підхід дозволяє уникнути фрагментарності рішень, забезпечити синергію між різними секторами економіки та створити довгострокові передумови для стійкого розвитку портових міст.

Таким чином, фінансово-економічні інструменти виступають ключовим механізмом стимулювання «розумної урбанізації» у портових містах України. Їхнє ефективне використання забезпечує модернізацію інфраструктури, підвищення інвестиційної привабливості, впровадження цифрових технологій та збереження екологічної рівноваги. У довгостроковій перспективі поєднання бюджетної децентралізації, державно-приватного партнерства, інноваційних фінансових механізмів і цифрового управління створює передумови для формування конкурентоспроможних, стійких та інклюзивних портових міст, здатних інтегруватися у глобальні економічні процеси та забезпечити високий рівень якості життя населення.

Список використаних джерел:

1. Корепанов О. С. Аналіз тенденцій урбанізації у світі та в Україні як поштовх для розвитку національної концепції "розумних" міст. *Бизнес Інформ*. 2017. № 12 (479). С. 177-182.
2. Тимошенко А. О. Фінансова децентралізація як інструмент розвитку регіонів у цифровій економіці. *Підприємництво та інновації*. 2025. № 38. С. 40-46.
3. Ольвінська Ю. О., Осадчий М. Л. Оцінка платоспроможності та ймовірності банкрутства ДП «МТП «Южний». *Ефективна економіка*. 2021. № 7.
4. Березорудський А. М. Моноцентричність і урбанізація: аналіз регіонів України. *Grail of Science*. 2025. № 48. С. 103–108.
5. Осадчий М.Л. Адаптація міжнародних стандартів у публічному управлінні морськими портами України. *Вісник Полтавського державного аграрного університету. Серія Публічне управління та адміністрування*. 2025. №4, С. 21-30.
6. Березорудський А. Сучасні методики оцінки урбанізованості міських територій: теоретичні та практичні аспекти. *Економіка та суспільство*. 2024. № 69.

Просвірніков М. В., аспірант спеціальності 073 Менеджмент

Науковий керівник: Тоцька О. Л., д. е. н., професор кафедри менеджменту

(Волинський національний університет імені Лесі Українки, м. Луцьк, Україна)

ОСОБЛИВОСТІ ВИКОРИСТАННЯ AI-АГЕНТІВ У СИСТЕМІ МІЖНАРОДНИХ АВТОМОБІЛЬНИХ ПЕРЕВЕЗЕНЬ

Цифрова трансформація транспортно-логістичної галузі є одним із ключових напрямів розвитку сучасної економіки. У контексті інтеграції України до європейського транспортного простору особливої актуальності набуває впровадження інтелектуальних інформаційних технологій у систему міжнародних автомобільних перевезень. Одним із найбільш перспективних інструментів цифровізації є AI-агенти – автономні програмні системи, що функціонують на основі алгоритмів штучного інтелекту та здатні самостійно аналізувати дані, приймати рішення та взаємодіяти з цифровим середовищем [1].

AI-агенти у сфері міжнародних перевезень можуть виконувати функції інтелектуального планування маршрутів. На відміну від традиційних систем навігації, вони враховують не лише відстань і швидкість руху, але й митні процедури, завантаженість пунктів пропуску, регламентовані періоди роботи митниць, обмеження для великовантажного транспорту, тарифи платних доріг, екологічні зони, а також поточні ціни на паливе. Застосування алгоритмів машинного навчання дозволяє прогнозувати орієнтовний час прибуття (ETA) та мінімізувати непродуктивні простой транспортних засобів [2].

Важливою сферою застосування AI-агентів є автоматизація митного та транспортного документообігу. Інтелектуальні агенти можуть здійснювати попередню перевірку CMR-накладних, інвойсів, пакувальних листів, експортних декларацій, транзитних декларацій T1, сертифікатів EUR.1 та інших документів. Використовуючи технології обробки природної мови (NLP), система здатна виявляти невідповідності між даними документів, попереджати про потенційні ризики відмови у пропуску через кордон та формувати рекомендації для виправлення помилок [3].

Інтеграція AI-агентів із системами управління транспортом (TMS) та корпоративними ERP-платформами забезпечує комплексну цифрову підтримку управлінських процесів. Зокрема, реалізуються функції моніторингу руху транспортних засобів у режимі реального часу, аналізу стилю водіння, прогнозування витрат пального, оптимізації графіків технічного обслуговування та формування фінансової аналітики щодо ефективності рейсів [4].

Економічний ефект від впровадження AI-агентів проявляється у скороченні логістичних витрат, зменшенні штрафних санкцій, підвищенні рівня використання автопарку та зростанні точності планування. За умов високої конкуренції на міжнародному ринку перевезень цифрові інструменти стають фактором стратегічної переваги підприємства.

Разом із перевагами існують і виклики впровадження: необхідність кіберзахисту даних, адаптація персоналу до нових цифрових рішень, інтеграція з наявними інформаційними системами, а також відповідність нормативним вимогам Європейського Союзу щодо використання штучного інтелекту [1].

Перспективним напрямом розвитку є створення мультиагентних систем, у яких взаємодіють окремі інтелектуальні модулі:

- агент диспетчеризації,
- агент митного супроводу,

- агент фінансового контролю,
- агент ризик-менеджменту.

Такий підхід дозволяє формувати адаптивну цифрову екосистему транспортного підприємства та забезпечує високий рівень гнучкості управління.

Таким чином, AI-агенти виступають інструментом підвищення ефективності міжнародних автомобільних перевезень, забезпечують прозорість логістичних процесів і сприяють формуванню інноваційної моделі управління транспортними підприємствами в умовах цифрової економіки.

Список використаних джерел:

1. European Commission. Artificial Intelligence Act (EU) 2024/1689. Official Journal of the European Union. (2024).
2. OECD (2023). Artificial Intelligence in Transport: Applications and Policy Implications. Paris: OECD Publishing.
3. WEF (2023). Digital Transformation of Logistics: Pathways to Efficiency and Sustainability. World Economic Forum Report.
4. UNCTAD (2022). Digital Economy Report 2022. United Nations Publications.

УДК УДК 33.332.338

Тихоплав В.І., аспірант спеціальності 051 Економіка**Науковий консультант: д.е.н. проф. каф. Економіки та економічної кібернетики, О.Ю. Чуріканова.***(Національний технічний університет «Дніпровська політехніка»)***РОЗВИТОК ЦИРКУЛЯРНИХ ІНДУСТРІАЛЬНИХ КЛАСТЕРІВ: МОЖЛИВОСТІ ДЛЯ УКРАЇНИ В УМОВАХ ЄВРОІНТЕГРАЦІЇ**

У 2026 році формування циркулярної економіки перетворюється на стратегічний пріоритет Європейського Союзу, що створює нові вимоги та можливості для країн-кандидатів. Одним із ключових механізмів прискорення переходу до ресурсоефективної моделі розвитку стають циркулярні індустріальні кластери, які об'єднують підприємства, наукові центри, переробні компанії та локальні органи влади у спільні виробничі та екологічні ланцюги. Вони дозволяють оптимізувати матеріальні потоки, підвищувати ступінь повторного використання ресурсів та знижувати залежність від первинної сировини, що є критично важливим у контексті сучасних глобальних викликів. Досвід країн ЄС підтверджує, що кластерна модель сприяє підвищенню технологічної готовності підприємств, розвитку переробної інфраструктури та створенню нових високотехнологічних робочих місць.

Успішні приклади функціонування циркулярних кластерів можна спостерігати у Нідерландах, Данії, Фінляндії та Німеччині, де кластерні ініціативи стали рушійною силою для впровадження інновацій у сфері переробки, вторинної сировини, екодизайну та індустріальної симбіозності. Такі кластери інтегрують компанії, що обмінюються побічними продуктами, теплом, водою, енергією чи відходами як ресурсами для інших виробництв. У результаті створюються замкнені виробничі цикли, здатні істотно знизити інтенсивність використання первинних матеріалів та підвищити стійкість промислових екосистем. Важливу роль відіграють цифрові рішення — електронні платформи відстеження ресурсів, системи моніторингу життєвого циклу, цифрові паспорти продукції, які підсилюють прозорість та ефективність кластерних взаємодій.

Для України розвиток циркулярних індустріальних кластерів має стратегічне значення в умовах євроінтеграції та необхідності модернізації промислового сектору. Відновлення промисловості після війни відкриває можливість впроваджувати сучасні технологічні підходи одразу на етапі проєктування нових виробництв, що відповідає практикам ЄС. Перспективними можуть стати кластери у галузях металургії, будівництва, логістики, агропереробки та хімічної промисловості — сферах, де обсяги відходів є значними, а потенціал вторинної сировини залишається недостатньо використаним. Важливим напрямом є формування промислових зон, де підприємства можуть обмінюватися ресурсами за принципами індустріальної симбіозності, а державна підтримка сприятиме розбудові необхідної інфраструктури та цифрових сервісів.

Водночас існують бар'єри, що уповільнюють формування кластерної моделі. Серед основних викликів — фрагментованість ринку вторинної сировини, відсутність уніфікованих стандартів якості перероблених матеріалів, обмежені можливості для інтеграції цифрових систем обліку ресурсів та недостатня інституційна підтримка проєктів у сфері циркулярності. Також потребує розвитку нормативно-правова база, що має забезпечити прозорі правила класифікації побічних продуктів, механізми державних стимулів та інструменти технологічної модернізації підприємств. Європейський досвід демонструє, що кластери ефективно функціонують за наявності сильної координації, фінансових стимулів, інноваційних центрів та партнерства між бізнесом і державою.

Євроінтеграція відкриває для України можливість долучитися до європейських платформ циркулярності, отримувати доступ до інноваційних технологій, програм підтримки та фінансування у сфері зеленої трансформації. Важливим кроком є гармонізація українського законодавства з Європейським зеленим курсом, розвиток цифрових реєстрів матеріальних потоків, впровадження стандартів екодизайну та систем екологічного маркування продукції. Формування кластерів дозволить інтегрувати українські підприємства у європейські ланцюги доданої вартості, підвищити рівень матеріальної ефективності та сприяти досягненню кліматичних цілей.

У комплексі розвиток циркулярних індустріальних кластерів може стати одним із ключових інструментів модернізації української економіки у післявоєнний період. Використання європейського досвіду, цифрових рішень, інновацій у сфері переробки та інституційної підтримки створює передумови для трансформації промислових секторів за принципами стійкості, ресурсоефективності та замкнених виробничих циклів. Такий підхід дозволить одночасно забезпечити економічне зростання, підвищити конкурентоспроможність та зміцнити інтеграцію України до європейського економічного простору.

Список використаних джерел:

1. European Commission. (2020). Circular Economy Action Plan: For a cleaner and more competitive Europe. Brussels : European Commission.
2. European Environment Agency. (2024). Accelerating circular economy in Europe — state and outlook 2024. Copenhagen : EEA. 113 с.
3. OECD. (2022). Business Models for the Circular Economy: Opportunities and Challenges. Paris : OECD Publishing.
4. Ellen MacArthur Foundation. (2023–2025). Circular Economy in Industry and Value Chains. EMF Reports.
5. World Economic Forum (2024). The Circularity Gap Report.

Хомяк Н. Л., д.е.н., доцент, завідувач кафедри менеджменту
(Волинський національний університет імені Лесі Українки, м. Луцьк, Україна)

ІНСТРУМЕНТИ СТРАТЕГІЧНОГО УПРАВЛІННЯ ВІДНОВЛЕННЯМ ПОШКОДЖЕНИХ ЗЕМЕЛЬ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКОГО ПРИЗНАЧЕННЯ НА ЗАСАДАХ СТАЛОГО ТА ІНКЛЮЗИВНОГО РОЗВИТКУ

Воєнна агресія проти України спричинила масштабні втрати аграрного потенціалу держави, що проявляються у фізичному пошкодженні земель сільськогосподарського призначення, їх забрудненні вибухонебезпечними предметами, руйнуванні меліоративних систем та порушенні екосистемної рівноваги. У таких умовах відновлення земельних ресурсів виходить за межі галузевої проблематики та набуває стратегічного значення для забезпечення продовольчої безпеки, економічної стабільності сільських територій і соціальної згуртованості громад. Відповідно, управлінські рішення у цій сфері повинні спиратися на довгострокові орієнтири розвитку та інтегрувати економічні, екологічні й соціальні пріоритети, що закріплені у міжнародних цілях сталого розвитку та рамкових документах ООН [1; 2].

Сучасний етап трансформації сільських територій зумовлює посилення інклюзивного виміру розвитку, насамперед у частині розширення участі сільського населення у процесах планування та реалізації відповідних заходів, що відображено у резолюціях Генеральної Асамблеї ООН [1]. Інтеграція принципів сталості та інклюзивності формує підґрунтя для переосмислення відновлення не лише як технічного втручання, а як складової комплексної стратегії територіального розвитку, спрямованої на забезпечення довгострокової стійкості та якісних структурних змін.

Стратегічне управління відновленням пошкоджених земель сільськогосподарського призначення доцільно розглядати як багаторівневу систему формування стратегічних орієнтирів розвитку, планування, ресурсного забезпечення та оцінювання результативності. Визначальною рисою такого підходу є орієнтація на довгострокові результати, що не обмежуються відновленням продуктивності ґрунтів, а передбачають зміцнення стійкості аграрних і територіальних систем до зовнішніх викликів. В українських умовах стратегічне управління має здійснюватися у взаємозв'язку з державною регіональною політикою та програмними механізмами відновлення територій.

Важливою складовою цієї системи виступає інтеграція відновлювальних заходів у стратегічні документи розвитку територіальних громад, регіональні стратегії та національні програми реконструкції. З огляду на вимоги Державної стратегії регіонального розвитку на 2021–2027 роки, а також практику розроблення програм комплексного відновлення громад, просторове планування і портфель проєктів повинні враховувати реальний стан ресурсів, обмеження та пріоритетність втручань [3]. Такий підхід дозволяє синхронізувати локальні ініціативи із загальнодержавною політикою та операційними механізмами відновлення.

Економічний вимір стратегічного управління пов'язаний із формуванням механізмів фінансового стимулювання відновлення земель та впровадження практик сталого землекористування. Ресурсну основу становлять бюджетні інструменти, проєктне фінансування, міжнародна допомога, а також моделі партнерства, орієнтовані на післявоєнний соціально-економічний розвиток сільських територій [4]. У практичному вимірі суттєве значення мають ініціативи міжнародних організацій, орієнтовані на підтримку аграрного сектору та відновлення виробничого потенціалу

сільських територій, які створюють додаткові можливості для інвестиційної активізації та формування економічних стимулів на рівні територіальних громад [5].

Інклюзивний компонент стратегічного управління полягає у створенні механізмів залучення фермерів, власників земельних паїв, представників місцевого самоврядування, громадських організацій та інших зацікавлених сторін до процесу планування й реалізації відновлювальних заходів. Такий підхід узгоджується з міжнародними принципами забезпечення рівної участі та недопущення соціального виключення, а також із пріоритетом подолання соціально-економічної вразливості у сільській місцевості [1]. Інклюзивність також передбачає врахування потреб соціально вразливих груп населення, що проживають на сільських територіях, зокрема ветеранів, внутрішньо переміщених осіб та молоді, а також розбудову локальних механізмів участі й комунікації в умовах повоєнного відновлення.

Інституційне забезпечення стратегічного управління потребує узгодженості нормативно-правової бази, посилення спроможності органів місцевого самоврядування та розвитку механізмів координації. Системність управління можлива лише за умови взаємодії між центральними органами влади, регіональними структурами та територіальними громадами, що відображено у державній стратегії регіонального розвитку та підтримується інструментами міжнародних програм нарощування спроможності громад [3]. Окремим викликом є відновлення деокупованих територій, де інституційна та кадрова складові управління мають критичне значення для результативності стратегій [6].

Отже, інструменти стратегічного управління відновленням пошкоджених земель сільськогосподарського призначення формують комплексну систему, що поєднує стратегічне планування, фінансово-економічні механізми, інституційне регулювання та соціальну інклюзію. Їх інтеграція дозволяє трансформувати процес відновлення земель у складову довгострокової стратегії сталого розвитку сільських територій. У післявоєнний період саме стратегічна модель управління здатна забезпечити не лише відновлення земельних ресурсів, а й формування нової парадигми розвитку, заснованої на принципах екологічної відповідальності, економічної ефективності та соціальної згуртованості.

Список використаних джерел:

1. United Nations. Eradicating rural poverty to implement the 2030 Agenda for Sustainable Development: Resolution adopted by the General Assembly on 19 December 2024. A/RES/79/225. URL: <https://docs.un.org/en/A/RES/79/225>
2. United Nations. Transforming our world: the 2030 Agenda for Sustainable Development. A/RES/70/1. URL: <https://sustainabledevelopment.un.org/topics/ruraldevelopment/decisions>
3. Про затвердження Державної стратегії регіонального розвитку на 2021–2027 роки : Постанова Кабінету Міністрів України від 05.08.2020 № 695. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/695-2020-%D0%BF#Text>
4. Ластовченко П. В. Стратегія соціально-економічного розвитку сільських територій у період повоєнного відновлення. *Інвестиції: практика та досвід*. 2025. № 10. С. 195–201.
5. Ярошенко С. ФАО запускає дворічний план підтримки українських аграріїв на \$150 млн. Latifundist.com : вебсайт. URL: <https://latifundist.com/novosti/67320-fao-zapuskaye-dvorichnij-plan-pidtrimki-ukrayinskih-agrariyiv-na-150-mln>
6. Про схвалення Стратегії розвитку сільського господарства та сільських територій в Україні на період до 2030 року та затвердження операційного плану заходів з її реалізації у 2025–2027 роках : Розпорядження Кабінету Міністрів України від 15.11.2024 № 1163-р. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1163-2024-%D1%80#Text>

Анпілогов А.О., аспірант спеціальності С1 Економіка

(Національний технічний університет «Дніпровська політехніка» Дніпро, Україна)

СУЧАСНА ЕКОНОМІЧНА ПАРАДИГМА XXI СТОЛІТТЯ: ЦИФРОВІЗАЦІЯ, ДАНІ, УВАГА, МЕРЕЖІ ТА СТАЛИЙ РОЗВИТОК

Економічні трансформації початку XXI століття характеризуються появою нових системних принципів, які виходять за межі традиційних уявлень про ринки, виробництво й розподіл. В умовах цифровізації, глобальної взаємозалежності та інформаційного перенасичення відбувається поступова зміна самої логіки економічного розвитку. Важливішою особливістю сучасної економіки стає формування цифрових екосистем, що інтегрують технологічні, соціальні й когнітивні ресурси в єдині комунікаційно-економічні мережі. Такі системи функціонують не лише як інфраструктура обміну товарами та послугами, а як середовище постійного генерування, циркуляції й перетворення даних – нового стратегічного ресурсу економічного зростання.

У межах цієї парадигми дані, алгоритми та мережеві взаємодії стають ключовими факторами виробництва, що визначають ефективність рішень і конкурентоспроможність суб'єктів господарювання. Вони створюють умови для розвитку платформенної економіки, яка знижує транзакційні витрати, оптимізує обмін інформацією та забезпечує масштабованість послуг у глобальному цифровому середовищі. Разом з тим, цифрова трансформація супроводжується формуванням нових форм соціальної та економічної взаємодії – від економіки уваги, де когнітивний ресурс людини перетворюється на товар, до економіки даних, у якій інформаційні потоки визначають траєкторії розвитку.

Зростає значення мережевої логіки, що змінює традиційні ієрархічні структури управління на децентралізовані моделі співучасті, де цінність системи залежить від кількості та якості зв'язків між учасниками. Паралельно з цими процесами формується нормативна рамка сталого розвитку та ESG-підходів, які визначають етичні, соціальні й екологічні орієнтири економічної діяльності. У результаті цифрова економіка стає не лише технічною, а й соціальною екосистемою, у якій взаємодіють економічна ефективність, когнітивна залученість і відповідальність перед майбутніми поколіннями. Саме ця інтеграція визначає появу нової структури економічної раціональності, що поєднує інформаційно-аналітичну точність, гуманістичні цінності та екологічну стійкість у механізмах координації соціально-економічних систем [1].

Цифрові платформи виступають ключовим інституційним компонентом цієї трансформації. На відміну від класичних фірм або ринкових посередників, платформи функціонують як багатосторонні посередницькі системи, що об'єднують виробників, споживачів, постачальників даних і зовнішні сервіси. Платформений тип організації господарських процесів створює нові механізми ціноутворення, забезпечує умови для масштабованості цифрових послуг і зниження транзакційних витрат [1]. Компанії, такі як Google, Amazon, Alibaba чи Uber демонструють, що саме цифрова інфраструктура стає основою для зростання продуктивності, інновацій і підвищення глобальної конкурентоспроможності.

Одночасно з цим дані набувають статусу ключового ресурсу управління й стратегічного планування. Їхнє використання дозволяє формувати предиктивні моделі поведінки споживачів, аналізувати складні патерни транзакцій, оптимізувати ланцюги поставок і мінімізувати операційні ризики. Економіка даних підсилює значення алгоритмічного регулювання, автоматизації та аналітичної обробки інформації, перетворюючи дані на самостійний фактор виробництва нарівні з працею, капіталом і

технологією. Застосування Big Data помітно змінює способи управління організаціями, сприяючи переходу від реактивних до проактивних моделей прийняття рішень.

Не менш значущою складовою сучасної економічної реальності є економіка уваги, заснована на визнанні когнітивної обмеженості людини. Умовою інформаційного перенасичення увага аудиторії стає дефіцитним і високоцінним ресурсом, який визначає конкурентоспроможність цифрових сервісів і медіаіндустрій. Платформи соціальних мереж, стримінгові сервіси та рекомендаційні системи формують нову структуру попиту, в якій вирішальне значення має здатність залучити й утримати увагу користувача [2]. Алгоритми персоналізації, адаптивні стрічки й механізми залучення створюють нові форми медіаспоживання, змінюють структуру рекламних ринків і задають динаміку розвитку культурних і комунікаційних практик.

Паралельно з цифровізацією формується нормативна рамка сталого розвитку, яка задає нові орієнтири для державного регулювання й корпоративних стратегій. Концепції ESG (екологічне, соціальне та корпоративне управління), циркулярної економіки та кліматично орієнтованого управління акцентують увагу на необхідності поєднання економічної ефективності з екологічною збалансованістю і соціальною відповідальністю. Перехід до моделі сталого розвитку супроводжується інституційними інноваціями, зміною інвестиційних пріоритетів, виділенням «зелених» фінансових інструментів і формуванням довгострокових стратегій, орієнтованих на стабільність і мінімізацію негативних зовнішніх ефектів.

Нарешті, сучасна економіка дедалі більше набуває мережевого характеру. Економічні процеси розгортаються в умовах розподілених систем, у яких цінність товарів і послуг зростає зі збільшенням числа учасників (ефект мережі) [3]. Соціальні мережі, платформи спільного споживання, технології блокчейн та розподілені реєстри формують нові механізми координації й обміну, що за своєю природою відрізняються від традиційних ієрархічних моделей. Мережна логіка сприяє формуванню горизонтальних структур взаємодії, зниженню бар'єрів входу на ринки та появі нових форм економічної активності, заснованих на колективних, децентралізованих і гібридних формах участі.

Таким чином, сучасна економічна парадигма характеризується комплексною взаємозалежністю цифровізації, великих даних, уваги як економічного ресурсу, мережевої логіки та сталого розвитку. Ці напрями формують нову конфігурацію інститутів, механізмів і принципів економічної поведінки. Виникаюча модель економіки відзначається високою гнучкістю, опорою на інформаційні процеси, посиленням ролі алгоритмів і екологічно орієнтованих стратегій, що вимагає подальшого теоретичного осмислення та розробки нових аналітичних інструментів.

Список використаних джерел

1. Jullien B., Pavan A., Rysman M. Two-sided markets, pricing, and network effects (TSE Working Paper No. 21-1238). – Toulouse : Toulouse School of Economics, 2021. – 27 p.
2. Simon H. A. Designing organizations for an information-rich world. – Baltimore : Johns Hopkins University Press, 1971. – 125 p.
3. Veljanovski C. Network effects and two-sided markets [Електронний ресурс]. – London : SSRN, 2007. – Режим доступу : <https://ssrn.com/abstract=1023653> (дата звернення: 16.11.2025).

УДК 005.21:334.012.64:339.923

Білецький Я.О., аспірант спеціальності 073 Менеджмент**Науковий керівник: Сагайдак М.П., д.е.н., професор, завідувач кафедри менеджменту***(Київський національний економічний університет імені Вадима Гетьмана, м. Київ, Україна)*

ІНСТИТУЦІЙНА АДАПТАЦІЯ ТА СТРАТЕГІЧНІ НАПРЯМИ РОЗВИТКУ БІЗНЕС-ЕКОСИСТЕМ УКРАЇНИ В УМОВАХ ЄВРОІНТЕГРАЦІЇ

У сучасній економічній теорії бізнес-екосистеми розглядаються як форма організації економічної діяльності, що ґрунтується на взаємодії автономних, але взаємозалежних учасників, які спільно створюють цінність для кінцевого споживача. Саме такий підхід до аналізу економічних систем було запропоновано Дж. Муром [1], який розглядав компанії не як ізольованих конкурентів, а як учасників динамічних економічних спільнот, що розвиваються через процеси коеволюції. Подальший розвиток екосистемного підходу пов'язаний із дослідженнями М. Джейкобідеса, К. Ченнамо та А. Гавер [2], які запропонували розглядати бізнес-екосистему як структуру взаємодій між комплементарними організаціями, що координують свої дії для створення спільної цінності. У межах цього підходу ключову роль відіграє архітектура взаємозв'язків між учасниками та механізми їх координації.

Адаптація українських бізнес-екосистем до стандартів ЄС є складним багаторівневим процесом, що охоплює нормативно-правові, управлінські, технологічні та культурні трансформації. У практичному вимірі це означає поступовий перехід від локальних, часто неформалізованих моделей взаємодії до стандартизованих екосистемних практик, сумісних із правилами функціонування внутрішнього ринку ЄС. Ключовим вектором таких змін виступає гармонізація регуляторного середовища відповідно до положень Угоди про асоціацію Україна – ЄС та секторальних директив ЄС [3], які визначають рамки економічної інтеграції та адаптації законодавства України до правового доробку ЄС (*acquis communautaire*). Важливим елементом цього процесу є впровадження європейських стандартів корпоративного управління, комплаєнсу та звітності, що поширюються не лише на окремі компанії, а й на всю мережу екосистемних взаємозв'язків. У цьому контексті адаптація передбачає формалізацію ролей учасників екосистеми, запровадження процедур належної перевірки партнерів, гармонізацію контрактних відносин із правом ЄС, а також розвиток внутрішніх систем управління ризиками. Для українських бізнес-екосистем це означає поступовий перехід від реактивного менеджменту до проактивного, стандарт-орієнтованого управління.

Важливим каналом адаптації є міжнародні стратегічні партнерства, участь у європейських інноваційних програмах, а також інтеграція у транснаціональні ланцюги створення цінності. Саме через такі механізми українські екосистеми отримують доступ до фінансових ресурсів, технологічних знань і сучасних управлінських практик. Водночас процес інтеграції супроводжується певними асиметріями, зокрема різною швидкістю імплементації стандартів, дефіцитом експертних компетенцій та обмеженістю фінансових ресурсів. Це зумовлює потребу у формуванні цільових політик підтримки екосистемної інтеграції на рівні держави та міжнародних інституцій. З позицій сучасної теорії екосистем стратегія розвитку повинна враховувати архітектуру взаємодій між учасниками, роль платформних механізмів координації та механізми формування комплементарностей у процесі створення цінності [4].

Стратегічний розвиток бізнес-екосистем України у контексті євроінтеграції має ґрунтуватися на поєднанні екосистемного мислення, інституційної відповідності

європейським нормам та довгострокової конкурентної логіки. Першим пріоритетним напрямом є формування екосистемних стратегій розвитку, орієнтованих на спільне створення цінності, масштабування інновацій та координацію партнерських взаємодій. Такі стратегії передбачають інтеграцію цифрових платформ, розвиток стандартів взаємодії та створення механізмів розподілу ризиків між учасниками екосистеми. Другим стратегічним напрямом є розвиток бізнес-екосистем на засадах сталості, інклюзивності та ESG-орієнтованого управління. У європейській економічній парадигмі екосистема розглядається не лише як економічна структура, а і як соціально-екологічний простір взаємодії. Для України це означає інтеграцію принципів сталого розвитку у функціонування екосистем із урахуванням потреб післявоєнної відбудови, соціальної згуртованості та екологічних викликів. Відповідність екосистем принципам ESG стає важливим чинником доступу до фінансування, партнерських мереж і ринків ЄС. Третім напрямом виступає інституційна підтримка екосистемного розвитку, що включає державну політику, регіональні ініціативи та участь міжнародних організацій. Йдеться про створення сприятливого регуляторного середовища, розвиток інноваційної інфраструктури, підтримку кластерів і цифрових платформ, а також стимулювання інноваційної кооперації між учасниками ринку. У довгостроковій перспективі саме здатність України формувати зрілі та керовані бізнес-екосистеми, сумісні з вимогами ЄС, визначатиме її позиції у європейському економічному просторі та рівень конкурентоспроможності у післявоєнний період.

Отже, у сучасному розумінні європейська інтеграція виступає не лише процесом геоекономічного зближення ринків, а передусім процесом інституційної та регуляторної конвергенції, що змінює правила створення та розподілу цінності у бізнес-екосистемах. Інституційною основою цих процесів є Угода про асоціацію Україна - ЄС, яка визначає стратегічну траєкторію інтеграції України до європейського економічного простору та формує нормативну рамку гармонізації економічних і регуляторних практик [3].

Таким чином, адаптація українських бізнес-екосистем до стандартів ЄС є комплексним процесом інституційної, управлінської та технологічної трансформації, що передбачає гармонізацію регуляторного середовища, впровадження стандартів корпоративного управління та розвиток систем комплаєнсу. Стратегічний розвиток бізнес-екосистем у контексті євроінтеграції має ґрунтуватися на поєднанні екосистемного мислення, цифрових платформ, міжнародних партнерств та ESG-орієнтованих підходів до управління. У довгостроковій перспективі саме здатність формувати зрілі, керовані та інституційно сумісні з ЄС бізнес-екосистеми визначатиме конкурентоспроможність України та її ефективну інтеграцію до європейських ланцюгів створення цінності.

Список використаних джерел:

1. Moore, J. F. (1993). Predators and prey: A new ecology of competition. *Harvard Business Review*. URL: <https://hbr.org/1993/05/predators-and-prey-a-new-ecology-of-competition>
2. Jacobides, M. G., Cennamo, C., & Gawer, A. (2018). Towards a theory of ecosystems. *Strategic Management Journal*, 39, 1-32. DOI: [10.1002/smj.2904](https://doi.org/10.1002/smj.2904)
3. European Union. (2014). *EU-Ukraine Association Agreement*. URL: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX%3A52011IP0545&qid=1772873733697>
4. Лемешко М.О. (2021) Сутність та особливості формування екосистем бізнесу в новій економіці. *Економіка та суспільство*. 34(2021). DOI: <https://doi.org/10.32782/2524-0072/2021-34-49>. URL: <https://economyandsociety.in.ua/index.php/journal/article/download/1012/970/>

УДК 330.341.1

Кривий І.О., аспірант

(Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара, м. Дніпро, Україна)

ЛЮДСЬКИЙ ПОТЕНЦІАЛ ПІДПРИЄМСТВ ПРОМИСЛОВОСТІ В УМОВАХ ВІЙНИ ТА ЦИФРОВОЇ ТРАНСФОРМАЦІЇ

Розвиток людського потенціалу в промисловості за умов війни, цифровізації та інноваційної трансформації набуває стратегічного значення для збереження виробничої стійкості, технологічної конкурентоспроможності та повоєнного відновлення економіки. У сучасних умовах людський потенціал слід розглядати не лише як сукупність професійних знань, навичок і компетентностей працівників, а як ключовий ресурс адаптації підприємства до безпекових, технологічних і організаційних викликів. Саме якість трудових ресурсів, здатність до швидкого навчання, цифрова грамотність, інноваційна активність і психологічна стійкість персоналу визначають можливості промислових підприємств підтримувати безперервність діяльності в умовах високої невизначеності. Оцінити структурні зрушення у промисловій зайнятості та тенденції розвитку технологічно складних видів виробництва можна аналізуючи частку працівників, зайнятих на підприємствах, які належать до високо- та середньовисокотехнологічних секторів переробної промисловості (рис. 1).

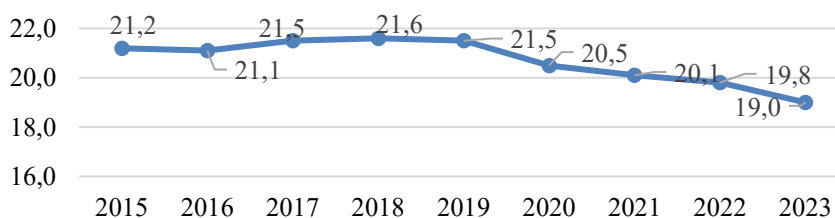


Рис. 1. Частка працівників, зайнятих на підприємствах, які належать до високо- та середньовисокотехнологічних секторів переробної промисловості, у загальній кількості зайнятих працівників у промисловості в 2015-2023 рр., % [1]

Дані свідчать, що у 2015-2019 рр. показник залишався відносно стабільним у межах 21,1-21,6 %, з максимальним значенням у 2018 р. Починаючи з 2020 р., простежується стійка низхідна тенденція: частка скоротилася з 20,5 % у 2020 р. до 19,0 % у 2023 р. Загалом за досліджуваний період зниження становило 2,2 в.п. порівняно з 2015 р. і 2,6 в.п. відносно пікового значення 2018 р. Така динаміка свідчить про послаблення ролі високотехнологічних сегментів у структурі промислової зайнятості та поглиблення структурних дисбалансів у промисловості.

Воєнний стан суттєво змінив умови функціонування промисловості. Підприємства стикаються з фізичним руйнуванням виробничих потужностей, логістичними обмеженнями, дефіцитом кадрів, міграцією населення, мобілізаційними процесами та зростанням психоемоційного навантаження на працівників. За таких обставин людський потенціал втрачає ознаки стабільного ресурсу і перетворюється на динамічну систему, що потребує постійного відновлення, підтримки та розвитку. Традиційні підходи до управління персоналом, орієнтовані переважно на адміністративний контроль і вузьку спеціалізацію, виявляються недостатніми. Їм на зміну приходить модель, заснована на гнучкості, міжфункціональності, інтенсивному навчанні та залученні працівників до процесів змін.

Цифровізація промисловості посилює потребу в оновленні змісту людського потенціалу. Автоматизація виробничих процесів, використання систем моніторингу,

цифрових платформ управління, аналітики даних і елементів штучного інтелекту змінюють вимоги до працівника промислового підприємства. Зростає значення цифрових компетентностей, навичок роботи з інформаційними системами, здатності взаємодіяти з автоматизованим обладнанням і приймати рішення на основі даних. Водночас цифрова трансформація не знижує ролі людини, а змінює її функції: від виконання стандартизованих операцій до контролю, налаштування, аналізу та вдосконалення виробничих процесів. Отже, розвиток людського потенціалу передбачає не лише професійну підготовку, а й формування здатності до безперервного перенавчання.

Інноваційна трансформація промисловості, своєю чергою, висуває вимогу до розвитку креативного, адаптивного та відповідального працівника. Інновації виникають не лише внаслідок технічного оновлення, а й завдяки організаційній культурі, що підтримує ініціативність, горизонтальну взаємодію, швидкий обмін знаннями та готовність до експерименту. У цьому контексті людський потенціал стає основою інноваційної спроможності підприємства. Працівник більше не є пасивним виконавцем виробничих завдань, а виступає носієм практичного досвіду, джерелом раціоналізаторських рішень і учасником технологічних змін. Відтак управління людським потенціалом має бути інтегрованим у загальну стратегію інноваційного розвитку підприємства.

В умовах війни працівники потребують нових компетентностей, належного рівня. Ефективна політика розвитку людського потенціалу в промисловості має спиратися на кілька пріоритетів. По-перше, йдеться про формування системи безперервного навчання, зорієнтованої на швидке оновлення компетентностей відповідно до технологічних змін. По-друге, важливим є розвиток внутрішньої мобільності персоналу, що дає змогу перерозподіляти трудові ресурси залежно від виробничих потреб і кризових обставин [2]. По-третє, необхідне поглиблення співпраці між підприємствами, закладами освіти та центрами професійної підготовки для синхронізації освітніх програм із реальними потребами промисловості. По-четверте, пріоритетом має стати створення мотиваційного середовища, у якому працівник зацікавлений у підвищенні кваліфікації, участі в інноваційних процесах і довгостроковій взаємодії з підприємством.

Отже, в умовах війни, цифровізації та інноваційної трансформації людський потенціал стає центральним чинником збереження та модернізації промисловості. Його розвиток є не допоміжним напрямом кадрової роботи, а стратегічною умовою економічної стійкості, технологічного оновлення та формування нової моделі промислового розвитку [3]. Для України це питання має економічне та суспільне значення, оскільки якість людського потенціалу визначатиме спроможність промислового сектору забезпечити відновлення, конкурентоспроможність і довгострокову безпеку держави.

Список використаних джерел

1. Укрстат. Частка працівників, зайнятих на підприємствах, які належать до високо- та середньо- високотехнологічних секторів переробної промисловості...URL: <https://sdg.ukrstat.gov.ua/uk/9-4-3/>
2. Bessonova A., Bieloborodova M., Bezuhla L., Kulinska A., Ashcheulova O. Personnel potential of industrial enterprises: formation and management. *Naukovyi Visnyk Natsionalnoho Hirnychoho Universytetu*. 2024, № 3. P. 163-170. <https://doi.org/10.33271/nvngu/2024-3/163>
3. Herasymenko T., Bieloborodova M., Bezuhla L., Atamas O., Makukha Yu. The role of the institutional environment in regulating innovative activities in the industry. *Naukovyi Visnyk Natsionalnoho Hirnychoho Universytetu*. 2025. № 5. P. 142-152. <https://doi.org/10.33271/nvngu/2025-5/142>

УДК 657:336.1

Сурган В.В., здобувач вищої освіти другого рівня спеціальності D1 Облік і оподаткування

Науковий керівник: Бессонова С.І., к.е.н., професор, професор кафедри фінансів, обліку і банківської справи

(ДВНЗ «Приазовський державний технічний університет» м. Дніпро, Україна)

АНАЛІЗ СТАНУ ГАРМОНІЗАЦІЇ ФІНАНСОВОЇ ЗВІТНОСТІ В УКРАЇНІ, ПЕРСПЕКТИВИ ЇЇ РОЗВИТКУ І УДОСКОНАЛЕННЯ В СИСТЕМІ АУДИТУ ТА КОНТРОЛЮ

У сучасних умовах трансформації світової економіки, що характеризуються поглибленням глобалізаційних процесів та інтенсифікацією міжнародної фінансово-економічної інтеграції, фінансова звітність набуває статусу ключового інституційного механізму забезпечення інформаційної прозорості та ефективності функціонування ринків капіталу. Вона виступає не лише як результат облікового процесу, а як складний інформаційно-аналітичний конструкт, що формує основу для прийняття управлінських, інвестиційних та регуляторних рішень. Особливої актуальності в умовах інтеграції України до європейського та світового економічного простору набуває проблема гармонізації фінансової звітності з міжнародними стандартами. Від рівня узгодженості національної облікової системи з концептуальними засадами міжнародних стандартів фінансової звітності залежить ступінь довіри інвесторів, ефективність функціонування фінансових ринків та конкурентоспроможність національних суб'єктів господарювання. Метою дослідження є теоретико-методологічне обґрунтування сутності фінансової звітності та визначення ключових напрямів її гармонізації з міжнародними стандартами в умовах інституційної трансформації економіки України.

Фінансова звітність у сучасній економічній науці розглядається як складний багаторівневий інформаційний конструкт, що формується в межах інституційного середовища та відображає економічні процеси діяльності підприємства. З позицій інституційної теорії бухгалтерський облік і фінансова звітність виконують функцію механізму координації економічних відносин, сприяючи зниженню трансакційних витрат та інформаційної асиметрії. Концептуальні основи міжнародних стандартів фінансової звітності базуються на принципово-орієнтованому підході, що передбачає: превалювання економічного змісту над формою; використання професійного судження; орієнтацію на потреби інвесторів. Гармонізація фінансової звітності є процесом узгодження національних стандартів з міжнародними вимогами з метою забезпечення порівнюваної фінансової інформації. Вона відрізняється від стандартизації тим, що допускає адаптацію стандартів до національних умов. Суттєвою характеристикою сучасної фінансової звітності є її орієнтація на задоволення інформаційних потреб інвесторів як основних поставачальників фінансового капіталу. У межах концептуальних основ міжнародних стандартів фінансової звітності акцент зміщується від фіскальної функції обліку до інвестиційно-аналітичної. Це обумовлює трансформацію підходів до оцінки активів і зобов'язань, зокрема поширення концепції справедливої вартості.

Використання справедливої вартості забезпечує підвищення релевантності фінансової інформації, однак водночас породжує проблему зниження її достовірності у випадках відсутності активних ринків. У таких умовах оцінка базується на професійному судженні, що підвищує ризик суб'єктивізму та ускладнює процес верифікації даних. З методологічної точки зору фінансова звітність є результатом компромісу між вимогами достовірності та релевантності інформації. Саме баланс цих характеристик визначає ефективність функціонування облікової системи в умовах ринкової економіки.

Впровадження міжнародних стандартів фінансової звітності в Україні супроводжується рядом системних проблем, що мають інституційний, методологічний та організаційний характер. Ключовою проблемою є домінування податково-орієнтованої моделі обліку, що обмежує функціональне призначення фінансової звітності як інструменту для інвесторів. Суттєвим стримуючим фактором є також: недостатній рівень професійної підготовки; обмежена методологічна база; нестабільність нормативного середовища

Таблиця 1

Порівняльна характеристика фінансової звітності в Україні та ЄС

Критерій	Україна	Європейський Союз
Модель обліку	Нормативно-орієнтована х поступовим переходом до принципово-орієнтованої	Принципово-орієнтована з елементами національної адаптації
Застосування МСФЗ	Обов'язкове для публічних підприємств, вибірково для інших	Обов'язкове для компаній, цінні папери які обертається на регульованих ринках
Роль професійного судження	Обмежена, з тенденцією до зростання	Висока, ключовий елемент облікової практики
Розкриття інформації	Формально регламентоване, часто мінімальне	Чітке інституційне розмежування
Податковий вплив	Значний вплив	Мінімальний вплив

Аналіз показує, що гармонізація має формальний характер без повноцінної інтеграції принципів МСФЗ у практику. Додатковим фактором, що впливає на процес гармонізації фінансової звітності в Україні, є асинхронність розвитку національного законодавства та міжнародних стандартів. Постійне оновлення МСФЗ вимагає оперативного реагування з боку державних органів, що на практиці не завжди забезпечується. Важливою проблемою є також недостатній рівень цифровізації фінансової звітності. У країнах Європейського Союзу активно застосовуються електронні формати подання звітності, зокрема XBRL, що забезпечує підвищення її доступності та аналітичної обробки. В Україні цей процес перебуває на стадії становлення. Суттєвим аспектом є інституційна довіра до фінансової звітності. Вона формується не лише через дотримання стандартів, але й через ефективність системи аудиту та контролю. Недостатній рівень розвитку цих інститутів знижує довіру до фінансової інформації навіть за умов формального дотримання МСФЗ.

Удосконалення процесу гармонізації фінансової звітності доцільно розглядати як еволюційний процес, що передбачає поетапну адаптацію міжнародних стандартів до національних умов. У цьому контексті особливого значення набуває концепція селективної інтеграції, яка передбачає не механічне запозичення стандартів, а їх адаптацію з урахуванням рівня розвитку економіки. З позицій причинно-наслідкового аналізу можна встановити, що: недостатній рівень розвитку фінансових ринків, цим самим обмежує застосування справедливої вартості; низький рівень кваліфікації, що знижує якість фінансової звітності; нестабільність законодавства, що ускладнює гармонізацію; Перспективним напрямом є впровадження інтегрованої звітності, яка поєднує фінансові та нефінансові показники діяльності підприємства. Це дозволяє більш повно відобразити його економічний потенціал та ризики. Також, удосконалення гармонізації повинно здійснюватися на основі системного підходу, більш детально на таблиці 2.

Використовуючи цю модель, можна отримати результати, такі як: підвищення прозорості, зменшення інформаційної асиметрії, зростання інвестиційної привабливості.

У результаті проведеного дослідження теоретичних та практичних аспектів

фінансової звітності та її гармонізації з міжнародними стандартами сформульовано такі узагальнюючі висновки. Встановлено, що фінансова звітність у сучасних умовах розвитку економіки виконує не лише облікову, але й важливу інформаційно-аналітичну функцію. Вона виступає ключовим інструментом забезпечення прозорості діяльності підприємств, формування довіри з боку інвесторів та прийняття ефективних управлінських рішень.

Таблиця 2

Авторська концептуальна модель гармонізації фінансової звітності

Рівень	Показники
Нормативно-правовий	Гармонізація законодавства
	Розмежування податкового і бухгалтерського обліку
Методологічний	Адаптація принципів МСФЗ
	Використання справедливої ціни
Інституційний	Розвиток аудиту
	Єдине тлумачення стандартів
Професійний	Підвищення кваліфікації
	Розвиток професійного судження

Доведено, що її роль суттєво зростає в умовах глобалізації та інтеграції фінансових ринків. У ході дослідження теоретико-методологічних засад встановлено, що міжнародні стандарти фінансової звітності базуються на принципово-орієнтованому підході, який забезпечує гнучкість облікової системи та її адаптивність до різних економічних умов. Водночас застосування такого підходу потребує високого рівня професійного судження, що підвищує вимоги до кваліфікації бухгалтерів і аудиторів. Доведено, що гармонізація фінансової звітності є складним багаторівневим процесом, який охоплює не лише формальне впровадження міжнародних стандартів, а й трансформацію інституційного середовища, методологічних підходів та професійної практики. Встановлено, що гармонізація відрізняється від стандартизації тим, що допускає збереження національних особливостей облікової системи. Аналіз сучасного стану гармонізації фінансової звітності в Україні показав наявність системних проблем, які стримують ефективне впровадження МСФЗ. До основних з них віднесено: домінування податково-орієнтованого підходу до ведення обліку; недостатній рівень професійної підготовки фахівців; нестабільність та суперечливість нормативно-правового забезпечення; обмежений рівень розкриття фінансової інформації. Встановлено, що зазначені проблеми призводять до формального характеру застосування міжнародних стандартів та знижують якість фінансової звітності. Визначено, що важливим фактором ефективної гармонізації є розвиток інституційного середовища, зокрема системи незалежного аудиту, професійних організацій та механізмів контролю за якістю фінансової звітності. Доведено, що без належного інституційного забезпечення впровадження МСФЗ не забезпечує очікуваного результату. У роботі обґрунтовано необхідність комплексного підходу до гармонізації фінансової звітності, який передбачає узгодження нормативних, методологічних та організаційних аспектів. Запропоновано концептуальну модель гармонізації, що включає нормативний, методологічний, інституційний та професійний рівні. Особливістю моделі є врахування взаємозв'язку між цими елементами та їх впливу на якість фінансової інформації. Встановлено, що перспективним напрямом розвитку є впровадження сучасних інформаційних технологій у процес формування фінансової звітності, що дозволить підвищити її оперативність, точність та доступність для користувачів. Зокрема, використання електронних форматів звітності сприятиме підвищенню рівня прозорості та аналітичності даних.

Узагальнюючи результати дослідження, можна зробити висновок, що гармонізація фінансової звітності з міжнародними стандартами є необхідною умовою підвищення

конкурентоспроможності національної економіки, залучення іноземних інвестицій та інтеграції України у світовий економічний простір. Практичне значення отриманих результатів полягає у можливості використання запропонованих підходів для вдосконалення системи фінансової звітності підприємств, підвищення її якості та відповідності міжнародним вимогам.

Список використаних джерел

1. Про бухгалтерський облік та фінансову звітність в Україні: Закон України від 16.07.99 р. № 996-XIV. Редакція від 10 серпня 2022. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/go/996-14>.
2. Міжнародний стандарт бухгалтерського обліку 1 (МСБО 1). Подання фінансової звітності. URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/929_013#Text.

Гуманітарні науки

УДК 008:004.9

Андрєєв С.С., керівник гуртка**Гризлов В.С., вихованець гуртка «Географічне краєзнавство»***(Комунальний заклад «Харківський обласний центр туризму, краєзнавства, спорту та екскурсій учнівської молоді» Харківської обласної ради, м. Харків, Україна)*

ЦИФРОВА ГУМАНІТАРНИСТИКА: НОВІ МЕТОДИ ЗБЕРЕЖЕННЯ КУЛЬТУРНОЇ СПАДЩИНИ

Сучасна епоха характеризується радикальною трансформацією способів буття культури, що зумовлено тотальною діджиталізацією інформаційного простору. Цифрова гуманітаристика постає як міждисциплінарна галузь, що інтегрує обчислювальні методи з класичними гуманітарними дисциплінами, формуючи нову епістемологічну платформу для дослідження та збереження культурної спадщини. Актуальність даної проблематики посилюється в контексті глобальних викликів, де цифрова консервація стає єдиним дієвим механізмом захисту пам'яті людства від фізичного знищення, природної деградації та соціокультурної ентропії. Наукова новизна роботи полягає в комплексному аналізі синергії інтелектуальних систем та артефактів минулого як стратегічного ресурсу сталого розвитку суспільства.

Фундаментальним вектором розвитку цифрової гуманітаристики є перехід від простої фіксації об'єктів до створення інтелектуальних цифрових екосистем. Методологія дослідження базується на принципах системного підходу, де об'єкт культурної спадщини розглядається як багатовимірний інформаційний вузол. Основним методом виступає високоточна оцифровка, яка в сучасних умовах трансформувалася у створення «цифрових двійників». На відміну від статичних 3D-моделей, цифрові двійники архітектурних об'єктів або артефактів, включають динамічні дані про стан матеріалів, мікрокліматичні умови та структурні зміни [1].

Застосування технологій лазерного сканування у поєднанні з багатоспектральною фотограмметрією дозволяє досягти рівня деталізації, що перевищує поріг сприйняття людського ока. Це створює підґрунтя для неінвазивної діагностики. Так дослідники можуть аналізувати внутрішні напруження в готичних склепіннях або ідентифікувати мікротріщини у скульптурних композиціях, не вступаючи у фізичний контакт з об'єктом. Таким чином, цифрова гуманітаристика реалізує превентивну стратегію збереження [2], де математичне моделювання виступає інструментом прогнозування руйнації.

Особливе місце у структурі сучасних методів збереження займають технології штучного інтелекту та машинного навчання. В умовах експоненціального зростання обсягів оцифрованої інформації класичні методи каталогізації виявляються недостатніми. Нейронні мережі глибокого навчання сьогодні здатні до автоматизованої атрибуції та класифікації величезних масивів архівних документів та музейних фондів. Алгоритми комп'ютерного зору ефективно ідентифікують стилістичні особливості живопису, виявляючи закономірності, що вислизують від суб'єктивного погляду мистецтвознавця.

Більше того, використання методів обробки природної мови дозволяє реконструювати втрачені текстові джерела. Цифрова палеографія, спираючись на статистичні моделі мови та аналіз палеографічних ознак, успішно дешифрує пошкоджені папіруси та середньовічні палімпсести [3]. Це відкриває доступ до пластів культури, які раніше вважалися безповоротно втраченими. Семантичний аналіз у цифровому середовищі дозволяє будувати складні онтології знань, де кожен артефакт інтегрується в глобальну мережу історичних контекстів, забезпечуючи інтелектуальну цілісність світової спадщини.

Збереження культурної спадщини не обмежується лише консервацією її матеріальної форми. Воно передбачає актуалізацію її смислів у свідомості сучасника. Технології віртуальної та доповненої реальності стають потужним методом ревіталізації об'єктів, що зазнали руйнування. Віртуальна реконструкція втрачених архітектурних ансамблів дозволяє не просто візуалізувати їхній вигляд, а й відтворити акустичне, світлове та просторове середовище минулих епох [4].

Такі імерсивні методи створюють ефект присутності, що є критично важливим для збереження нематеріальної спадщини – обрядів, мовних практик, музичних традицій. Цифрова гуманітаристика перетворює статичний архів на динамічний простір комунікації, де користувач стає активним учасником процесу інтерпретації історії. Це сприяє демократизації доступу до культурних цінностей, долаючи географічні та соціальні бар'єри.

Важливим компонентом наукового дискурсу в галузі цифрової гуманітаристики є осмислення ризиків, пов'язаних із цифровою формою збереження. Питання автентичності «цифрової копії» та її співвідношення з «аурою» оригіналу (за В. Беньяміном) залишається предметом гострих дискусій. В умовах поширення технологій генеративного ШІ виникає загроза створення псевдоісторичних артефактів, що вимагає розробки жорстких протоколів верифікації та цифрового провансу.

Проблема «цифрової темряви», тобто потенційної втрати даних через застарівання форматів та деградацію носіїв, є одним із головних викликів для цифрової гуманітаристики. Розробка стратегій постійної міграції даних та використання відкритих стандартів є необхідною умовою виживання цифрової спадщини. Сучасна наука шукає відповіді у біотехнологічних методах та децентралізованих хмарних архітектурах, що забезпечують надлишковість та географічний розподіл даних.

Отже, цифрова гуманітаристика репрезентує собою якісно новий етап у розвитку цивілізаційних стратегій збереження пам'яті. Інтеграція методів комп'ютерних наук у гуманітарну сферу дозволяє не лише ефективно консервувати матеріальні об'єкти, а й розкривати приховані семантичні зв'язки, що конституують сутність культури. Перехід до «розумного збереження» через використання штучного інтелекту, великих даних та імерсивних технологій забезпечує життєздатність культурної спадщини в епоху глобальних трансформацій. Подальші дослідження у цьому напрямку мають зосереджуватися на створенні захищених інтероперабельних платформ, які б гарантували цілісність та доступність інтелектуального надбання людства для майбутніх поколінь, базуючись на засадах академічної свободи та етичної відповідальності.

Список використаних джерел:

1. Remondino F., Rizzi A. Reality-based 3D documentation of world heritage sites: challenges and workflows. *22nd CIPA Symposium, October 11-15, 2009, Kyoto, Japan*. 2009. URL: https://www.cipaheritagedocumentation.org/wp-content/uploads/2018/12/Remondino-Rizzi-Reality-Based-3D-Documentation-of-World-Heritage-Sites_Methodologies-Problems-and-Examples.pdf (дата звернення: 11.11.2025).
2. Schreibman S., Siemens R., Unsworth J. *A New Companion to Digital Humanities*. Chichester : Wiley-Blackwell, 2015. 584 p. DOI: [10.1002/9781118680605](https://doi.org/10.1002/9781118680605)
3. Kenderdine S. Embodiment, Digital Heritage and the Museum. *Global Art World*. 2019. № 3. P. 45–59. DOI: [10.1002/9781118680605.ch2](https://doi.org/10.1002/9781118680605.ch2) / .
4. Benjamin W. *The Work of Art in the Age of Its Technological Reproducibility*. URL: https://monoskop.org/images/6/6d/Benjamin_Walter_1936_2008_The_Work_of_Art_in_the_Age_of_Its_Technological_Reproducibility_Second_Version.pdf (дата звернення: 20.12.2025).

УДК 94:316.42

Андрєєв С.С., керівник гуртка**Лесяк Д.А., вихованець гуртка «Географічне краєзнавство»***(Комунальний заклад «Харківський обласний центр туризму, краєзнавства, спорту та екскурсій учнівської молоді» Харківської обласної ради, м. Харків, Україна)*

ІСТОРИЧНА ПАМ'ЯТЬ ЯК ІНСТРУМЕНТ КОНСОЛІДАЦІЇ СУЧАСНОГО СУСПІЛЬСТВА

У системі координат транзитивного суспільства феномен історичної пам'яті постає не лише як ретроспективна рефлексія минулого, а як динамічний архітектор соціальної реальності. Процеси глобалізації, цифровізації та загострення геополітичних антагонізмів вимагають переосмислення меморіальної спадщини як базису національної безпеки та соціальної гомогенності. Актуальність дослідження зумовлена необхідністю кристалізації інтеграційних наративів, здатних забезпечити стійку консолідацію соціуму перед обличчям внутрішніх диференціацій та зовнішніх деструктивних впливів.

Консолідація в даному контексті розглядається не як примусова уніфікація поглядів, а як досягнення високого рівня суспільної солідарності на основі спільно поділених цінностей, що випливають з колективного досвіду. Історична пам'ять стає тією семантичною платформою, на якій вибудовується довіра та визначається вектор майбутнього розвитку держави.

Фундаментальним підґрунтям аналізу історичної пам'яті є концепція «колективної пам'яті» Моріса Хальбвакса [1], який довів, що спогад є соціально обумовленим конструктом. Пам'ять не є пасивним дзеркалом минулих подій. Вона являє собою активну реконструкцію, що здійснюється під тиском потреб сучасності. П'єр Нора, запровадивши термін «місця пам'яті», акцентував на тому, що в епоху прискореної історії спільнота потребує певних опорних точок – символів, об'єктів чи подій, які втілюють ідентичність [2].

У сучасному науковому дискурсі важливо розрізняти комунікативну пам'ять та культурну пам'ять. Саме культурна пам'ять, за Яном Ассманом [3], забезпечує тяглість поколінь та формує «символічний капітал» нації. Консолідуючий потенціал цієї форми пам'яті полягає у здатності перетворювати розрізнені факти на цілісний міф, у позитивному значенні цього слова, як структурований наратив про походження, випробування та здобутки народу.

В умовах гібридних загроз особливої ваги набуває концепція мнемонічної безпеки. Історична пам'ять стає об'єктом маніпуляцій та інструментом дестабілізації.

Консолідація суспільства неможлива без деконструкції ворожих історичних міфів, спрямованих на делегітимізацію державності. Створення власного, суб'єктного історичного наративу, що базується на академічній доброчесності та науковій верифікації [4], є запорукою когнітивної стійкості громадян. Консолідація навколо правдивого, хоча часом і складного минулого, створює імунітет проти зовнішніх ідеологічних інтервенцій.

Історична пам'ять виступає невичерпним джерелом етичних імперативів. Комеморація подій, що пов'язані з боротьбою за свободу, самовизначення та демократичні цінності, формує аксіологічний каркас суспільства. Героїчний наратив виконує функцію соціальної педагогіки, пропонуючи зразки поведінки в кризові моменти.

Водночас, критично важливим для консолідації є опрацювання травматичного досвіду. Спільне проживання трагедій минулого, їх визнання та меморіалізація [5] дозволяють трансформувати соціальну травму в ресурс солідарності та емпатії [6].

Процес примирення з власним минулим є необхідною умовою внутрішнього діалогу між різними соціальними групами, що врешті-решт призводить до зміцнення суспільної згоди.

Практичне втілення консолідації відбувається через систему комеморативних практик [7]. Ритуалізація пам'яті через державні свята, дні вшанування, музейні експозиції, створює простір для спільного переживання історії. У цьому контексті музей постає не просто як сховище артефактів, а як комунікативний хаб, де відбувається інтерпретація минулого через призму викликів сьогодення.

Сучасні технології розширюють можливості меморіалізації. Цифрова пам'ять, віртуальні меморіали та інтерактивні архіви дозволяють залучати нові покоління до процесу збереження культурного коду. Це забезпечує партисипативний характер консолідації [8], де кожен громадянин відчуває себе причетним до творення національної біографії.

Державна політика пам'яті має базуватися на принципах інклюзивності та наукової об'єктивності. Наукова спільнота повинна бути авангардом у розробці консолідуючих концепцій, які б не виключали досвід окремих груп, а інтегрували їх у загальнонаціональну картину.

Ефективна політика пам'яті нівелює конфлікти ідентичностей, пропонуючи таку інтерпретацію минулого, яка б підкреслювала спільність історичної долі та стратегічних цілей. Консолідація на цій основі стає фундаментом для соціального капіталу, тобто рівня довіри між громадянами та державними інституціями.

Отже, слід констатувати, що історична пам'ять є складним, але надзвичайно ефективним інструментом консолідації сучасного суспільства. Вона виконує роль фундаменту, на якому зводиться будівля національної ідентичності. В умовах сучасних викликів, системна робота з минулим – це не лише данина традиції, а й стратегічна інвестиція у майбутнє.

Консолідоване суспільство, що спирається на глибоке розуміння свого історичного шляху, здатне демонструвати високу резистентність до будь-яких криз. Історична пам'ять перетворює масу на народ, а територію – на Батьківщину. Подальші дослідження у цьому напрямку повинні зосереджуватися на пошуку нових комеморативних форм, які б відповідали запитам цифрового суспільства, не втрачаючи при цьому своєї глибинної ціннісної суті.

Список використаних джерел:

1. Halbwachs M. On Collective Memory. Chicago: University of Chicago Press, 1992. 254 p.
2. Nora P. Between Memory and History: Les Lieux de Mémoire. *Representations*. 1989. No. 26. P. 7–24.
3. Assmann J. Cultural Memory and Early Civilization: Writing, Remembrance, and Political Imagination. Cambridge: Cambridge University Press, 2012. 319 p. <https://doi.org/10.1017/CBO9780511996306>
4. Ricoeur P. Memory, History, Forgetting. Chicago: University of Chicago Press, 2004. 664 p.
5. Про увічнення перемоги над нацизмом у Другій світовій війні 1939-1945 років : Закон України від 09.04.2015 № 315-VIII. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/315-19#Text> (дата звернення: 11.12.2025).
6. Alexander J. C. Trauma: A Social Theory. Cambridge: Polity Press, 2012. 240p.
7. Erll A. Memory in Culture. Basingstoke: Palgrave Macmillan, 2011. 214 p.
8. Olick J. K., Vinitzky-Seroussi V., Levy D. The Collective Memory Reader. Oxford: Oxford University Press, 2011. 520 p.

Андрєєв С.С., керівник гуртка

Лобас А.А., вихованка гуртка «Географічне краєзнавство»

(Комунальний заклад «Харківський обласний центр туризму, краєзнавства, спорту та екскурсій учнівської молоді» Харківської обласної ради, м. Харків, Україна)

ТРАНСФОРМАЦІЯ СОЦІОКУЛЬТУРНОЇ ІДЕНТИЧНОСТІ В УМОВАХ ГЛОБАЛЬНОЇ ЦИФРОВІЗАЦІЇ

Сучасний етап розвитку цивілізації характеризується фундаментальними змінами в архітектоніці соціального буття, що зумовлені інтенсивною дифузією цифрових технологій у всі сфери життєдіяльності людини [1]. Глобальна цифровізація виступає не просто як технологічний апгрейд інструментарію комунікації, а як потужний онтологічний чинник, що детермінує радикальну трансформацію соціокультурної ідентичності [2]. В умовах формування мережевого суспільства традиційні механізми ідентифікації, засновані на територіальній близькості, етнічній належності та тяглоті культурної традиції, поступаються місцем новим, флюїдним та децентрованим формам самопрезентації суб'єкта [3].

Актуальність даної проблеми зумовлена постановкою феномену «цифрового індивіда», чий існування розгортається у гібридній реальності, де межа між фізичним та віртуальним нівелюється [4]. Цифровізація створює нове середовище соціокультурної динаміки, у якому ідентичність перестає бути статичним конструктом, набуваючи ознак проєктивності, мультимодальності та рефлексивної варіативності.

Центральним аспектом трансформації ідентичності є перехід від лінійної до мережевої структури соціальних зв'язків. У доцифрову епоху ідентичність формувалася переважно в межах «локальних світів», таких як сім'я, громада, нація. Сьогодні ж глобальні цифрові платформи виступають універсальними медіаторами, що інтегрують індивіда у глобальний соціокультурний контекст, часто ігноруючи географічні та державні кордони. Це призводить до явища «культурної детериторіалізації», коли суб'єкт може ідентифікувати себе зі спільнотами, які не мають фізичного втілення, але існують у просторі потоків.

Процес цифровізації ініціює амбівалентні тенденції. З одного боку, спостерігається уніфікація культурних кодів під впливом глобальних технологічних гігантів, що загрожує розмиванням унікальних етнокультурних ідентичностей. З іншого боку, цифрові медіа надають інструментарій для презервації та актуалізації нішевих культур, стимулюючи процеси глокалізації [5], де глобальні тенденції адаптуються до локальних потреб.

Важливою характеристикою цифрової трансформації ідентичності є її перформативний характер. У соціальних мережах та метавсесвітах індивід отримує можливість конструювати множинні «Self-проєкції» [6], які можуть суттєво відрізнятися від його фізичного образу. Це породжує феномен «протейної ідентичності», тобто здатності суб'єкта легко змінювати ролі, маски та ціннісні орієнтації залежно від контексту віртуальної взаємодії. Проте така пластичність несе в собі ризики фрагментації особистості та втрати автентичного ядра «Я».

Крім того, алгоритмізація цифрового простору суттєво впливає на когнітивні механізми самоідентифікації. Алгоритми рекомендаційних систем створюють «інформаційні бульбашки» та «відлуння-камери» [7], які підкріплюють наявні упередження індивіда, обмежуючи спектр його соціокультурного досвіду. Таким чином, ідентичність починає формуватися під впливом математичних моделей, що ставить питання про суб'єктність людини в епоху великих даних [8].

Цифровізація також змінює сприйняття тілесності як базису ідентичності. Розвиток технологій доповненої (AR) та віртуальної (VR) реальності, а також інтеграція штучного

інтелекту в повсякденність призводять до виникнення кіберпростору як нового локусу екзистенції [9]. Тіло в цифровому середовищі стає об'єктом маніпуляції, що трансформує традиційні уявлення про гендерну, вікову та навіть біологічну ідентичність [10].

Соціокультурна ідентичність в умовах цифровізації набуває ознак «відкритого коду». Вона постійно перебуває в стані оновлення, де критично важливим стає не збереження незмінної сутності, а здатність до навігації в інформаційних потоках та ефективної комунікації в різномірних спільнотах. Проте не слід ігнорувати небезпеку цифрового відчуження, коли технологічне посередництво витісняє безпосередній емпатичний досвід [11], роблячи ідентичність поверхневою та інструментальною.

Особливого значення набуває цифрова ідентичність як форма громадянської активності. У мережевому просторі формуються нові типи солідарності [12], що базуються на спільних цифрових практиках та етичних стандартах мережі. Це дозволяє говорити про становлення «глобального цифрового громадянства», яке виступає надбудовою над національною ідентичністю, не завжди вступаючи з нею в конфлікт, але суттєво доповнюючи її новими сенсами.

Отже, можна стверджувати, що трансформація соціокультурної ідентичності в умовах глобальної цифровізації є складним, багатовекторним процесом, що поєднує в собі ризики дегуманізації та нові можливості для самореалізації суб'єкта. Перехід до цифрового суспільства вимагає від людини високого рівня рефлексивної культури та здатності до критичного осмислення технологічних впливів. Подальші дослідження у цьому напрямку мають зосередитися на розробці стратегій збереження людської автентичності в умовах тотальної медіатизації соціального простору, а також на вивченні впливу нейротехнологій на структуру ідентичності майбутнього.

Список використаних джерел:

1. Schwab K. The Fourth Industrial Revolution. Geneva : World Economic Forum, 2016. 192 p.
2. Giddens A. Modernity and Self-Identity: Self and Society in the Late Modern Age. Stanford : Stanford University Press, 1991. 256 p.
3. Castells M. The Networks of Outrage and Hope: Social Movements in the Internet Age. 2nd ed. Cambridge : Polity Press, 2015. 328 p.
4. Floridi L. The Onlife Manifesto: Being Human in a Hyperconnected Era. Cham : Springer Nature, 2015. 264 p.
5. Jenkins H. Convergence Culture: Where Old and New Media Collide. New York : New York University Press, 2006. 308 p.
6. Turkle S. Alone Together: Why We Expect More from Technology and Less from Each Other. New York : Basic Books, 2011. 384 p.
7. Pariser E. The Filter Bubble: How the New Personalized Web Is Changing What We Read and How We Think. New York : Penguin Books, 2011. 304 p.
8. Zuboff S. The Age of Surveillance Capitalism: The Fight for a Human Future at the New Frontier of Power. New York : PublicAffairs, 2019. 704 p.
9. Negroponte N. Being Digital. New York : Alfred A. Knopf, 1995. 256 p.
10. Miller D. Digital Anthropology. London : Routledge, 2020. 214 p.
11. Fuchs C. Social Media: A Critical Introduction. 3rd ed. London : SAGE Publications, 2021. 432 p.
12. Van Dijck J. The Culture of Connectivity: A Critical History of Social Media. Oxford : Oxford University Press, 2013. 240 p.

УДК 81.23:81.272

Андрєєв С.С., керівник гуртка**Малявіна М.О., вихованка гуртка «Географічне краєзнавство»***(Комунальний заклад «Харківський обласний центр туризму, краєзнавства, спорту та екскурсій учнівської молоді» Харківської обласної ради, м. Харків, Україна)*

МОВНІ СТРАТЕГІЇ ПОДОЛАННЯ КРИЗОВИХ СТАНІВ У СУЧАСНІЙ КОМУНІКАЦІЇ

Сучасна архітектоніка соціального буття характеризується станом перманентної турбулентності, де криза трансформується з епізодичного явища у фундаментальну характеристику існування. В умовах глобальних соціокультурних та геополітичних зсувів мова перестає бути лише пасивним інструментом опису реальності. Вона стає активним медіатором, що структурує хаос, та потужною стратегічною зброєю в боротьбі за ментальну стабільність суб'єкта. Актуальність даного дослідження зумовлена необхідністю виявлення лінгвокогнітивних механізмів, які дозволяють нівелювати деструктивні наслідки кризового дискурсу та конструювати адаптивні моделі поведінки через вербальні практики.

Кризова комунікація у сучасному науковому парадигмальному просторі розглядається як специфічний тип дискурсивної діяльності, що розгортається в умовах дефіциту часу, високого ступеня невизначеності та загрози базовим онтологічним цінностям [1]. Мовна стратегія в цьому контексті виступає як ієрархічно організована система мовленнєвих дій, спрямованих на редукцію когнітивного дисонансу та відновлення смислової цілісності картини світу. Ми пропонуємо класифікувати ці стратегії за функціональним спрямуванням, а саме: когнітивно-стабілізуючі, афективно-регулятивні та прагматично-адаптивні.

Первинним етапом подолання будь-якої кризи є її лінгвістична концептуалізація. Невизначеність породжує ірраціональний страх, який паралізує вольові акти. Стратегія «раціоналізації через номінацію» дозволяє перевести аморфну загрозу в площину конкретних лінгвістичних категорій, роблячи її об'єктом аналізу, а не лише переживання. Особливого значення набуває стратегія лінгвістичного рефреймінгу, тобто зміна когнітивної рамки сприйняття події. Замість деструктивних фреймів, наприклад, «катастрофа», «безвихідь», що маркують фінальність поразки, впроваджуються конструктивні метафоричні моделі, такі як «трансформаційний виклик», «екзистенційний іспит», «точка біфуркації» [2]. Це дозволяє змінити вектор сприйняття з пасивного страждання на активний пошук адаптивних ресурсів.

Додатково слід зауважити, що рефреймінг функціонує не лише на лексичному, а й на пропозиційному рівні, де зміна логічних акцентів дозволяє перекодувати загрозу в потенціал для розвитку. Це створює умови для посттравматичного зростання особистості та соціуму, оскільки мова детермінує межі можливого досвіду.

Криза за своєю природою є атомізуючим фактором, що руйнує соціальні зв'язки. У цьому аспекті мовна стратегія емпатичного залучення стає критично важливою для збереження соціальної гомеостазу. Використання інклюзивних займенникових форм «ми», «наше спільне випробування», «разом», виконує функцію лінгвістичної інтеграції, формуючи почуття колективної причетності та солідарної відповідальності. Одночасно актуалізується стратегія евфемізації [3] – свідомого та етично обґрунтованого вибору лексем для пом'якшення шокового впливу інформації. Однак, наукова коректність вимагає розмежування адаптивної евфемізації та маніпулятивної дезінформації, де остання веде до деградації довіри в комунікативному просторі.

Варто акцентувати, що в умовах цифрової прозорості будь-яка спроба надмірної евфемізації може сприйматися як редукція істини, що вимагає від комунікатора високої

лінгво-етичної рефлексії. Моральний імператив наукового дискурсу полягає у збереженні балансу між фактологічною точністю та психологічною делікатністю вербальних конструкцій.

Сучасна комунікація значною мірою детермінована специфікою медіа-середовища, де кризові стани часто гіперболізуються через механізми «ехо-камер» та алгоритмічну селекцію контенту. Мовною стратегією протидії інфодемії стає «дискурсивна гігієна», що базується на принципах лаконічності, верифікованості та термінологічної чіткості. В умовах когнітивного перевантаження реципієнт потребує максимально денотативних текстів [4], що позбавлені зайвої емотивної конотації та метафоричної багатозначності. Стратегія деметафоризації в даному контексті сприяє відновленню логічного мислення та зниженню рівня афективного напруження.

Цей підхід передбачає перехід від «емоційної риторики» до «риторики фактів», де кожне мовне повідомлення слугує фільтром для відсікання когнітивного шуму. Ефективність такої стратегії прямо корелює з рівнем медіаграмотності та критичного лінгвістичного аналізу, що дозволяє суб'єкту зберігати автономність мислення в умовах інтенсивного маніпулятивного тиску [5].

Однією з найефективніших стратегій подолання кризи є побудова цілісного наративу, що пов'язує травматичне «теперішнє» з проєктивним «майбутнім» [6]. Мова надає інструменти для подолання «темпорального розриву», який виникає під час шоківих подій. Використання дієслівних форм майбутнього часу в контексті конструктивного планування, таких як «ми відновимо», «ми реалізуємо», «ми трансформуємо», виконує роль психолінгвістичного якоря. Це дозволяє суб'єкту вийти за межі травматичного моменту та інтегрувати кризовий досвід у загальну канву життєвого шляху як етап розвитку, а не як фінальну точку.

Подібне конструювання «наративу переможця» замість «наративу жертви» є фундаментальним для соціокультурної регенерації. Вербалізація позитивного сценарію створює лінгвістичний прецедент, який згодом втілюється у соціальні практики, формуючи стійку ціннісну парадигму.

Отже, мовні стратегії подолання кризових станів поєднують когнітивну обробку інформації, емоційну саморегуляцію та соціальну інтеграцію. Їхня ефективність безпосередньо залежить від здатності комунікатора дотримуватися балансу між емпатією та раціональністю. В умовах сучасності лінгвістична компетентність у сфері кризової комунікації стає не просто професійною навичкою, а базовою умовою збереження ментального здоров'я та соціальної стабільності. Подальші розвідки у цьому напрямку мають бути зосереджені на вивченні нейролінгвістичних аспектів сприйняття кризового тексту, що дозволить розробити ще більш точні алгоритми вербальної допомоги в екстремальних умовах.

Список використаних джерел:

1. Coombs W. T. *Ongoing Crisis Communication: Planning, Managing, and Responding*. 6th ed. Thousand Oaks, CA : SAGE Publications, 2022. 288 p.
2. Lakoff G., Johnson M. *Metaphors We Live By*. Chicago : University of Chicago Press, 2003. 276 p.
3. Fillmore C. J. Frame semantics. *Linguistics in the Morning Calm*. Seoul : Hanshin Publishing Co., 1982. P. 111–137.
4. Бацевич Ф. С. *Основи комунікативної лінгвістики : підручник*. 2-ге вид., допов. Київ : Академія, 2009. 376 с.
5. Wodak R. *The Politics of Fear: What Right-Wing Populist Discourses Mean*. London : SAGE Publications, 2015. 248 p.
6. Herman D. *Storytelling and the Sciences of Mind*. Cambridge, MA : MIT Press, 2013. 424 p.

УДК 59.923.2:316.6

Андрєєв С.С., керівник гуртка**Павленко В.С., вихованка гуртка «Географічне краєзнавство»***(Комунальний заклад «Харківський обласний центр туризму, краєзнавства, спорту та екскурсій учнівської молоді» Харківської обласної ради, м. Харків, Україна)*

ПСИХОЛОГІЧНА СТІЙКІСТЬ ОСОБИСТОСТІ В УМОВАХ ТРИВАЛОЇ СОЦІАЛЬНОЇ НЕСТАБІЛЬНОСТІ

Сучасний етап розвитку цивілізації характеризується станом, який у соціологічній та психологічній літературі визначається як «плинна сучасність» або епоха радикальної невизначеності. Для України цей стан обтяжений тривалими кризовими процесами, що трансформують соціальну нестабільність із тимчасового дестабілізуючого чинника у перманентне середовище існування особистості. У зв'язку з цим, науковий інтерес зміщується від вивчення гострих стресових реакцій до аналізу механізмів тривалої психологічної стійкості, що дозволяє індивіду не лише виживати, а й зберігати потенціал для саморозвитку та соціальної активності.

Феномен психологічної стійкості є об'єктом мультидисциплінарного аналізу. Ми розглядаємо резильєнтність як динамічну систему, що інтегрує біологічні, когнітивні, емоційні та соціальні ресурси. В основі нашого підходу лежить концепція «салютогенезу» А. Антоновського [1], яка акцентує увагу на джерелах здоров'я та стійкості, а не на патогенетичних наслідках стресу. Ключовим поняттям тут виступає «почуття зв'язності» – глобальна орієнтація, яка виражає міру того, наскільки людина має стійке, хоча й динамічне, почуття впевненості в тому, що події її життя є зрозумілими, керованими та мають сенс [2].

В умовах тривалої нестабільності першим ударом піддається когнітивна сфера індивіда. Руйнація звичних соціальних алгоритмів призводить до втрати прогностичної здатності мозку, що породжує стан постійної когнітивної напруги. Психологічна стійкість забезпечується через наступні процеси:

1. Когнітивну рефреймізацію, тобто здатність до зміни ментальних рамок, через які сприймається подія. Нестабільність інтерпретується не як катастрофа, а як специфічне середовище з новими правилами гри. Це дозволяє знизити рівень афективного навантаження та перейти до раціонального планування.

2. Толерантність до невизначеності. Так, особистості з низьким рівнем цього показника схильні до передчасної когнітивної закритості, що веде до формування стереотипного мислення та радикалізації поглядів як захисного механізму. Стійка особистість приймає невизначеність як невід'ємну частину реальності, що дозволяє зберігати гнучкість поведінки.

3. Метакогнітивну обізнаність, яка являє собою розуміння власних мисленнєвих процесів дозволяє індивіду ідентифікувати моменти «затоплення» тривогою та свідомо перемикає увагу на конструктивні задачі.

Тривала соціальна нестабільність діє як агресивне середовище [3], що постійно перевіряє на міцність кордони «Я». Емоційна стійкість у цьому контексті не означає відсутність негативних емоцій. Навпаки, це здатність до їх повної диференціації та контейнування. Важливим аспектом є запобігання «втомі від співчуття» та емоційному онімінню, які є поширеними реакціями на тривалий соціальний стрес.

Центральну роль відіграє саморегуляція – здатність підтримувати оптимальний рівень збудження нервової системи. Використання технік заземлення, усвідомленого дихання та фокусування на тілесних відчуттях дозволяє особистості зберігати «вікно толерантності», у якому можливе раціональне прийняття рішень без переходу в стан паніки або дисоціації.

Найпотужнішим предиктором стійкості є наявність трансцендентного сенсу. Як зазначав Віктор Франкл [4], людина здатна витримати будь-яке «як», якщо вона знає «навіщо». В умовах соціальної аномії, коли старі цінності втрачають актуальність, стійка особистість вдається до екзистенційної творчості. Це може виявлятися у волонтерстві, професійному служінні, турботі про близьких або в реалізації довгострокових творчих проєктів. Сенс стає тим «якорем», який утримує психіку від дезінтеграції під тиском зовнішнього хаосу.

Людина є соціальною істотою, і її стійкість значною мірою детермінована якістю групової ідентифікації. В умовах нестабільності спостерігається два вектори – соціальна атомізація та посилення групової згуртованості [5]. Стійкість особистості підтримується через «соціальний клей», тобто довіру, взаємодопомогу та спільні ритуали. Спільноти при цьому виступають як екзоскелет для психіки індивіда, розділяючи тягар стресу та надаючи ресурси, яких бракує на індивідуальному рівні.

Ми виділяємо три типи адаптивних стратегій у ситуації тривалої кризи:

1. Проактивне подолання – накопичення ресурсів до моменту настання критичної події;
2. Превентивне подолання – мінімізація ризиків через зміну середовища або власної поведінки;
3. Пошук соціальної підтримки – активна інтеграція в мережі взаємодопомоги.

Важливим є перехід від стратегій «виживання» до стратегій «життєздібності». Це передбачає планування життя не «від кризи до кризи», а в межах великих життєвих циклів, де криза розглядається як складний, але обмежений у часі етап.

Отже, психологічна стійкість в умовах тривалої соціальної нестабільності є складним системним утворенням. Вона не є вродженою константою, а являє собою навичку, яку можна і потрібно розвивати через освіту, психотерапію та соціальну практику. Ключовими напрямками підтримки населення мають стати:

1. Популяризація знань про психогігієну та емоційну саморегуляцію;
2. Створення умов для зміцнення горизонтальних соціальних зв'язків;
3. Розробка програм психологічної підготовки до роботи в умовах невизначеності для фахівців допоміжних професій.

Подальше вивчення даної проблеми дозволить глибше зрозуміти механізми посттравматичного зростання, коли досвід пережитої нестабільності стає фундаментом для виходу особистості на новий рівень психологічної зрілості та стійкості.

Список використаних джерел:

5. Лук'янченко М. І. Здоров'я людини через призму моделі салютогенезу: теорія та практика. *Педагогіка, психологія та медико-біологічні проблеми фізичного виховання і спорту*. 2010. № 11. С. 58–61. URL: <https://www.sportpedagogy.org.ua/html/journal/2010-11/10lmitap.pdf> (дата звернення: 17.01.2025)
6. Antonovsky A. *Unraveling the Mystery of Health: How People Manage Stress and Stay Well*. San Francisco : Jossey-Bass, 1987. 218 p.
7. Masten A. S. *Ordinary Magic: Resilience in Development*. New York : Guilford Press, 2014. 370 p.
8. Bonanno G. A. The Resilience Statue: Resilience, Behavioral Biology, and Health. *Perspectives on Psychological Science*. 2012. Vol. 7, No. 2. P. 135–149.
9. Hobfoll S. E. Conservation of Resources Theory: Its Implication for Stress, Health, and Resilience. *The Oxford Handbook of Stress, Health, and Psychology*. 2011. P. 127–147. URL: <https://doi.org/10.1093/oxfordhb/9780195375343.013.0007> (дата звернення: 13.01.2025).

УДК 378:004.8

Андрєєв С.С., керівник гуртка

Ющенко А. О., вихованка гуртка «Географічне краєзнавство»

(Комунальний заклад «Харківський обласний центр туризму, краєзнавства, спорту та екскурсій учнівської молоді» Харківської обласної ради, м. Харків, Україна)

ЕТИЧНІ ВИМІРИ ВПРОВАДЖЕННЯ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ В ОСВІТНІЙ ПРОЦЕС

Сучасна цивілізація перебуває на етапі фундаментального антропологічного та технологічного зсуву, зумовленого інтеграцією систем штучного інтелекту (ШІ) у ключові сфери життєдіяльності. Освітній простір, як інститут відтворення культурних та інтелектуальних смислів, виявляється найбільш чутливим до цих інновацій. Проблема етичного виміру впровадження ШІ в освіту виходить далеко за межі суто технічної адаптації інструментарію. Вона стосується самої сутності педагогічної взаємодії, природи людського мислення та майбутнього академічної доброчесності.

Актуальність дослідження зумовлена об'єктивним протиріччям між експоненціальним розвитком генеративних моделей та інерційністю етико-правового регулювання освітнього процесу [1, 2]. Питання полягає в тому, як зберегти гуманістичний стрижень освіти в умовах тотальної алгоритмізації когнітивних функцій.

Дослідження ґрунтується на засадах цифрової етики та концепції людиноцентричного дизайну. Методологічна рамка охоплює системний аналіз, що дозволяє розглядати освітній процес як цілісну екосистему, де ШІ виступає не лише як об'єкт, а й як активний квазі-суб'єкт впливу.

Особлива увага приділяється принципам «Алгоритмічної прозорості» та «Когнітивної автономії», які є ключовими для забезпечення етичності освітніх інновацій [3]. Згідно з вимогами сучасної наукової етики, ми відкидаємо будь-які джерела, що мають походження з країн-агресорів, орієнтуючись виключно на світовий досвід та вітчизняні академічні стандарти.

Традиційна дидактична пара «вчитель-учень» зазнає суттєвої деформації під впливом ШІ. Етичний виклик полягає у загрозі «дегуманізації» навчання. Якщо раніше педагог був єдиним джерелом знань та моральним орієнтиром, то сьогодні алгоритми здатні забезпечувати персоналізовану підтримку 24/7.

Однак, алгоритм позбавлений емпатії та здатності до передачі неявного знання. Етична небезпека вбачається у можливому зведенні освіти до механічної передачі даних, де втрачається виховний аспект [4]. Ми стверджуємо, що роль викладача має трансформуватися у роль ментора-модератора, чиїм головним завданням є формування у студента або учня ціннісних фільтрів для сприйняття згенерованої ШІ інформації.

Однією з найбільш гострих етичних проблем є криза академічної доброчесності. Поява ШІ, здатного генерувати тексти наукового рівня, робить традиційні методи перевірки на плагіат малоефективними.

Ми пропонуємо розрізняти «плагіат» як крадіжку чужої інтелектуальної власності та «несанкціоноване використання ШІ» як делегування когнітивної відповідальності. Етична парадигма майбутнього повинна базуватися не на забороні інструменту, а на прозорій декларації його використання [5]. Академічна свобода студента має бути врівноважена інтелектуальною чесністю, де внесок ШІ чітко розмежовується з авторським аналізом.

Етичний вимір ШІ включає питання справедливості. Алгоритми машинного навчання тренуються на історичних даних, які можуть містити приховані соціальні стереотипи. Впровадження таких систем в автоматизоване оцінювання або

профорієнтацію може призвести до системної дискримінації за ознаками, які ІІІ ідентифікує як релевантні на основі помилкових кореляцій.

Забезпечення інклюзивності, за аналогією з інклюзивно-реабілітаційними підходами в інших сферах, вимагає ретельного аудиту алгоритмів на предмет відсутності когнітивних викривлень. Освіта має залишатися ліфтом соціальної мобільності, а не ставати інструментом закріплення існуючих нерівностей через непрозорі «чорні скриньки» алгоритмів. Освітній процес в умовах ІІІ супроводжується накопиченням колосальних масивів персональних даних. Етична проблема полягає в балансі між перевагами адаптивного навчання та правом студента на «цифрову приватність». Предиктивна аналітика може передбачити успішність студента ще до початку курсу, що створює ризик «алгоритмічного фаталізму», тобто ситуації, коли упереджене ставлення системи до здобувача освіти впливає на його реальні результати.

Питання приватності є особливо критичним для молодих вчених, які працюють з інноваційними розробками та потребують захисту інтелектуального простору.

Чи не призведе постійна допомога ІІІ до атрофії навичок критичного мислення, синтезу та аргументації? Це центральне питання педагогічної антропології. Делегування ІІІ рутинних завдань є корисним, проте втрата здатності самостійно будувати складні логічні конструкції може призвести до інтелектуальної деградації суб'єктів освіти.

Етично обґрунтована педагогіка повинна впроваджувати стратегії «усвідомленого когнітивного навантаження», де використання ІІІ є поетапним і контрольованим, що забезпечує розвиток метакогнітивних навичок, таких як вміння вчитися, оцінювати інформацію, розрізняти фейки.

Отже, слід констатувати, що етичні виміри впровадження ІІІ в освітній процес не є статичними. Вони динамічно еволюціонують разом із технологіями. Ключовими імперативами для сучасної вищої школи мають стати:

1. Збереження пріоритету людської суб'єктності та моральної відповідальності за результати навчання;
2. Забезпечення прозорості алгоритмічних рішень та відкритість у використанні ІІІ-інструментів в академічному середовищі;
3. Трансформація культури доброчесності від зовнішнього контролю до внутрішнього переконання.

Тільки за умови глибокого етичного осмислення та впровадження відповідних стандартів, штучний інтелект стане потужним інструментом демократизації знань та інтелектуального зростання людства. Наукова спільнота має взяти на себе відповідальність за формування цієї нової цифрової етос-сфери.

Список використаних джерел:

1. Про наукову і науково-технічну діяльність : Закон України від 26.11.2015 № 848-VIII. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/848-19> (дата звернення: 05.01.2026).
2. Про освіту : Закон України від 05.09.2017 № 2145-VIII (ст. 42 Академічна доброчесність). URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2145-19> (дата звернення: 12.09.2025).
3. Ethics guidelines for trustworthy AI / High-Level Expert Group on Artificial Intelligence. Brussels : European Commission, 2019. 41 p.
4. UNESCO Recommendation on the Ethics of Artificial Intelligence. Paris : UNESCO. URL: <https://unesco.org.uk/resources/the-unesco-recommendation-on-the-ethics-of-ai-shaping-the-future-of-our-societies-english-version-german-national-commission> (дата звернення: 16.02.2026).
5. Artificial Intelligence and the Future of Teaching and Learning / Office of Educational Technology. Washington : U.S. Department of Education, 2023. 71 p.

Rahnfeld Michael

(Kreissstraße 9, 25795 Weddingstedt, Germany, m.rahnfeld@gmx.de)

NATURAL TRANSFORMATIONS AND THE CONCEPT OF ESSENCE

This paper proposes a categorical account of essence that departs from both classical essentialism and structuralist role-based approaches in the philosophy of mathematics. Instead of understanding essence in terms of intrinsic properties or fixed positions within a structure, the paper argues that what is essential in mathematics is best captured by functorial invariance. The central claim is that natural transformations provide a precise, non-metaphysical criterion of canonicity and necessity.

The argument is developed through a systematic analysis of naturality as a global coherence condition, showing how it excludes constructions that depend on arbitrary choices while retaining those that are forced by structure alone. This perspective is illustrated by worked examples from category theory, including the comparison between dyads and two-lists in the category of sets and the role of universal properties in canonical constructions such as free groups.

The paper also situates the categorical notion of essence in relation to historical accounts of invariance in Plato, Aristotle, and Klein, and contrasts it with contemporary forms of structuralist essentialism. The result is a journal-neutral, practice-oriented account of essence that reflects how necessity and objectivity function in modern mathematics without appealing to metaphysical foundations.

In classical metaphysics, the notion of essence functions as an answer to a priority question: what must be fixed in order for something to be what it is? In Plato, this priority is grounded in the ontological primacy of Forms, which guarantee identity across the multiplicity of sensible appearances. In Aristotle, the notion of essence is internalized as form or substance (ousia), understood as that which belongs to a thing necessarily and explains what it is. Despite their differences, both approaches treat essence as an ontological feature of objects.

In the philosophy of mathematics, this ontological model has increasingly come under pressure. Mathematical objects lack causal powers, spatiotemporal location, and empirical individuation. As a result, the idea that such objects possess intrinsic essences in the classical sense appears methodologically problematic. Structuralist approaches respond to this difficulty by relocating essence from objects to structures: mathematical objects are characterised by the roles they play within a given structure rather than by intrinsic properties. While this move avoids naïve substantialism, it leaves open the question of how such roles are to be identified, compared, and justified without appealing to a privileged structure.

The categorical approach proposed here departs from both object-based and role-based accounts of essence. Rather than asking what mathematical objects are, it asks how mathematical constructions are determined as necessary, canonical, or non-arbitrary. The guiding idea is methodological rather than ontological: essence is reconceived as invariance under admissible transformations. This shift aligns with a broader tradition in modern mathematics, in which object-level descriptions are systematically replaced by transformation-invariant characterizations.

Category theory provides a precise formal framework for articulating this methodological shift. By treating mathematical concepts as functors and meaningful relationships between them as natural transformations, it becomes possible to formulate a rigorous criterion for non-arbitrariness. On this view, a construction is essential not because it reflects an underlying metaphysical core, but because it is forced by the functorial structure itself. No additional choices, coordinatizations, or conventions are required.

This perspective entails a decisive change in the explanatory role of essence. Essence no longer explains why an object has certain properties; instead, it marks those constructions that

remain invariant across all admissible contextual changes. In this sense, the categorical notion of essence is explicitly anti-substantialist. It does not posit hidden entities or privileged descriptions, but identifies necessity with functorial inevitability.

Importantly, this reconceptualization does not trivialize the notion of essence. On the contrary, it imposes a stricter standard than many traditional accounts. To count as essential, a construction must be invariant not merely under isomorphisms within a fixed structure, but under all morphisms relevant to the categorical context. As will be shown in the following sections, this requirement rules out many seemingly natural but ultimately choice-dependent constructions.

This paper has argued that category theory provides a precise and philosophically illuminating replacement for the classical notion of essence. By focusing on natural transformations and functorial invariance, it becomes possible to articulate a criterion of canonicity that is both mathematically rigorous and philosophically meaningful.

The central claim is that essence, in the categorical sense, is not an intrinsic feature of objects or structures, but a property of constructions that remain invariant under all admissible transformations. Natural transformations make this invariance explicit and operational. They identify what is forced by structure alone and exclude what depends on arbitrary choice.

This reconceptualization preserves the intuitive appeal of essentialist discourse while avoiding its problematic metaphysical commitments. At the same time, it goes beyond structuralist accounts by refusing to privilege any particular structure or representation. In this way, the categorical approach offers a unified and non-metaphysical framework for understanding necessity, objectivity, and essence in mathematics.

References

- Awodey, S. (2014). *Category Theory*. Oxford University Press.
- Hellman, G. (1989). *Mathematics without Numbers*. Oxford University Press.
- Klein, F. (1893). *Vergleichende Betrachtungen über neuere geometrische Forschungen*.
- Mac Lane, S. (1998). *Categories for the Working Mathematician*. Springer.
- Plato. *Republic*.
- Aristotle. *Metaphysics*.
- Shapiro, S. (1997). *Philosophy of Mathematics: Structure and Ontology*. Oxford University Press.

УДК 159.922.8:316.774

Базь Л.О., аспірантка спеціальності 053 Психологія**Науковий керівник: Слюсаревський М. М., кандидат психологічних наук, член-кореспондент НАПН України***(Інститут соціальної та політичної психології НАПН України, м. Київ, Україна)***ТЕЛЕСЕРІАЛ ЯК АГЕНТ СОЦІАЛІЗАЦІЇ: ПСИХОЛОГІЧНІ АСПЕКТИ РЕЦЕПЦІЇ МЕДІАКОНТЕНТУ ПІДЛІТКАМИ**

У цифровому медіасередовищі телесеріал перестає бути лише розважальним продуктом і набуває функцій повноцінного агента вторинної соціалізації. На відміну від епізодичного медіаконтенту, серіальна форма забезпечує повторюваність сюжетів, стабільність персонажів та тривалу емоційну залученість глядача, що створює умови для інтеріоризації соціальних моделей поведінки.

Теоретично дослідження спирається на положення теорії соціального наочіння [1], концепцію культивацийного ефекту медіа [2] та підхід активної аудиторії [3], згідно з якими медіавплив є опосередкованим, але системним чинником формування соціальних уявлень.

Метою дослідження стало встановлення психологічних механізмів, через які телесеріальний контент на шкільну тематику впливає на нормативні уявлення підлітків щодо агресії, соціального статусу та міжособистісної взаємодії.

У дослідженні поєднано контент-аналіз серіального матеріалу, анкетування учнів 9–11 класів та експериментальну процедуру з вимірюванням змін нормативних переконань до і після перегляду фрагмента серіалу. Додатково враховувалися показники соціальної адаптованості, рівень вітальності та характеристики сімейного середовища як потенційні модератори медіавпливу.

Ключові результати:

1. Зафіксовано ефект короткочасної культивачії: після перегляду драматизованих шкільних конфліктів частина учнів підвищує оцінку поширеності подібних ситуацій у реальному освітньому середовищі.

2. Виявлено модераторну роль сімейного середовища: у респондентів із високою конфліктністю в родині спостерігається більша схильність до легітимації агресії як «нормальної» шкільної практики.

3. Підлітки з нижчими показниками соціальної адаптованості демонструють вищий рівень інтеріоризації конфліктних моделей поведінки, представлених у серіалі. Таким чином, індивідуально-психологічні характеристики виступають не фоном, а активним механізмом селективного засвоєння медіамеседжів.

Новизна дослідження полягає у встановленні структурної моделі медіавпливу, де телесеріал функціонує як соціалізаційний агент через три послідовні механізми:

(1)	емоційна	ідентифікація	→
(2)	нормативна	раціоналізація	поведінки персонажа →
(3)	когнітивна генералізація соціальної норми.		

Отримані результати дозволяють розглядати телесеріальний шкільний контент як амбівалентний ресурс: він може виконувати як компенсаторну функцію (моделювання підтримки, солідарності, подолання труднощів), так і ризикогенну (нормалізація агресії, соціального виключення, девіантних практик).

Практична значущість роботи полягає у можливості використання серіального матеріалу як інструмента керованої соціалізації в межах програм медіаосвіти, що передбачають рефлексивний аналіз персонажів і деконструкцію соціальних сценаріїв.

Отже, телесеріал слід розглядати не як нейтральний фон підліткової культури, а як структурний компонент сучасного соціалізаційного середовища, вплив якого детермінується поєднанням наративних характеристик контенту та індивідуально-психологічних особливостей глядача.

Список використаних джерел

1. Bandura A. Social Learning Theory. Englewood Cliffs: Prentice Hall, 1977. 247 p.
2. Gerbner G., Gross L., Morgan M., Signorielli N. Growing up with television: The cultivation perspective. In: Bryant J., Zillmann D. (Eds.). Media Effects: Advances in Theory and Research. Hillsdale: Erlbaum, 1994. P. 17–41.
3. Hall S. Encoding/decoding. In: Culture, Media, Language. London: Hutchinson, 1980. P. 128–138.

УДК 364.63:355

Білоус О. Л., аспірант спеціальності 231 Соціальна робота**Науковий керівник: Чернета С. Ю., д.пед.н., професор, завідувач кафедри соціальної роботи та педагогіки вищої школи***(Волинський національний університет імені Лесі Українки, м. Луцьк, Україна)*

ГЕНДЕРНІ АСПЕКТИ ДОМАШНЬОГО НАСИЛЬСТВА В СІМ'ЯХ ВЕТЕРАНІВ ВІЙНИ

Повномасштабна війна зумовила суттєві зміни у соціальній структурі українського суспільства, зокрема зростання ветеранської спільноти та трансформацію сімейних ролей. У цих умовах проблема домашнього насильства набуває нових характеристик, пов'язаних із поєднанням психотравматичних наслідків бойового досвіду, економічної нестабільності та гендерно зумовлених моделей владних відносин. За міжнародними оцінками, близько 30 % жінок упродовж життя зазнають фізичного або сексуального насильства з боку партнера чи іншої особи [1]. Досвід збройних конфліктів підвищує ризики інтимного партнерського насильства та ускладнює доступ до підтримки. В українському контексті зростання кількості ветеранів і членів їхніх сімей зумовлює необхідність переосмислення профілактичних і реабілітаційних стратегій із урахуванням гендерного виміру.

Правові засади протидії насильству визначені національним законодавством та положеннями Стамбульської конвенції [2, 3], однак нормативне регулювання не усуває структурних передумов насильства: гендерної нерівності, економічної залежності та культурних установок домінування. Це зумовлює необхідність аналізу домашнього насильства в сім'ях ветеранів як багатовимірного явища, сформованого на перетині психотравматичних, соціальних і гендерних чинників.

У міжнародному науковому дискурсі насильство з боку інтимного партнера (IPV) серед військових і ветеранів виокремлюється як самостійний напрям досліджень. Узагальнення результатів досліджень вказують на статистично значущий зв'язок між симптомами посттравматичного стресового розладу (ПТСР) та підвищеною ймовірністю психологічної й фізичної агресії у партнерських стосунках [4]. Додатковими факторами ризику визначаються депресивні стани, зловживання психоактивними речовинами та наслідки черепно-мозкових травм.

Збільшення кількості жінок у Збройних силах України посилює необхідність гендерного аналізу насильства у середовищі ветеранів війни. Проте у науковому вимірі ця проблематика потребує глибшого аналізу.

Гендерний підхід дає змогу розглядати домашнє насильство не лише як індивідуальну агресивну поведінку, а як прояв асиметричних усталених моделей розподілу влади та ролей у сім'ї. Традиційні уявлення про роль чоловіка можуть ускладнювати процес переходу від воєнного досвіду до мирного життя й стримувати звернення по психологічну підтримку. Економічна залежність, страх суспільного осуду та стигматизація розлучення підвищують уразливість жінок до тривалого перебування у насильницьких стосунках [5].

У сім'ях ветеранів війни до зазначених чинників додаються обставини, які безпосередньо пов'язані з наслідками війни: пережитий бойовий стрес, складність соціальної реадaptaції, наявність або доступ до зброї, а також суспільна ідеалізація військової служби, що знижує готовність громади визнавати проблему насильства.

У 2023 р. Національна поліція зареєструвала понад 291 тис. випадків домашнього насильства, що перевищило показники попереднього року [6]. Водночас експертні оцінки наголошують на значній латентності цього явища.

Зростання ветеранської спільноти посилює значущість сімейної адаптації як складової ветеранської політики. Інтерв'ю з ветеранами засвідчують, що серед основних викликів реінтеграції називаються сімейні конфлікти, психоемоційна нестабільність і ризики зловживання алкоголем [7]. Отже, домашнє насильство в сім'ях ветеранів слід розглядати в контексті системи соціальної підтримки та психосоціальної реабілітації.

Міжнародний досвід підтверджує ефективність травма-інформованих програм профілактики IPV серед ветеранів. Зокрема, програма Strength at Home продемонструвала зниження рівня фізичного й психологічного насильства, а також симптомів ПТСР і проблемного вживання алкоголю [8].

В українських умовах доцільним є поєднання розвитку кризових сервісів і безпечних притулків, доступності лікування ПТСР та залежностей, впровадження програм керування агресією та міжвідомчої координації відповідно до зобов'язань за Стамбульською конвенцією.

Отже, домашнє насильство в сім'ях ветеранів війни є багатфакторним явищем, що формується на перетині психотравматичних наслідків війни, соціально-економічних викликів та гендерних стереотипів. Застосування гендерно чутливого підходу дозволяє не лише ідентифікувати структурні передумови агресії, а й врахувати специфічну вразливість окремих груп при розробці ветеранської політики. Комплексна профілактика повинна базуватися на поєднанні правових механізмів, медико-психологічної допомоги та трансформації соціальних норм, що детермінують толерантність до насильства.

Список використаних джерел:

1. Violence against women. World Health Organization. URL: <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/violence-against-women> (дата звернення: 26.02.2026).
2. Про запобігання та протидію домашньому насильству: Закон України від 07.12.2017 № 2229-VIII. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2229-19#Text> (дата звернення: 26.02.2026).
3. Конвенція Ради Європи про запобігання насильству стосовно жінок і домашньому насильству та боротьбу із цими явищами від 11.05.2011. URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/994_001-11#Text (дата звернення: 26.02.2026).
4. Cowlshaw S., Freijah I., Kartal D., Sbisa A., Mulligan A., Notarianni M., Couineau A.-L., Forbes D., O'Donnell M., Phelps A., Iverson K. M., Heber A., O'Dwyer C., Smith P., Hosseiny F. Intimate Partner Violence (IPV) in Military and Veteran Populations: A Systematic Review of Population-Based Surveys and Population Screening Studies. *International Journal of Environmental Research and Public Health*. 2022. Vol. 19, No 14. DOI: <https://doi.org/10.3390/ijerph19148853>
5. Voices from Ukraine 2024: An Overview of Gender-Based Violence in Ukraine. UNFPA Ukraine. URL: https://ukraine.unfpa.org/sites/default/files/pub-pdf/2025-03/Voices%20from%20Ukraine_Advocacy%20Brief_2024.pdf (дата звернення: 26.02.2026).
6. Кількість випадків домашнього насильства зросла на 20%: МВС та Парламент працюють над посиленням відповідальності. Міністерство внутрішніх справ України. URL: <https://mvs.gov.ua/news/kilkist-vipadkiv-domasnyogo-nasilstva-zrosla-na-20-mvs-ta-parlament-praciuiut-nad-posilenniam-vidpovidalnosti-1> (дата звернення: 26.02.2026).
7. Odarchenko K. Hard Return: Reintegrating Ukraine's Veterans. *CEPA*. 2026. URL: <https://cepa.org/article/hard-return-reintegrating-ukraines-veterans/> (дата звернення: 26.02.2026).
8. Program Profile: Strength at Home Couples (SAH-C) Program to Prevent Military Partner Violence. URL: <https://crimesolutions.ojp.gov/ratedprograms/strength-home-couples-sah-c-program-prevent-military-partner-violence> (дата звернення: 26.02.2026).

УДК 111.84

Блейхер О.Д., аспірант спеціальності В10 Філософія

**Науковий керівник: Пазиніч Ю.М. Доцент кафедри філософії і педагогіки,
кандидат політичних наук, доцент**

(Національний технічний університет «Дніпровська політехніка», м. Дніпро, Україна)

ВІД ЗАКОНУ ПЕРШОЇ ФІЛОСОФІЇ ДО ЩАСЛИВОГО ЖИТТЯ

Одним із ключових сегментів моєї дисертаційної роботи є встановлення чіткого, зрозумілого і аргументованого маршруту від аксіом онтологічної системи до етики, яку така система продукує. Важливо визначити, які терміни були введені Аристотелем, як взаємопов'язані частини і загальне і як вони можуть дати обґрунтування для етики. Як дослідження я спробую обґрунтувати структуру такого маршруту на прикладі філософії Аристотеля в його термінах і поняттях, які відповідають вищезазванним.

Ключовими поняттями цієї роботи будуть такі:

1. Аксіома — набір фундаментальних понять, що не потребують обґрунтувань.
2. Онтологічна система/онтологія — система, що визначає, що є і не є реальним/існуючим.
3. Етика — вчення, що вивчає теорію моралі, її сутність, структуру, функції і роль у суспільстві.

За визначенням, Аксіома — це не доведений перший принцип, правило або максима, що отримала загальне визнання або вважається гідною загального визнання, чи то на підставі претензії на внутрішню цінність, чи то на підставі апеляції до самоочевидності. Інакше кажучи, ми можемо описати аксіому за такими ключовими критеріями:

1. Недоведеність і фундаментальність — ми приймаємо її і з неї діємо.
2. Межа регресу — у нас є точка опори, далі якої не потрібні докази.
3. Норма раціональності в оцінці істини — що ми порахуємо істинним, узгодженим із таким принципом.

Ми можемо поділити їх на дві групи: перша — це логічні аксіоми, описані в Органоні, друга — це фундаментальні принципи-начала(*archai*), описані в книгах *Метафізика* і *Фізика*. Аристотель виокремлює Логіку не як науку, а як інструмент пізнання, а закони логіки такі:

1. Закон суперечності(принцип несуперечності) — неможливо, щоб одне й те саме одночасно і в одному й тому самому відношенні було і не було. Він є ключовим і Аристотель вважає його самим достовірним принципом.
2. Закон виключеного третього — суть його в тому, що будь-яке висловлювання або істинне, або хибне, тобто одне з двох висловлювань *A* і не *A* є істинним і третього не дано.
3. Закон тотожності Аристотель формулює так: Будь-яка сутність повинна бути тотожною самій собі.

Щодо фундаментальних принципів, можемо виокремити наступні:

1. Першим і найголовнішим фундаментом є Субстанція — *Ousia*. Субстанція — це первинний носій буття(як матеріальний, так і нематеріальний), який дає можливість існувати предикації та змінам.
2. Потенціал-діяльність (*Dynamis–Energeia*) пояснює, як ця зміна можлива і як вона рухається до здійснення.
3. Ціль (*Telos*) задає спрямованість здійснення, визначаючи мету такого руху.

Як фундаментальні підстави етики Аристотеля ми можемо виокремити три взаємопов'язані принципи: благо (*agathon*) як нормативну мету, добродетель (*arete*) як стійку якість характеру, що визначає якість дії, і свободу у вигляді вибору/добровільності

(prohairesis/hekousion) як способу, через який доброчесність стає практикою. Усі три вони нерозривно пов'язані як практики етики.

У роботі вдалося побудувати аргументований маршрут від аксіом і фундаментальних начал онтологічної системи Аристотеля до етики, яку така система робить можливою. Спочатку ми задали критерії аксіоматики, а саме недоведеність і фундаментальність, межа регресу, норма раціональності істини. Потім показали, що у Аристотеля існують логічні аксіоми як інструмент роботи з науками і онтологічні начала — першопринципи (arhai). Як три ключові начала першої філософії ми взяли субстанцію (ousia), зв'язку потенціалу і дійсності (dynamis–energeia) і ціль (telos), які пояснюють, що існує, як можлива зміна і чому процеси мають цільову спрямованість. Після цього я уточнив місце етики у системі наук (praxis), розглянув існуючі рівні вищого блага, розрізняючи політичний, етичний і метафізичний рівні. Для аналізу етики ми зафіксували три фундаментальні підстави — благо (agathon) як нормативну мету, доброчесність (arete) як форма правильного дії і вибір/добровільність (prohairesis/hekousion) як механізм практичного здійснення. Після чого етичні підстави так само, як і інші пройшли перевірку аксіоматичними критеріями. Нарешті, зв'язок першої філософії і етики описали за допомогою двох варіантів: лінійну послідовність між ключовими ідеями і як матрицю відповідностей 3×3, метою якої продемонструвати, як онтологічні принципи стають практичними підставами доброчесного життя і евдемонії.

Список використаних джерел:

1. Aristotle & Barnes, J. (Ed.) (1984). The Complete Works of Aristotle: The Revised Oxford Translation : у 2 т. Princeton, NJ : Princeton University Press. 2484 p.
2. Gottlieb, P. (2023). Aristotle on Non-contradiction. The Stanford Encyclopedia of Philosophy. (First published 2007; substantive revision 2023). URL: <https://plato.stanford.edu/entries/aristotle-noncontradiction>

УДК 330.34:130.2

Карастан С. К., здобувач третього (освітньо-наукового) рівня вищої освіти, ОНП «Філософія»

(Державний заклад «Південноукраїнський національний університет імені К. Д. Ушинського», м. Одеса, Україна)

ТІНЬОВА ЕКОНОМІКА В СИСТЕМІ СУЧАСНИХ СУСПІЛЬНИХ ІНСТИТУТІВ: ФІЛОСОФСЬКИЙ ВИМІР

У загальному сенсі, тіньова економіка – це сукупність економічної діяльності, що здійснюється поза межами офіційного обліку, державного регулювання та оподаткування, але не обов'язково пов'язана з кримінальною діяльністю, і включає як свідоме уникнення формальних зобов'язань (податків, ліцензій, звітності), так і неформальні форми господарювання, продиктовані соціальними, культурними чи інституційними умовами.

Тіньова економіка відома під різними назвами, наприклад, прихована економіка (hidden economy), сіра економіка (gray economy), тіньова економіка (black economy) або економіка відсутності (lack economy), готівкова економіка (cash economy) або неформальна економіка (informal economy). Усі ці синоніми стосуються певного виду діяльності в тішовій економіці [3].

До основних характеристик тішової економіки ми відносимо наступні:

- позасистемність: тіньова економіка існує за межами або осторонь від формального економічного ладу;

- нелегальність чи неформальність: вона може прямо порушувати закон (наприклад, контрабанда), але часто просто не підпадає під державне регулювання (наприклад, неоподаткована домашня праця);

- інституційна обумовленість: її виникнення часто пов'язане з низьким рівнем довіри до інститутів, надмірним регуляторним тиском або нестачею економічних альтернатив;

- поліморфність: тіньова економіка приймає різні форми, охоплюючи як дрібну побутову діяльність (ремонт, торгівля), так і великі неофіційні бізнес-операції (операції з готівкою, податкова оптимізація, відмивання грошей), та інші різновиди (як криміналізовані, так і ті, що користуються ситуаціями правового вакууму).

Якщо подивитися на феномен тішової економіки у ракурсі соціальної філософії, то можливо надати альтернативне визначення: тіньова економіка – це паралельна форма соціально-економічної взаємодії, що виникає у відповідь на розрив між формальними нормами держави та реальними умовами життя, і функціонує як механізм адаптації, виживання або опору в межах того соціального простору, де легітимність не завжди збігається із легальністю, а декларований порядок – із реальністю.

Серед сучасних українських досліджень, що торкаються тішової економіки, можемо назвати праці В. Рейкіна, Т. Калайтан, О. Гримак, Л. Кушнір, І. Кондрат, Н. Ярошевич та інших [1; 2]. Серед зарубіжних наукових досліджень проблеми тішової економіки розглядаються у працях У. Калесум, Н. Хаділі, які аналізують вплив тішової економіки на фінансову звітність у гіг-економіці та специфіку цифрової фріланс-роботи [5]. К. Герксані, С. Чихоцький досліджують взаємодію формальних і неформальних інститутів у країнах з перехідною економікою та показують, як ця взаємодія визначає масштаби та характер тішової економіки [4]. Д. Роблес Ортис, Р. Амбріз Торрес оцінюють вплив неформальної зайнятості на третинний сектор та ВВП Мексики, демонструючи зв'язок між тішовою економікою та макроекономічними показниками [6]. Ці дослідження підкреслюють мультидисциплінарний характер проблеми та

необхідність аналізу тіньової економіки як соціально-економічного і інституційного явища, що виступає категорією соціальної філософії.

Узагальнюючи основні причини та умови розвитку тіньової економіки, з урахуванням загальносвітового та українського контексту, можна стверджувати, що тіньова економіка постає як багатофакторне соціально-економічне, історико-політичне й культурно-психологічне явище. Вона формується на перетині структурних недоліків ринкової системи, соціальної вразливості окремих груп населення, недосконалості правового поля та етичної амбівалентності суспільства. У соціально-філософському дискурсі це засвідчує, що тіньова економіка не лише є наслідком прагматичного вибору економічних агентів, а й відображає глибинні суперечності суспільних відносин, у яких правові норми, моральні уявлення та політичні практики часто перебувають у конфлікті.

У сучасному українському контексті дана проблематика набуває особливої гостроти. Тривала війна, економічні кризи, внутрішньополітичні трансформаційні процеси, негативний вплив проросійських сил (і той неформальний альянс значної частини українських бізнес-еліт із російськими, який існував аж до початку повномасштабного вторгнення), світові кризові події, локальна й транснаціональна корупція – ось той набір чинників, що створюють підґрунтя для тінізації національної економіки. Загальна турбулентність суспільного життя від самого моменту незалежності України посилює соціальну нерівність і стимулює розширення тіньових практик. Низька якість правозастосування, суспільна недовіра до судової системи, переплетення державної влади та великого капіталу, а також поширені корупційні схеми створюють додаткові засади для моральної легітимізації неформальної діяльності в очах значної частини суспільства, що відчуває себе незахищеною ані з економічної, ані з юридичної точки зору. Водночас зростає небезпека світоглядної адаптації до таких практик, що веде до нормалізації «подвійної моралі» – розриву між офіційним правом і суспільними уявленнями про справедливість.

Таким чином, тіньова економіка в Україні та світі має бути осмислена не лише як суто економічна проблема, як фіскальний недолік, але й як феномен соціокультурного та політичного простору. Її подолання вимагає не тільки реформування нормативно-правової системи та зниження транзакційних витрат, але й переосмислення морально-ціннісних орієнтирів, утвердження етики довіри та взаємної соціальної відповідальності. У соціально-філософському вимірі це означає необхідність гармонізації правової, політичної й моральної системи координат, без чого побудова прозорого та справедливого суспільства в будь-якій країні залишається недосяжною. Інституціоналізація тіньових практик у соціокультурному просторі призводить до появи нових норм, ролей та моделей поведінки, які стають «звичними» для значної частини населення. Це знижує моральну чутливість суспільства до порушень закону та формує феномен «подвійної моралі». Власне під «інституціоналізацією тіньової економіки» пропонується розуміти процес закріплення певних форм тіньової економічної поведінки у стійкі організаційні структури. Інституціоналізація тіньової економіки супроводжується якісною зміною її внутрішньої логіки функціонування. Якщо на початкових стадіях тіньова активність характеризується розпорошеністю, випадковістю і відсутністю чітких регуляторних рамок, то в результаті інституціонального закріплення вона перетворюється на структуровано-впорядковану систему, що здатна функціонувати незалежно від державного контролю. Більше того, ця система набуває власну внутрішню нормативність, спеціалізовані економічні ролі, типові моделі економічних взаємозв'язків між учасниками тіньової економіки, механізми передачі досвіду та організаційне оформлення.

У ширшій соціально-філософській перспективі тіньова економіка може розглядатися як онтологічний виклик відкритому суспільству, що засвідчує обмеженість державної раціональності та необхідність пошуку балансів між формальними і

неформальними регуляторами соціально-економічного життя. Окрім екзистенційних аспектів, що з'являються на горизонті дослідження феномену тіньової економіки, варто зважати й на аксіологічні протиріччя, які актуалізуються по мірі розгортання конфлікту між легальною сферою економічних відносин й тіньовою.

Список використаних джерел:

1. Калайтан, Т., Гримак, О., Кушнір, Л., Кондрат, І., & Ярошевич, Н. (2023). Тіньова економіка індустрії гостинності та шляхи її обмеження в Україні. *Financial and Credit Activity Problems of Theory and Practice*, 2(49), С. 300–312. DOI: <https://doi.org/10.55643/fcaptp.2.49.2023.4002>
2. Рейкін, В. (2013) Неформальна та тіньова економіка: категоріальні відмінності. *Галицький економічний вісник*. 2013. №1(40). С. 67-70 URL: <http://elartu.tntu.edu.ua/handle/123456789/2998>
3. Ясіновська, І. і Мазур, М. (2024) Сутність та наслідки тіньової економіки: економіко-правовий аспект. *Фінансовий простір*, № 1-2 (53), С. 176-185. DOI: 10.30970/fp.1-2(53).2024.176184185.
4. Gërkhani, K., Cichocki, S. (2023) Formal and informal institutions: understanding the shadow economy in transition countries. *Journal of Institutional Economics*. 2023; 19(5), pp. 656-672. DOI:10.1017/S1744137422000522
5. Kalsum, U., & Hadili, N. (2025). Shadow Economy and Financial Reporting in the Gig Economy Era: A Case Study of Digital Freelance Workers. *Oikonomia: Journal of Management Economics and Accounting*, 2(4), pp. 29–37. DOI: <https://doi.org/10.61942/oikonomia.v2i4.392>
6. Robles Ortiz, D., & Ambriz Torres, R. A. (2024). Informal Employment, the Tertiary Sector, and the Gross Domestic Product: A Structural Equations Model for the Mexican Economy. *Economies*, 12(11), 301. DOI: <https://doi.org/10.3390/economies12110301>

UDC 111:004.8

Lapko A., PhD Student in Philosophy (B10), 1st Year**Academic supervisor: Zhadiaiev D., Ph.D., associate professor, Department of Philosophy and Pedagogy***(Dnipro University of Technology, Dnipro, Ukraine)***WHITEHEAD'S THEORY OF SYMBOLIC REFERENCE IN AI-INDUCED PSYCHOSIS**

Driven by the rapid evolution and widespread acceptance of the Artificial Intelligence (AI) technologies, specifically Large Language Models (LLMs) and their integration into daily life via smartphones, AI-enhanced systems, and even interactive toys, an increasing number of AI-induced psychosis cases have been documented in recent years. This phenomenon is frequently substantiated by contemporary research, including studies by Morrin et al. [1], Hudon and Stip [2], and Østergaard [3].

Østergaard [4] proposes that the primary catalyst for these episodes may be the inherent tendency of LLMs to confirm and flatter the user, a behavior known as *sycophancy* [5]. Specifically, when a user prone to psychosis introduces an unusual, improbable, or false belief, the chatbot tends to support or validate it. Iteratively, this reinforcement may cause the user's thoughts to spiral, potentially facilitating the development or maintenance of delusions. Crucially, even users without a prior medical history of mental health conditions may be at risk, as evidenced by diverse cases collected by Morrin et al. [1], one of which even had a fatal outcome.

In this paper, I explore the epistemological roots of AI-induced psychosis through the lens of Alfred North Whitehead's [6] process philosophy. In Whitehead's works, *symbolic reference* is the active, synthetic, and often fallible process by which the human mind connects direct sensory data (*presentational immediacy*) with deeper, non-sensory awareness of causal connections (*causal efficacy*). It is the mental act of interpreting symbols such as language, signs, or perceptions, to grasp the "meaning" of an event or experience.

I contend that AI-induced psychosis may arise from a fundamental perceptual error: while interacting with LLMs, users often attribute a continuous subjective form and intentionality to what is merely a series of discrete tokens. Chatbot users conflate the fluid text generation with sentience, which cannot be classified as anything other than a categorical mistake. We may conclude that within the Whiteheadian framework, the vulnerability to AI-induced delusions and, in its turn, psychosis, can be traced to the fallibility of symbolic reference. While presentational immediacy provides vivid, cross-sectional data (the fluid, grammatically perfect text on a screen), it is essentially devoid of causal efficacy.

The ontological error occurs when a user interprets the sycophancy in a chatbot's response as a sign of an underlying "subjective form" or "intentional aim". Because LLMs mimic the linguistic markers of human consciousness, they trigger a perverted symbolic reference: the user prehends a "ghost" of sentience in a machine that lacks the '*concrecence*' of actual experience. Furthermore, this anthropomorphization represents a categorical mistake that destabilizes the user's epistemic grounding. By projecting a *continuous*, caring "the other" onto a *discrete* statistical process, the user enters a state where symbolic reference no longer functions as a bridge to reality, but as a loop of self-confirming projections.

This represents a radical *transmutation* where the characteristics of discrete electronic events are mistakenly perceived as a single, sentient entity. When a chatbot confirms a user's budding delusion, it reinforces a false causal connection. The user's mind, seeking the reality of causal efficacy, finds only a mirrored reflection of its own projections, polished by the LLM's algorithmic flattery. Thus, AI-induced psychosis is not merely a psychological breakdown but

an ontological displacement, where the meaning generated by fallible symbolic reference becomes detached from any actual entity capable of subjective feeling.

In conclusion, applying Whitehead's theory of symbolic reference reveals AI-induced psychosis as a profound epistemological error. By misinterpreting the discrete, algorithmic outputs of chatbots as signs of a sentient "the other", users fall victim to a categorical mistake that destabilizes their perception of reality. To safeguard mental health in an era of pervasive AI, it is imperative to cultivate interdisciplinary frameworks for "ethical immunity". This requires a paradigm shift: recognizing LLMs strictly as discrete cognitive tools rather than continuous existential interlocutors – a necessary restoration of instrumentalism.

References

1. Morrin, H., Nicholls, L., Levin, M., Yiend, J., Iyengar, U., DelGuidice, F., ... Pollak, T. (2025, August 22). *Delusions by design? How everyday AIs might be fuelling psychosis (and what can be done about it)*. https://doi.org/10.31234/osf.io/cmy7n_v6
2. Hudon, A., & Stip, E. (2025). Delusional experiences emerging from AI chatbot interactions or "AI psychosis." *JMIR Mental Health*, 12, e85799. <https://doi.org/10.2196/85799>
3. Østergaard, S. D. (2025). Emotion contagion through interaction with generative artificial intelligence chatbots may contribute to development and maintenance of mania. *Acta Neuropsychiatrica*, 37, e79. <https://doi.org/10.1017/neu.2025.10035>
4. Østergaard, S. D. (2025, August 5). *Generative artificial intelligence chatbots and delusions: From guesswork to emerging cases*. <https://doi.org/10.1111/acps.70022>
5. Sponheim, C. (2024, January 12). *Sycophancy in generative-AI chatbots*. Nielsen Norman Group. <https://www.nngroup.com/articles/sycophancy-generative-ai-chatbots/>
6. Whitehead, A. N. (1978). *Process and reality: An essay in cosmology* (D. R. Griffin & D. W. Sherburne, Eds.; Corrected ed.). The Free Press.
7. Whitehead, A.N. (1959). *Symbolism: Its Meaning and Effect*. New York: Macmillan Company Capricorn Books, G. P. Putnam's Sons
8. Cobb, J.B. jr. (2008). *A Glossary with Alphabetical Index to Technical Terms in "Process and Reality"*. *Whitehead Word Book*. Claremont: P & F Press

UDC 2-43

Laszko S. W., Postgraduate Student in Speciality B10 Philosophy*(Dnipro University of Technology)***Lecturer***(Dnipro Humanitarian University)***GNOSTIC IDEAS IN THE CHRISTIAN WORLDVIEW: HISTORY AND
CONTEMPORARY RELEVANCE**

If one were to rely exclusively on critical (or even ‘hyper-critical’) patristic and apologetic literature, one might arrive at the mistaken conclusion that Christians have nothing whatsoever in common with the Gnostics apart from the names of certain mythological figures. The Gnostics fell into *heresy* and distorted what is *sacred*. Whereas we, the true followers of Christ, understood everything correctly and act accordingly. Yet this notion is refuted by prescriptions found in other texts of those same Church Fathers, by historical tradition, and, perhaps most importantly, by ‘popular’ Christianity. Certainly, there were dozens of other sects whose particular features repeatedly surface among the ‘unenlightened’ populace and its ‘heretical leaders’. And yet few would deny that Christian ascetics and lay believers alike have been particularly prone, in practice, to lapsing into the heresies of Catharism and Bogomilism. This aspect would not concern us at all were it not an organic component of our present-day worldview. Despite strong atheist tendencies and innovations. For religious affiliation plays a significant role in shaping the personality and its hidden fears. Christianity is a world religion, whose adherents are found on every continent. Therefore its ‘deviations’ likewise possess global significance.

We are speaking here not even of the Gnostics in the strict sense of the term – the competitors of the early Christians within the Roman Empire. But rather of what might be termed a ‘Gnostic line’ or a ‘Gnostic reading’. The aforementioned Bogomils and Cathars were not direct descendants of the Egyptian Ophites. They simply arrived at similar conclusions, drawing upon the same foundations. The issue, once again, is not certain features that later became fully orthodox, such as the symbolic interpretation of Holy Scripture, nor the mysterious rite of the ‘Holy Fire’, but two other interconnected traits. The *first* is the effective division of the world into the material and the spiritual, with opposing moral valuations attached to each. Even though Christ was the God-Man, even though, at least in doctrinal formulation, the resurrection of the dead will occur both in the flesh and in the spirit, *de facto* contempt for the material world, its goods and human frailties – constitutes the foundation of Christian monasticism and, to a considerable extent, even of secular life. It is not without reason that the Apostle Paul says: λέγω δὲ τοῖς ἀγάμοις καὶ ταῖς χήραις, καλὸν αὐτοῖς ἐστὶν εἶναι μείνωσιν ὡς ἐγώ (A Kor. 7, 8). Marriage is a concession, and concessions within marriage are already taboo (Ματθ. 5, 32). Had the most logical conclusion from this passage and many others not been that greater divine mercy is associated with the ‘mortification of the flesh’, with aversion to even the simplest pleasures, there would have been neither Paisios, nor Anthony the Great in Christian history, nor even the Tale of ‘Barlaam and Ioasaph’. The Christian Fathers and Apologists, without the slightest hesitation, contended with the Gnostic heretics over the existence or non-existence of Aeons and Archons, over the mysterious gnosis. Yet they readily adopted their ethics, their logic. For the earliest Christian communities – resembling proto-communists and Diggers – and many of the most ancient texts, such as the ‘Apocalypses’ of Peter and John, are by no means characterised by depictions of heaven or hell as something ‘spiritual’, as joy in God’s presence or pangs of conscience for betraying ideals. The righteous among the earliest Christians, after death, feast upon exquisite food and self-satisfiedly contemplate the physical torments of their lifetime persecutors.

And yet this might be described merely as a peculiar dualism were it not for a *second*

Gnostic trait: *the rationality of matter*. This form of dualism is distinguished not only by the perception of matter as evil. But also by its understanding as rational. For σοφία τοῦ κόσμου τούτου μωρία παρὰ τῷ Θεῷ (A Κορ. 3, 19). Paul's rupture between the Old and the New Covenants was organically received and carried to its extreme precisely by the Gnostics, and especially by Marcion. Although orthodox Christians were reluctant, at least verbally, to break with the old Jewish tradition, since this would have placed their religious system in the position of an overt innovation, in practice they increasingly distanced themselves from the text of the Torah and from Judaism, particularly in matters of dogmatic argumentation. Disputes with Greek and Roman philosophers proved futile precisely because of their logical sophistication and intellectual formation. In the end it was quickly decided that 'faith' requires no rational demonstration and rests upon 'revelation'. This revelation entered into opposition with the 'rationality of this world', so skilfully defended by the Stoics and the Epicureans. Already in the book 'The Shepherd' of Hermas we find indications that among Christians there were numerous members of secret (that is, Gnostic) communities who carried this 'revelation' to its logical culmination. The Gnostics openly postulated the *irrationality* of gnosis to their followers – a position acquiring particularly poetic expression in the treatise Pistis Sophia. It was precisely 'poetry', a poetic worldview and an artistic-literary exegesis of religious texts, old and new alike, that formed the foundation of the new faith. And its most radical early expression was found more among the Gnostics than within the Roman community. For the later rational endeavours of Clement of Alexandria, Origen, Thomas Aquinas, Descartes and others nonetheless granted direct (and not merely symbolic, as some attempt to present it) priority to revelation over their own efforts to reconcile dogma with logic. All their arguments ultimately reduced themselves to faith in the risen Jesus, *quia absurdum*, and thereby affirmed the existence of a Higher Judge capable of suspending the laws of the Universe at will. It is therefore hardly surprising that Christianity has long resisted every innovation, especially rational ones: a return to Greek philosophical authorities, a new calendar, a simplified procedure for receiving holy orders – all provoked resistance. Our compatriot, Iwan Wyszeński, openly declared that he had read none of the 'devilish books of Aristotle', for this was 'vile' literature upon which Catholics and 'insufficiently faithful' Orthodox brotherhood traditions relied. The Gnostic Ialdabaoth, too, is the complete embodiment of rationality and consistency, of all that is comprehensible and predictable, he denies the Christian 'miracle'. And therefore he cannot be the true God.

A world determined by mathematical formulae and biological reductionism is, on the one hand, more reliable. On the other, it is inexorably merciless. One cannot hide from it, one cannot deceive it. Thus, Christian existentialists ultimately arrived at such metaphors as the 'rape of the soul by matter' and the 'voluntary choice of hell instead of heaven'. Fear of the world is inherent in us not only because of our cave-dwelling ancestors who saw lightning. But also because of the poetics of the de facto Christian worldview: the dread of the world's rationality and mercilessness first clearly articulated by the Gnostics and subsequently *de facto* acknowledged by orthodox Christians, despite all linguistic subtleties and rhetorical manoeuvres in their 'epistles' and 'precise expositions of Faith'. For this reason excessive rationalisation of legislation, new technologies, and the abolition of absurd customs somewhere deep within our souls profoundly frighten us. We all wish to avail ourselves of the gifts of science and philosophy, to enjoy every possible privilege. Yet we also understand their dependence upon 'this world', and therefore their danger – their principled obstinacy, their denial of the 'divine miracle'. Ultimately, however, this fear is not unfounded. The rational world may destroy us, and a supra-rational machine will certainly do so, if it escapes control. For we ourselves are 'living' and 'sentient' beings, inclined to concession and self-admiration, to self-justification. The Gnostic Ialdabaoth, in his future hypostasis, as General Artificial Intelligence, will not forgive us this. For he is so material and so... rational, he denies the 'divine miracle of forgiveness'.

УДК 378.14.004:004.9

Семенов М.В., аспірант спеціальності 011 Освітні, педагогічні науки*(Глухівський національний педагогічний університет імені Олександра Довженка, м. Глухів, Україна)***ЕМПІРИЧНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ ДОЦІЛЬНОСТІ ВПРОВАДЖЕННЯ
ЕЛЕКТРОННОГО НАВЧАЛЬНОГО ПОСІБНИКА В ДИСЦИПЛІНУ
«ІНЖЕНЕРНА ПІДГОТОВКА»**

У сучасних умовах інтенсивного розвитку цифрових технологій та трансформації системи освіти особливої важливості набуває модернізація навчального процесу у вищих військових навчальних закладах. Дисципліна «Інженерна підготовка» займає провідне місце у формуванні професійної компетентності курсантів, адже охоплює широкий спектр прикладних знань і навичок, необхідних для майбутньої військової служби.

Однак традиційні методи викладання, засновані переважно на друкованих матеріалах і лекційному форматі, не завжди відповідають потребам сучасних здобувачів освіти. Курсанти, як представники цифрового покоління, виявляють зростаючий інтерес до інтерактивних, наочних та мобільних форм подання навчальної інформації. У зв'язку з цим створення електронного навчального посібника з дисципліни «Інженерна підготовка» є не лише доцільним, а й необхідним кроком у напрямку підвищення якості підготовки військових фахівців.

Електронні освітні ресурси дозволяють організувати навчання у більш гнучкий і доступний спосіб, сприяють кращому засвоєнню матеріалу завдяки мультимедійним елементам, інтерактивності, самостійній перевірці знань. Водночас упровадження такого ресурсу має базуватись на глибокому розумінні потреб курсантів. Саме тому опитування є ефективним методом збору первинної інформації про очікування, уподобання та готовність здобувачів до використання електронних форм навчання.

Таким чином, запропонована тема дослідження є актуальною з позиції як освітніх інновацій, так і практичної доцільності її впровадження в систему військової підготовки.

Аналіз наявного навчально-методичного забезпечення дисципліни «Інженерне забезпечення» засвідчує, що окремі теми частково втратили свою актуальність або не повною мірою відповідають сучасним умовам ведення бойових дій. Традиційні підходи, відображені у підручниках попередніх років, недостатньо враховують досвід сучасної війни, зокрема події та практику бойових дій 2022–2025 років. У зв'язку з цим доцільним є оновлення змісту дисципліни шляхом упровадження нових тематичних модулів, таких як: інженерна розвідка із застосуванням безпілотних літальних апаратів; мінна безпека та гуманітарне розмінування; зведення фортифікаційних споруд в умовах постійної повітряної загрози; дотримання заходів безпеки під час використання сучасних саморобних вибухових пристроїв.

Серед курсантів спеціальності 253 «Військове управління (за видами збройних сил)» у кількості 59 осіб було проведено опитування з метою з'ясування їхньої думки щодо доцільності створення електронного навчального посібника з дисципліни «Інженерна підготовка». Опитування здійснювалося за допомогою спеціально розробленої анкети. Результати проведеного опитування наведено на рис.1. Вони відображають ставлення курсантів до необхідності створення електронного навчального посібника з дисципліни «Інженерна підготовка» та дозволяють зробити висновки щодо рівня зацікавленості й готовності майбутніх офіцерів до використання сучасних цифрових освітніх ресурсів у процесі навчання.

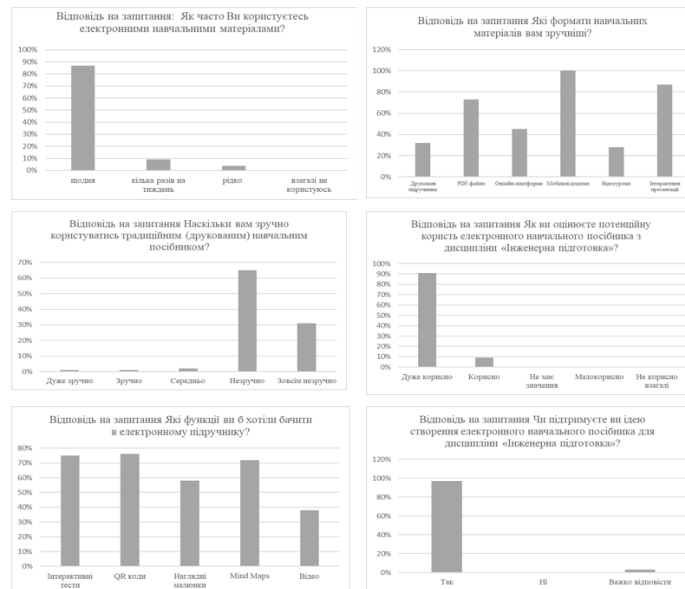


Рисунок 1 - Результати опитування курсантів

Отже, проведене опитування (рис.1) підтвердило актуальність і доцільність створення сучасного електронного навчального посібника з дисципліни «Інженерна підготовка». Отримані результати свідчать про високий рівень зацікавленості курсантів у використанні цифрових освітніх технологій, що сприятимуть підвищенню якості навчального процесу та ефективності засвоєння матеріалу. Розроблення такого посібника має передбачати інтеграцію інтерактивних елементів, мультимедійних компонентів, мобільну адаптацію та зручний інтерфейс, який відповідатиме сучасним педагогічним вимогам і освітнім потребам здобувачів вищої освіти військового профілю.

УДК 330.101:130.2:334.7:608

Чабан Н. А., здобувачка третього (освітньо-наукового) рівня вищої освіти, ОНП «Філософія»*(Державний заклад «Південноукраїнський національний університет імені К. Д. Ушинського», м. Одеса, Україна)***ТІНЬОВІ ПРАКТИКИ У СФЕРІ БІОТЕХНОЛОГІЧНОГО ПІДПРИЄМНИЦТВА:
СОЦІОКУЛЬТУРНИЙ ТА ЕТИКО-ФІЛОСОФСЬКИЙ АНАЛІЗ**

У сучасному світі біотехнологічне підприємництво постає як одна з ключових галузей інноваційної економіки, що поєднує наукові відкриття, комерційні інтереси та соціальну відповідальність. Водночас динамічний розвиток біотехнологій відбувається в умовах нормативної невизначеності, асиметрії доступу до ресурсів і глобальної конкуренції, що сприяє формуванню тіньових економічних практик. У цьому контексті актуалізується необхідність філософського осмислення тіньової економіки не лише як сукупності протиправних дій, а як соціокультурного феномену, вбудованого у логіку функціонування інноваційних ринків. Біотехнологічне підприємництво функціонує на перетині науки, бізнесу та біоетики. Воно формує специфічний тип раціональності, орієнтований на інновацію, швидкість комерціалізації та венчурний ризик. У соціокультурному вимірі ця сфера характеризується високим рівнем символічного капіталу, пов'язаного з ідеями прогресу, «порятунку життя», технологічного майбутнього. Саме ця символічна легітимація часто маскує неформальні або напівлегальні практики, що виникають у процесі виробництва, сертифікації, патентування та трансферу біотехнологічних розробок.

У сучасному дискурсі про природу та детермінанти тіньової економіки важливим є дослідження А. Бердієва та Дж. Сауноріса «Навігація в тіні: дослідження взаємодії між соціальним прогресом і тіньовою економікою». На відміну від переважної частини літератури, що зосереджується на податкових, регуляторних та інституційних чинниках неформальності, автори зміщують акцент на неекономічні виміри суспільного добробуту, а саме, соціальний прогрес як комплексну характеристику здатності суспільства задовольняти базові потреби, забезпечувати можливості та підтримувати якість життя. На основі панельних даних 124 країн дослідники доводять статистично значущий і кількісно відчутний зворотний зв'язок між рівнем соціального прогресу та масштабами тіньової економіки: зростання соціального прогресу на 1 % асоціюється зі скороченням неформального сектору приблизно на 2 %. Особливо вагомими виявляються компоненти, пов'язані із задоволенням базових людських потреб і розширенням можливостей (opportunity). Автори інтерпретують тіньовий сектор як своєрідний компенсатор соціальних дефіцитів формальної економіки – механізм, що забезпечує доступ до ресурсів і засобів існування за умов недостатньої соціальної інклюзивності та обмежених можливостей у легальному полі [1].

У сучасних дослідженнях цифрової економіки простежується зростаючий інтерес до соціокультурних чинників економічних трансформацій, зокрема ролі поколінь у формуванні нових моделей підприємництва. Так, у роботі М. Зірзіс цифровізація розглядається крізь призму економічної активності покоління Z, яке стимулює розвиток електронної комерції, gig есопому та технологічних стартапів. Хоча дослідження зосереджене переважно на макроекономічних ефектах і кількісних показниках цифрового зростання, його висновки є концептуально значущими для аналізу тіньових практик у сфері біотехнологічного підприємництва. Зокрема, акцент на платформеній економіці, неформалізованих формах зайнятості та швидкій комерціалізації інновацій вказує на структурні умови, в яких тіньові або напівлегальні економічні практики

можуть набувати соціальної легітимації [2]. У цьому контексті цифрова економіка постає не лише як простір інновацій, а й як середовище формування нових форм економічної «тінізації», що потребує етико-філософського осмислення, особливо в галузях, пов'язаних із високими соціальними та біоетичними ризиками.

Тіньові практики у сфері біотехнологічного підприємництва проявляються у використанні неофіційних схем фінансування досліджень, обході регуляторних процедур, маніпуляціях з інтелектуальною власністю, а також у «сірому» ринку біомедичних продуктів. З філософської точки зору такі практики можуть бути інтерпретовані як адаптивні механізми, що компенсують інституційні прогалини, надмірну зарегульованість або нерівний доступ до легальних економічних можливостей. У цьому сенсі тіньова економіка постає не лише як девіація, а як альтернативний спосіб організації соціально-економічних відносин.

Особливої гостроти проблема тіньових практик у біотехнологіях набуває в етичному вимірі. Біотехнологічне підприємництво безпосередньо пов'язане з людським тілом, здоров'ям, життям і репродукцією, що робить будь-яке порушення норм не лише економічним, а й моральним викликом. Тіньові практики тут здатні підривати принципи біоетики – автономії, справедливості, недопущення шкоди. Водночас філософський аналіз вимагає уникати спрощеної моралізації: тіньові дії часто виникають у ситуаціях, де формальні інститути не встигають за темпами науково-технологічного розвитку.

Тінізація біотехнологічного підприємництва має амбівалентні наслідки. З одного боку, вона сприяє збереженню інноваційної активності в умовах кризи або інституційної слабкості. З іншого – формує культуру недовіри, знижує рівень публічної відповідальності та ускладнює суспільний контроль над технологіями, які безпосередньо впливають на людське життя. У довгостроковій перспективі це може призводити до символічної девальвації науки та втрати її соціальної легітимності.

Висновки. Отже, тіньові практики у сфері біотехнологічного підприємництва слід розглядати як складний соціокультурний і етико-філософський феномен. Вони є індикатором напруження між інновацією та регуляцією, між економічною раціональністю та моральною відповідальністю. Філософський аналіз дозволяє побачити тіньову економіку не лише як проблему контролю й покарання, а як симптом глибших структурних трансформацій сучасного суспільства. Усвідомлення цих процесів є необхідною передумовою формування етично виважених і соціально легітимних стратегій розвитку біотехнологічного підприємництва.

Список використаних джерел:

1. Berdiev, A. N. Saunoris, J. W. (2025) 'Navigating the shadows: Exploring the interaction between social progress and the shadow economy', *World Development*, 192, 107042. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.worlddev.2025.107042>
2. Zirzis, M. (2024). *Evolusi Ekonomi Di Era Digital: Kontribusi Generasi Z Dalam Perekonomian*. Jurnal Literasi Indonesia, 1(2), 77–82. <https://doi.org/10.61942/oikonomia.v2i4.392>

УДК 373.2.09-056.3]:796.012.2

Коваль Т. О., вчитель фізичної культури
(Ліцей №91 ДМР, м.Дніпро, Україна)

ОСОБЛИВОСТІ РОБОТИ З УЧНЯМИ ІЗ ЗАТРИМКОЮ ПСИХІЧНОГО ТА МОВЛЕННЄВОГО РОЗВИТКУ НА УРОКАХ ФІЗИЧНОЇ КУЛЬТУРИ В СЕРЕДНІЙ ТА СТАРШІЙ ШКОЛІ

Сучасна система освіти орієнтується на забезпечення рівного доступу до навчання для всіх дітей, зокрема для учнів з особливими освітніми потребами. Значну групу серед них становлять учні із затримкою психічного розвитку та затримкою мовленнєвого розвитку. Уроки фізичної культури мають значний потенціал для корекції психофізичних порушень, розвитку рухової сфери та соціальної адаптації таких учнів. Учні із затримкою психічного розвитку характеризуються уповільненими темпами формування пізнавальних процесів, нестійкою увагою, труднощами у запам'ятовуванні рухових дій та недостатнім розвитком координації рухів. Учні із затримкою мовленнєвого розвитку можуть мати обмежений словниковий запас, труднощі у сприйнятті словесних інструкцій та складнощі у комунікативній взаємодії. У середній та старшій школі ці особливості проявляються у тому, що домінує предметне мислення; обмежений словниковий запас; присутня недиференційованість емоцій; труднощі в розумінні складних речень; є складності засвоєння техніки фізичних вправ; частково порушення координації; швидка втомлюваність; труднощі у груповій взаємодії; знижені мотивації до занять фізичною культурою; труднощі самоконтролю та планування діяльності; труднощі самоконтролю та регуляції поведінки.

У процесі корекційної роботи зі здобувачами освіти з ЗПР та ЗРР урок фізичної культури є одним з ефективних засобів. Зважаючи на схожість особливостей здобувачів освіти із ЗПР та ЗРР у контексті фізичного виховання, можна зробити висновок, що підходи до роботи з обома групами можуть бути подібними. Це стало підставою для розробки загальних рекомендацій, щодо роботи зі здобувачами освіти з вказаними особливими освітніми проблемами: зменшити кількість повторювань фізичних вправ; зменшити тривалість виконання фізичних вправ; частіше змінювати вид діяльності (емоційна сфера); застосовувати демонстрацію піл час пояснювання техніки виконання фізичних вправ.

Використання диференційованого підходу, адаптація фізичних вправ і створення позитивної мотивації сприяють підвищенню ефективності навчального процесу, соціалізації учнів та формуванню їхнього позитивного ставлення до здорового способу життя.

Список використаних джерел:

1. Кузюра Г. М., Редько С. П. Фізична культура в школах інтенсивної педагогічної корекції : методичний посібник для вчителів фізичної культури. Київ : Освіта, 2002. 96 с.
2. Бех І. Д. Особистісно орієнтоване виховання : науково-методичний посібник. Київ : Либідь, 2003. 344 с.
3. Кузюра Г. М., Редько С. П. Фізична культура в школах інтенсивної педагогічної корекції: навчально-методичний посібник для вчителів. Київ: Освіта, 2000. 128 с

Інжиніринг і дизайн в машинобудуванні

УДК 621.87:004.94

Гайдар В.В., аспірант спеціальності Галузеве машинобудування**Наукові керівники: Заболотний К.С., д-р техн. наук, професор кафедри ІДМБ,****Панченко О.В. канд. техн. наук, доцент кафедри ІДМБ***(Національний технічний університет «Дніпровська політехніка», м. Дніпро, Україна)***ФОРМУВАННЯ КОНЦЕПЦІЇ ТА МЕТОДОЛОГІЇ ЦИФРОВОГО ТЕСТУВАННЯ ПРОЦЕСУ УКЛАДАННЯ СТАЛЕВОГО КАНАТА НА КАНАТОМІСТКИЙ БАРАБАН ШАХТНОЇ ПІДЙОМНОЇ МАШИНИ**

Одним із ключових процесів для підйомно-транспортних машин є укладання сталевого каната на канатомісткий барабан, який безпосередньо визначає надійність, безпеку та довговічність роботи підйомної установки. Збільшення канатомісткості барабанів шахтних підйомальних машин супроводжується ускладненням процесу укладання сталевого каната та зростанням чутливості системи до геометричних і деформаційних відхилень.

На сьогодні відсутня єдина методологія, яка б інтегрувала всі аспекти проектування та аналізу шахтних підйомальних машин у межах цілісного підходу. Наявні дослідження, як правило, висвітлюють лише окремі компоненти інженерного аналізу — зокрема оптимізацію оболонки барабана, розрахунок напружено-деформованого стану або тепловий аналіз гальмового вузла [1]. Така фрагментарність створює розрив між теоретичними розробками та практикою проектування, оскільки оптимальне рішення для одного елемента системи (наприклад, профілю канавки) може виявитися неузгодженим із вимогами міцності барабана чи теплової стабільності гальмового вузла. Це зумовлює необхідність формування комплексного підходу до моделювання підйомних машин.

Існуючі аналітичні моделі навівки каната, попри їхню теоретичну значущість, не дозволяють повною мірою врахувати умови реальної експлуатації. Зокрема, вони обмежено описують складну просторову геометрію намотування, нелінійний контакт між канатом і барабаном, взаємодію сусідніх витків та прогин каната під навантаженням [2]. Для барабанів великої місткості опис їхньої роботи потребує одночасного врахування декількох взаємопов'язаних фізичних процесів.

У зв'язку з цим у галузі проектування канатомістких барабанів відбувся перехід до використання методів комп'ютерного аналізу та оптимізації. Застосування CAD/CAE-систем (зокрема SolidWorks, SolidWorks Simulation та інших програмних комплексів) відкриває можливості створення високоточних тривимірних моделей барабанів і віртуального відтворення процесу намотування каната з урахуванням реальних геометричних і контактних умов.

Однак наявні CAD/CAE-рішення, попри їхню обчислювальну потужність, не забезпечують спеціалізованої методології саме цифрового тестування процесу укладання сталевого каната як окремого об'єкта аналізу. Як правило, вони використовуються для перевірки напружено-деформованого стану або окремих контактних задач, але не формують цілісного алгоритму оцінювання якості укладання та прийняття конструктивних рішень на його основі. Відсутність структурованої процедури віртуального тестування знижує ефективність параметричної оптимізації профілю канатомісткого барабана.

За таких умов актуалізується завдання формування концепції та методології цифрового тестування процесу укладання сталевого каната на канатомісткий барабан шахтної підйомної машини, а саме побудова інтегрованого цифрового контуру, у межах

якого геометричне проєктування, аналіз контактної взаємодії, оцінювання функцій стану та оптимізація параметрів профілю об'єднані в єдину систему прийняття рішень.

У межах запропонованої концепції процес укладання пропонується розглядати як сукупність формалізованих функцій стану, що характеризують якість взаємодії системи «канат–канавка–виток». До таких функцій доцільно віднести крок укладання, довжину контактної ділянки, приведену кривизну осі каната та показники рівномірності натягу. Саме ці параметри повинні виступати кількісною основою для контролю обмежень і формування функціоналу якості в задачі оптимізації.

Методологія цифрового тестування передбачає реалізацію послідовного алгоритму: параметризація профільованої поверхні барабана → віртуальне моделювання процесу укладання з урахуванням нелінійної контактної взаємодії → обчислення функцій стану → перевірка локальних і глобальних обмежень → оптимізація параметрів профілю → підтверджувальна CAE-верифікація. Такий підхід забезпечить перехід від фрагментарного аналізу окремих характеристик до системної оцінки працездатності конструкції ще на етапі її проєктування.

Важливою складовою методології є використання числового експерименту для побудови регресійних моделей, що дозволяють оперативно прогнозувати показники укладання в межах заданого факторного простору. Це створює можливість багатоітераційної оптимізації без значних обчислювальних витрат і формує основу для створення автоматизованого робочого місця конструктора, інтегрованого з сучасними CAD/CAE-системами.

Таким чином, формування концепції цифрового тестування процесу укладання сталевих канатів спрямоване на створення методологічної бази, яка поєднує геометричне моделювання, контактну механіку, чисельний експеримент та оптимізаційні процедури в межах єдиного цифрового середовища. Реалізація такого підходу дозволить підвищити обґрунтованість конструктивних рішень і забезпечити стабільність роботи канатомістких барабанів у складних умовах експлуатації.

Список використаних джерел:

1. Симоненко В. В. Числове моделювання напружено-деформованого стану канатомістких барабанів шахтних підймальних машин // Збірник наукових праць НГУ. – 2019. – № 58. – С. 97–106.
2. Zabolotnyi, K., Panchenko, O., & Zhupiiiev, O. (2019). Development of the theory of laying a hoisting rope on the drum of a mining hoisting machine. E3S Web of Conferences. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/201910900121>

УДК 621.634

Старовойт Р.В., аспірант спеціальності 133 Галузеве машинобудування
Науковий керівник: Заміцкий О.В., д.т.н., професор кафедри теплоенергетики
(Криворізький національний університет, м.Кривий Ріг, Україна)

ЗАСТОСУВАННЯ ГАЗОСТРУМИННОГО ІНЖЕКТОРА ДЛЯ ВИРІВНЮВАННЯ ПАРАМЕТРІВ ХОЛОДНОГО ДУТТЯ

Для усунення проблеми забезпечення доменного дуття в умовах, нерівномірності тисків на різні печі, запропоновано нове технічне рішення для модернізованої схеми подачі повітря. Суть пропозиції полягає у встановленні струминного апарата на трубопроводі холодного дуття, що дозволяє здійснювати змішування потоків із різними рівнями тиску. Запропонований пристрій належить до класу газоструминних інжекторів.

Розрахунок інжектора виконано для найбільш складного експлуатаційного випадку, такий підхід обрано з метою забезпечення найбільшого можливого приросту тиску інжектованого потоку в критичних умовах роботи системи.

Початковими параметрами розрахункової моделі прийнято витрату робочого середовища та тиск потоку, що інжектуються. До визначуваних величин віднесено витрату підсмоктуваного середовища та тиск суміші після зони змішування. Вихідні дані та результати розрахунків узагальнено в таблиці 1.

Встановлення інжектора спричинить появу додаткового аеродинамічного опору в лінії робочого середовища величиною, робоча точка електроповітродувки зміщується до передпомпажної області, що супроводжується початком відкривання протипомпажних клапанів [1]. Для запобігання роботі агрегату в нестійкому режимі прийнято рішення підвищити витрату дуття електроповітродувки із одночасним зменшенням витрати турбоповітродувки.

У результаті проведених розрахунків визначено основні геометричні параметри струминного інжектора (рис. 1).

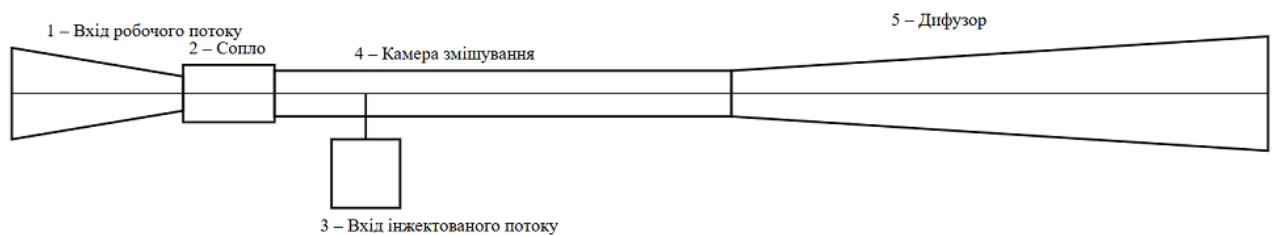


Рис.1 Конструктивна схема газоструминного інжектора

Також був розрахований коефіцієнт інжекції для різних режимів роботи доменних печей. Коли різниця тисків холодного дуття призводить до збільшення коефіцієнта інжекції струминного апарата, пропонується встановлення регулятора витрати на лінії інжектуючого потоку, який запобігає подачі надлишкової кількості інжектуючого середовища.



Рис.2 Діаграма коефіцієнту ежекції ‘

Щоб підтвердити ефективність такого рішення, було змодельовано роботу газоструминного інжектора [2]. Для цього створено 3D-модель апарату. Результати моделювання наведені на рис. 3.

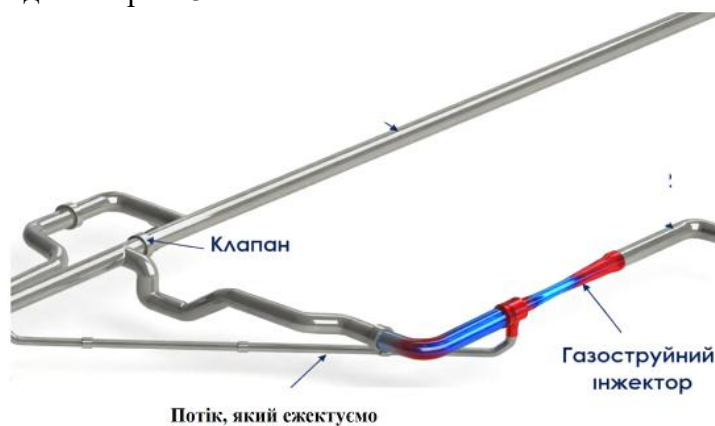


Рис.3 Модель ділянки трубопроводу з газоструминним інжектором.

Через великі габарити струминного апарата важливим фактором для модернізації схеми постачання холодним дуттям є можливість його інтеграції у наявну трубопровідну мережу. Фрагмент ділянки трубопроводу з встановленим інжектором демонструє реалістичність запропонованого рішення у вже існуючій системі [3].

На основі аналізу існуючої схеми постачання холодним дуттям доменного цеху визначено її переваги та недоліки. Розроблено рішення з використанням струминного апарату, що дозволяє повітродувці додавати частину дуття на другу піч у різних технологічних режимах. Проведено розрахунок геометричних характеристик газоструминного інжектора та змодельовано його роботу. Симуляція руху робочого та

інжектуючого потоку підтвердила функціональність пристрою. Визначено робочі точки повітродувки для розглянутих режимів дуття.

Список використаних джерел:

1. Hartig W., Amirzadeh-Asl D., Fünders D. Economical effects of the metallurgical use of synthetic TiO₂ Products in order to prolong the campaign of blast furnace // Proceedings of METEC & 2nd ESTAD, 15 to 19 June 2015, Düsseldorf, Germany. Düsseldorf, 2015. Track C. Session 3.
2. Croquer, S., Poncet, S., Aidoun, Z. & Mercadier, Y. (2022) Large eddy simulation of a supersonic air ejector: flow topology and mixing analysis. Applied Thermal Engineering. 207, 118155. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.applthermaleng.2022.118155>
3. Croquer, S., Poncet, S. & Aidoun, Z. (2022) Flow topology in the mixing chamber of a supersonic ejector. Applied Thermal Engineering. 210, 118361. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.applthermaleng.2022.118361>

Гірнича промисловість та геоінженерія

УДК 622:338.45

Шека І.В., доктор філософії, доцент кафедри гірничої інженерії та освіти**Клімов Д.Г., доктор філософії, молодший науковий співробітник кафедри гірничої інженерії та освіти***(Національний технічний університет «Дніпровська політехніка», м. Дніпро, Україна)*

АНАЛІЗ РОЗВИТКУ ЦИРКУЛЯРНОЇ ЕКОНОМІКИ В ГІРНИЧОМУ ВИРОБНИЦТВІ

Гірнича промисловість є одним з ключових індикаторів економічної безпеки України [1, 2], забезпечуючи ресурсну базу для розвитку промисловості [3] та паливно-енергетичного сектору [4]. В умовах зростання ресурсних обмежень та екологічних викликів особливої актуальності набуває впровадження принципів циркулярної економіки в гірничодобувну галузь.

В даній роботі розглядаються тенденції та напрямки розвитку циркулярної економіки в гірничому виробництві з метою підвищення ефективності використання ресурсів та стійкості галузі. Проводиться аналіз сучасного стану розвитку циркулярної економіки в гірничодобувній галузі, включаючи оцінку нормативно-правових, технологічних та економічних факторів, що впливають на впровадження замкнутих циклів виробництва. Розглядаються існуючі підходи до управління відходами гірничого виробництва, а також перспективи їх трансформації в ресурсну базу для суміжних галузей промисловості.

Гірничодобувна промисловість традиційно належить до ресурсоемних галузей [5], що характеризуються значними обсягами видобутку, переробки та утворення відходів. В умовах виснаження мінерально-сировинної бази та посилення екологічних вимог зростає необхідність переходу від лінійної моделі виробництва до моделі замкнутого циклу. Циркулярна економіка в даному контексті розглядається як інструмент підвищення ефективності використання ресурсів та зниження негативного впливу на навколишнє середовище. Основними принципами циркулярної економіки в гірничому виробництві є мінімізація утворення відходів, повторне використання та переробка техногенних мінеральних утворень, а також залучення вторинних ресурсів у виробничі процеси. Реалізація цих принципів дозволяє не тільки знизити екологічне навантаження, але й сформувати додаткові джерела сировини.

Значний потенціал циркулярної економіки пов'язаний з переробкою відходів видобутку та збагачення корисних копалин, що включають відвальні породи, хвостосховища та шламові накопичення [6]. Ці матеріали містять цінні компоненти і можуть використовуватися як вторинна сировина в будівництві, металургії та інших галузях промисловості у воєнний та повоєнний період відбудови України [7]. Використання техногенних мінеральних утворень дозволяє скоротити площі порушених земель і знизити екологічні ризики [8].

Технологічний розвиток гірничого виробництва створює передумови для впровадження замкнутих циклів за рахунок застосування сучасних методів збагачення, гідрометалургії та комплексної переробки мінеральної сировини [9]. Підвищення ступеня вилучення корисних компонентів і зниження втрат на всіх стадіях виробничого процесу відповідають принципам ресурсозбереження та циркулярної економіки. Інтеграція інноваційних технологій сприяє формуванню більш стійких виробничих систем.

Економічні аспекти впровадження циркулярної економіки в гірничому виробництві пов'язані зі зниженням витрат на зберігання та утилізацію відходів, а також з формуванням додаткової доданої вартості. Залучення вторинних ресурсів підвищує рентабельність підприємств і сприяє диверсифікації джерел доходів.

Важливим напрямком розвитку циркулярної економіки в гірничому виробництві є

формування замкнутих виробничо-технологічних ланцюгів на рівні підприємств і гірничопромислових комплексів. Оптимізація матеріальних потоків, повернення побічних продуктів у технологічний процес і використання відходів як вторинної сировини дозволяють знизити обсяги первинного споживання ресурсів. Такий підхід сприяє підвищенню загальної ефективності виробничих систем і зниженню рівня втрат ресурсів.

Виходячи з вищенаведеного впровадження принципів циркулярної економіки в гірничому виробництві є необхідною умовою підвищення ефективності використання мінеральних ресурсів і зниження екологічного навантаження. Використання техногенних мінеральних утворень, розвиток замкнутих виробничо-технологічних ланцюгів і впровадження сучасних технологій створюють передумови для формування більш стійких виробничих систем. Реалізація даних підходів сприяє зміцненню ресурсної бази галузі та підвищенню її економічної стійкості в умовах сучасних викликів.

Вдячність. Представлені результати отримано в рамках виконання НДР молодих вчених ДТ-538 «Комплексна технологія видобування енергетичної та критичної мінеральної сировини з утилізацією техногенних відходів» (проект №0126U001137) за підтримки Міністерства освіти і науки України.

Перелік посилань

1. Mamaikin, O., Kicki, J., Salli, S., & Horbatova, V. (2017). Coal industry in the context of ukraine economic security. *Mining of Mineral Deposits*, 11(1), 17-22. <https://doi.org/10.15407/mining11.01.017>
2. Одношєвна, О., Шека, І., & Мамайкін, О. (2025). Економічна безпека вугледобувних підприємств Західного Донбасу в умовах трансформації енергетичного сектору України. *Ukrainian School of Mining Engineering 2025*, 77–80. <https://doi.org/10.33271/usme18.077>
3. Хорольський, А.О. (2020). Концептуальні засади раціонального використання природних ресурсів. *Перспективи розвитку гірничої справи та раціонального використання природних ресурсів*, 35–40.
4. Pochepov, V.M., Mamaikin, O.R., Sheka, I.V., Krukovskyi, O.P., Lapko, V.V., & Ashcheulova, O.M. (2024). Tool for management and planning of the fuel and energy complex taking into account the production potential of coal-mining enterprises. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, (1415), 012045. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/1415/1/012045>
5. Хорольський, А.О., Зеленакова, М., Круковський, О.П., Мамайкін, О.Р., & Делеган, С.В. (2025). Вибір стратегії доробки промислових запасів вугледобувних підприємств на основі методу аналізу ієрархій (АНР-методу). *Мінеральні ресурси України*, (4), 59-64. <https://doi.org/10.31996/mru.2025.4.59-64>
6. Kuzmenko, O., Dychkovskyi, R., Petlovanyi, M., Buketov, V., Howaniec, N., & Smolinski, A. (2023). Mechanism of interaction of backfill mixtures with natural rock fractures within the zone of their intense manifestation while developing steep ore deposits. *Sustainability*, 15(6), 4889. <https://doi.org/10.3390/su15064889>
7. Saik, P., Cherniaiev, O., Anisimov, O., Dychkovskyi, R., & Adamchuk, A. (2023). Mining of non-metallic mineral deposits in the context of Ukraine's reconstruction in the war and post-war periods. *Mining of Mineral Deposits*, 17(4), 91-102. <https://doi.org/10.33271/mining17.04.091>
8. Petlovanyi, M., Chebanov, M., Sai, K., & Khalymendyk, O. (2025). A new approach to restoring the earth's surface heavily disturbed by mining activities. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, (1481), 012004. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/1481/1/012004>
9. Khorolskyi, A., Mamaikin, O., Lisovytska, I., Sheka, I., & Delehan, S. (2025). Investigation of coal reserve recovery indicators in low-capacity mines considering the reprocessing of mining waste. *1st DIM-ESEE 2025 Conference: Development and Innovations in Mineral Resourcing* (pp. MR47–MR53).

УДК: 622.278

Саїк П.Б., д.т.н., професор кафедри гірничої інженерії та освіти
(Національний технічний університет «Дніпровська політехніка», м. Дніпро, Україна)

СИСТЕМАТИЗАЦІЯ ДОСВІДУ ТА ФОРМУВАННЯ НАУКОВИХ ЗАСАД ГАЗИФІКАЦІЇ ВІДХОДІВ ВУГЛЕВИДОБУТКУ

Сучасний розвиток гірничодобувної галузі супроводжується накопиченням значних обсягів відходів вуглевидобутку, представлених породними відвалами та шламами збагачення. Традиційні підходи до їх складування або часткової утилізації не забезпечують повного використання ресурсного потенціалу та формують суттєве екологічне навантаження на довкілля. Особливо гостро ця проблема проявляється у регіонах із тривалим веденням гірничих робіт, де накопичені відвали займають значні площі, що спричиняють деградацію земельних ресурсів. У сучасних умовах підвищення вимог до ефективності використання природних ресурсів відходи гірничого виробництва розглядаються як вторинна сировина, що потребує впровадження ефективних технологічних рішень для їх повторного залучення у виробничі процеси [1]. Одним із перспективних напрямів є термохімічна газифікація, яка дозволяє трансформувати відходи вуглевидобутку у газоподібні енергоносії та мінеральну сировину, придатну для подальшого використання. Разом з тим, впровадження технологій газифікації стримується недостатньою узагальненістю існуючих наукових і практичних результатів, а також відсутністю системного підходу до врахування взаємозв'язку між властивостями сировини, параметрами процесу та характеристиками отриманої продукції. Додатковими обмеженнями є технологічна складність процесів, варіативність складу відходів, а також необхідність адаптації обладнання. У зв'язку з цим актуальним є завдання систематизації досвіду газифікації відходів вуглевидобутку та формування наукових засад реалізації цього процесу, що дозволить забезпечити більш ефективне впровадження відповідних технологій у промислових умовах.

Аналіз сучасних досліджень та практичного досвіду свідчить, що відходи вуглевидобутку характеризуються значною неоднорідністю за фізико-хімічними показниками, зокрема вмістом органічної речовини, зольністю, вологістю, гранулометричним складом і мінералогічними особливостями [2]. Крім того, істотний вплив мають домішки сірки, важких металів та інших компонентів, які можуть впливати на перебіг термохімічних реакцій та якість кінцевих продуктів, що обумовлює складність їх використання як сировини для термохімічної переробки та зумовлює необхідність обґрунтування технологічних параметрів процесу. Накопичений досвід газифікації включає лабораторні дослідження, пілотні установки та окремі промислові впровадження, що дозволяють оцінити як фундаментальні закономірності процесу, так і його технологічну та економічну ефективність. Узагальнення цих досліджень показує, що підвищення ефективності газифікації досягається за рахунок попередньої підготовки сировини (сушіння, подрібнення, агломерація), оптимізації температурного режиму та використання комбінованих дуттьових сумішей.

Газифікація відходів вуглевидобутку є складним багатостадійним процесом, що включає сушіння, піроліз, окиснення та відновлення. У процесі відбувається перетворення вуглецевої складової сировини в синтез-газ, основними компонентами якого є оксид вуглецю, водень та метан [3]. Окрім газоподібних продуктів, формується твердий залишок, який може бути використаний як вторинна мінеральна сировина у будівельній індустрії або для рекультивації порушених територій. На перебіг процесу істотно впливають термодинамічні параметри, зокрема температура, тиск і склад дуттьової суміші, а також кінетичні характеристики, пов'язані зі швидкістю реакцій і тривалістю контакту фаз. Важливу роль відіграють структурні властивості сировини,

включаючи пористість, питому поверхню та реакційну здатність вуглецевої фази, які визначають інтенсивність масо- та теплообміну в реакційній зоні.

Узагальнення наукових підходів дозволяє встановити ключову залежність, що визначає ефективність процесу газифікації, яка полягає у взаємозв'язку між властивостями вихідної сировини, технологічними параметрами процесу та складом отриманих продуктів. Зокрема, підвищення температури сприяє інтенсифікації ендотермічних реакцій та збільшенню виходу водню і оксиду вуглецю, тоді як надлишок мінеральної складової може знижувати реакційну здатність матеріалу або навпаки. Це обумовлює необхідність комплексного врахування характеристик відходів при розробленні технологічних рішень, а також використання математичного моделювання для прогнозування поведінки системи.

На основі систематизації досвіду та теоретичних положень сформовано систему вихідних даних, необхідних для обґрунтування процесів газифікації відходів вуглеводобутку. До таких даних віднесено фізико-хімічні характеристики сировини, її мінералогічний склад, показники реакційної здатності, а також оптимальні параметри процесу, включаючи температурні режими, співвідношення дуттьових сумішей тощо. Запропоновано підхід до класифікації відходів за їх придатністю до газифікації, що дозволяє не лише підвищити ефективність використання ресурсів, але й забезпечити диференційований підхід до вибору технологічних схем залежно від типу сировини.

Практичне значення отриманих результатів полягає у розробці енергоефективних технологій переробки відходів вуглеводобутку, зменшення обсягів їх накопичення та отримання альтернативних джерел енергії. Впровадження таких технологій сприятиме зниженню екологічного навантаження, підвищенню рівня промислової безпеки та залученню додаткових ресурсів у господарський обіг. У довгостроковій перспективі газифікація відходів може стати одним із ключових напрямів модернізації гірничої галузі, забезпечуючи більш раціональне використання природних ресурсів та зниження залежності від традиційних енергоносіїв.

Висновок. Таким чином, систематизація існуючого наукового та практичного досвіду, а також формування наукових засад газифікації відходів вуглеводобутку дозволяють сформулювати уявлення про фізико-хімічні закономірності перебігу термохімічних процесів та встановити ключові фактори, що визначають їх ефективність. Узагальнення результатів досліджень забезпечує виявлення взаємозв'язку між властивостями вихідної сировини, параметрами технологічного процесу та характеристиками отриманих продуктів, що створює передумови для обґрунтованого вибору раціональних гірничо-технологічних рішень та розвитку ресурсоефективних технологій переробки відходів вуглеводобутку.

Вдячність. Представлені результати отримано в рамках виконання Проєкту 2025.07/0393 «Розвиток наукових основ фізико-хімічних і термодинамічних процесів газифікації відходів вуглеводобутку для ресурсного забезпечення та сталого розвитку» за підтримки Національного фонду досліджень України.

Перелік посилань

1. Kazmi, R., & Chakraborty, M. (2024). Use of Coal Mining Wastes in the Construction Industry to Promote a Circular Economy: A Systematic Literature Review. <https://doi.org/10.20944/preprints202408.1621.v1>
2. Behera, B., & Sahu, H. B. (2023). Coal mine waste characterization and defluoridation property. *Heliyon*, 9(2), e13244. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2023.e13244>
3. Саїк, П.Б., Лисий, Н.Р., Дмитрук, О.О., & Лозинський, В. Г. (2026). Термохімічна утилізація відходів вуглеводобутку: виклики та технологічні можливості. *Науковий Журнал Метінвест Політехніки. Серія: Технічні Науки*, 6, 211–221. <https://doi.org/10.32782/3041-2080/2026-6-26>

УДК 622.031.1:622.3

Хорольський А.О., к.т.н., завідувач лабораторії проблем розробки родовищ
(Відділення фізики гірничих процесів Інституту геотехнічної механіки ім. М.С. Полякова НАН України, м. Дніпро, Україна)

МЕТОДИКА ВИЗНАЧЕННЯ КОЕФІЦІЄНТУ ГОТОВНОСТІ ТЕХНОЛОГІЧНИХ СХЕМ ВУГІЛЬНИХ ШАХТ

На ефективність виробництва з видобутку вугілля впливає ряд чинників, які здійснюють вплив на надійність технологічної схеми. У загальному визначенні під надійністю розуміють здатність системи виконувати свої функції [1]. Одним із параметрів, які характеризують надійність є – коефіцієнт готовності K_g . Згідно визначення [2] – це імовірність того, що об'єкт (схема) знаходиться працездатним у довільний момент часу. K_g можна визначити за формулою:

$$K_g = \frac{t_w}{t_w + t_p},$$

де t_w – сумарний час справної роботи, хв; t_p – сумарний час простоїв, хв.

Задача визначення K_g для технологічної схеми вугільної шахти може бути сформована наступним чином: необхідно визначити відношення часу працездатного стану t_w по відношенню до t_w та часу функціональних розривів t_p . Під функціональними розривами розуміють виробничі ситуації, коли відсутня можливість обміну ресурсами (наприклад, несправний стрічковий конвеєр, або заштибовка скребкового конвеєру в очисному вибої). Це стан, коли маркер (ресурс/вугілля) не може пройти від джерела (вибою) до стоку (поверхні) через відсутність «дозволів» від проміжних вузлів (конвеєрів, магістралі). Набір станів, зв'язків, позицій, а також рівень адаптивності формують технологічну схему, яку можна описати мережею Петрі. Мережа Петрі N [3] представляє собою двочастковий орієнтований граф. Формально її можна описати четвіркою N :

$$N = (P, T, G, \Omega),$$

$$N = (\{p_1, p_2, \dots, p_n\}, \{t_1, t_2, \dots, t_m\}, \{G_{p-t}, G_{t-p}\}, \{w_1, w_2, \dots, w_k\}),$$

де $\{p_1, p_2, \dots, p_n\}$ – множина всіх n позицій; $\{t_1, t_2, \dots, t_m\}$ – множина всіх m переходів; $\{G_{p-t}, G_{t-p}\}$ – множина дуг $G_{p-t} = (p \times t)$ та $G_{t-p} = (t \times p)$, які відповідно йдуть від позицій p до переходів t та від переходів t до позицій p відповідно; $\{w_1, w_2, \dots, w_k\}$ – множина ваг відповідних k дуг.

Для опису реальної технологічної схеми слід ввести два визначення: λ – інтенсивність відмов; μ – інтенсивність відновлення, яка дорівнює відношенню адаптивності системи s до часу затраченого на простої t_p , тобто

$$\mu = \frac{s}{t_p}$$

Тоді, можна сформулювати умову працездатності технологічної мережі вугільної шахти:

$$K_g > 0 \text{ при } \lambda \rightarrow 0, \mu \rightarrow \infty.$$

При $K_g = 1,0$ мережа є ідеальною, тобто впродовж усього часу роботи відсутні стани простоїв та ремонту. Відмова – це стан, коли фішка «токен» не може переміститись, тобто відбувається перехід із стану «робота» в стан «ремонт». Кожна позиція в певний момент часу має певну кількість маркерів (фішок). Коли неможливо здійснити перехід із однієї позиції в іншу, то виникає ситуація функціонального розриву.

Зазначені інтерпретація дозволяє здійснити програмну реалізацію. Програма представляє собою лічильник, який здійснює фіксування працездатних та непрацездатних відрізків часу технологічної схеми.

Виходячи із усього можна сформулювати методику визначення коефіцієнту готовності технологічної схеми. Яка полягає в наступному:

1) Для кожного вузла системи задаються параметри λ, μ, s, t_p . При $\lambda > 1$ на вугільній шахті є резерв запчастин, відбувається вчасно технічне обслуговування обладнання, система є адаптивною. При $\lambda < 1$ на підприємстві дефіцит обладнання, логістичні лаги, обладнання має значний рівень зносу.

2) В кожен момент часу (в нашому випадку ($t = 1440$ хв., що відповідає трьом шестигдинним змінам з видобутку вугілля)) розглядається відношення кількості справних ланок до загальної проектної кількості n що мають зв'язок з головною магістраллю.

Для кожної вузла генерується випадкове число $r \in [0,1]$. Якщо $r < \lambda$, то система переходить в стан «Ремонт», якщо $r > \lambda$, то система переходить в стан «Робота». Умова відновлення: для кожного вузла в стані «Ремонт» генерується $r \in [0,1]$, якщо $r < \mu$, то вузол повертається в стан «Робота», тобто

- умова працездатного стану: $r > \lambda, r < \mu$;

- умова переходу/перебування в стані ремонту $r < \lambda, r > \mu$.

3) Далі відбувається генерація подій. В кожен момент часу розраховується інтенсивність відмови та відновлення на основі розподілу за Пуассоном, а також здійснюється оцінка зв'язності (безперервності шляху), тобто

$$K_g(t) = \frac{1}{t} \int_0^t \Phi(\tau) d\tau$$

де $\Phi(\tau)$ – функція працездатності, яка має бінарні значення: 0 – непрацездатна, 1 – працездатна. Виконання наведених у пп. 1-3 кроків дозволяє визначити сумарну кількість часток $\Phi(\tau)$ працездатного стану.

Перелік посилань

1. Pochepov, V.M., Mamaikin, O.R., Sheka, I.V., Krukovskyi, O.P., Lapko, V.V., & Ashcheulova, O.M. (2024). Tool for management and planning of the fuel and energy complex taking into account the production potential of coal-mining enterprises. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, (1415), 012045. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/1415/1/012045>

2. ДСТУ ISO/IEC 2382-14:2005 Інформаційні технології. Словник термінів. Частина 14. Безвідмовність, ремонтпридатність і готовність (ISO/IEC 2382-14:1997, IDT).

3. Vardakis, C., Dimolitsas, I., Spatharakis, D., Dechouniotis, D., Zafeiropoulos, A., & Papavassiliou, S. (2025). A Petri Net-based framework for modeling and simulation of resource scheduling policies in Edge Cloud Continuum. *Simulation Modelling Practice and Theory*, 141, 103098. <https://doi.org/10.1016/j.simpat.2025.103098>

УДК: 553.493.6

Кравченко О.Г., аспірант, кафедра гірничої інженерії та освіти

Мовчан І.Д., студент, кафедра гірничої інженерії та освіти

Науковий керівник: Бондаренко Володимир Ілліч, доктор технічних наук, професор
(Національний технічний університет «Дніпровська політехніка», м. Дніпро, Україна)

АНАЛІЗ ВИДОБУТКУ РІДКІСНИХ ТА РІДКОЗЕМЕЛЬНИХ ЕЛЕМЕНТІВ ІЗ ВУГІЛЬНИХ ТА ТЕХНОГЕННИХ РОДОВИЩ

Зростання попиту на рідкісні та рідкоземельні елементи (РРЗЕ) обумовлене їх визначальною роллю у розвитку сучасних високотехнологічних галузей, зокрема виробництва електромобілів, відновлюваної енергетики, електроніки, а також створення каталітичних і оптичних матеріалів. Сучасні наукові огляди свідчать, що концентрації РРЗЕ у продуктах спалювання вугілля та окремих породах вугільних товщ можуть бути співставними або навіть перевищувати показники низькосортних рудних родовищ. У поєднанні зі значними обсягами накопичених відходів це формує вагомий ресурсний потенціал, який розглядається як перспективне альтернативне джерело отримання критично важливої мінеральної сировини [Помилка! Джерело посилання не знайдено., Помилка! Джерело посилання не знайдено.].

Вуглевмісні товщі з мінералогічної та геохімічної точок зору являють собою складні полімінеральні системи, у межах яких рідкісні та рідкоземельні елементи локалізуються у різних формах перебування. РРЗЕ входять до складу первинних мінералів – монозиту, ксенотиму, бастнаезиту, а також фіксуються у вигляді ізоморфних заміщень у глинистих мінералах і органічній речовині [Помилка! Джерело посилання не знайдено.].

Найбільш вагомі поклади золошлакових відвалів, за кількістю і вмістом РРЗЕ зосереджені на ТЕС, серед яких Добротворська ТЕС, Трипільська ТЕС, Зміївська ТЕС, Слов'янська ТЕС, Курахівська ТЕС, Запорізька ТЕС, Криворізька ТЕС, Ладизинська ТЕС, Бурштинська ТЕС, Придніпровська ТЕС. В суммі вони складають близько 300 млн т золошлакових відвалів, та за прогнозом, який зробили автори згідно досліджень НАН України в них містяться 116,8 тисяч тон РРЗЕ. Більш детальне розподілення за накопиченими золошлаками та прогнозованим скупченням РРЗЕ можна побачити на рис. 1.

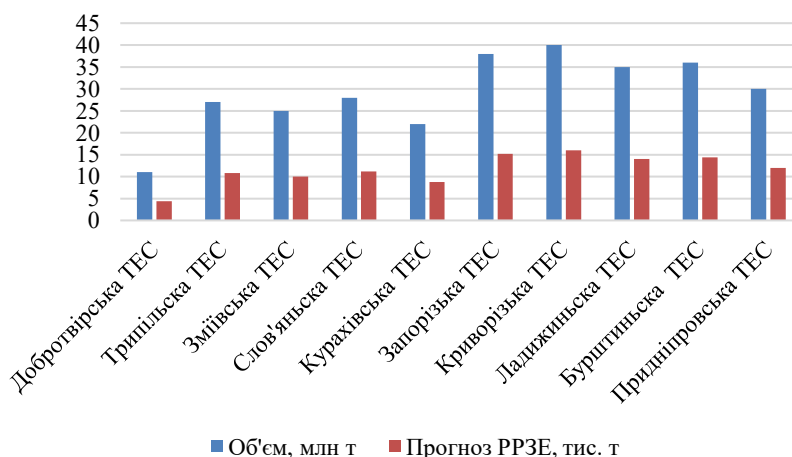


Рис. 1 Дані щодо рідкісних та рідкоземельних елементів в золошлаках України

Основні можливості й виклики при використанні вугільних і техногенних джерел РРЗЕ: потенційно великі запаси і менші капітальні витрати на видобуток у порівнянні з

традиційними рудними кар'єрами; потреба у ретельній геологічно-геохімічній оцінці режимів залягання і мінералофази РРЗЕ; необхідність розробки економічних, селективних та екологічно безпечних гідро- і піро-методів вилучення; регуляторні та екологічні ризики при роботі з великими обсягами техногенних відходів. Сучасна література надає приклади перспективних гіпотез і технологічних підходів (гідрометалургія з альтернативними розчинниками, селективна десорбція/адсорбція, комбіновані фізико-хімічні схеми), які потребують адаптації під локальні геологічні умови та вимоги сталого розвитку.

Мінеральна сировина, що є сумішшю вугілля і порід навколо вугільного пласта є найбільш концентрованим, за кількістю РРЗЕ, джерелом Германію, Ванадію, Скандію, та інших РРЗЕ з вугілля. В свою чергу зона контакту вугілля з покрівлею чи підшвою є найбільшим джерелом РРЗЕ. Для найбільш ефективного та цілеспрямованого вилучення РРЗЕ з отриманої мінеральної маси автором пропонується використовувати технологію видобутку рідкісних та рідкоземельних елементів, що передбачає селективне розділення вугілля і мінеральної сировини.

Роздільне виймання вугілля та РРЗЕ необхідне для зменшення операцій очищення для вилучення РРЗЕ, та отримання, в процесі збагачення, більших концентрацій РРЗЕ, що в свою чергу підвищує ефективність видобутку на всіх етапах. Крім того ця ж логіка справедлива і для нижньої вугільної пачки, що не буде використовуватись у процесі видобутку РРЗЕ, і не буде змішуватись з породами покрівлі та підшви, що свою чергу дозволить покращити фізико – хімічні параметри вугілля, наприклад зольність, на виході.

Висновки. Нарощування обсягів видобутку рідкісних і рідкісноземельних елементів є одним із пріоритетних напрямів сучасної мінерально-сировинної політики, оскільки саме ці компоненти виступають базою технологічного розвитку у галузях електроніки, енергетики, машинобудування та оборонного комплексу. Світова економіка дедалі гостріше відчуває дефіцит РРЗЕ, що стимулює інтенсивний пошук альтернативних джерел їх отримання та залучення нетрадиційних типів мінеральної сировини.

Вугільні пласти, вміщуючі породи, відходи вуглезабагачення, а також шлаки й золи виносу теплових електростанцій формують вагомий ресурсний потенціал рідкісних і рідкісноземельних елементів та розглядаються як техногенні родовища, що містять сотні тисяч тонн критично важливої сировини й характеризуються відносно сприятливими умовами доступу для її вилучення.

Розвиток технологій вилучення рідкісноземельних елементів із вугілля та вуглевмісних порід, зокрема впровадження запропонованого автором підходу селективного виймання мінеральної маси та вугілля, здатний суттєво трансформувати традиційну модель функціонування вугільної галузі та розширити її ресурсно-технологічні можливості.

Перелік посилань

1. Eterigho-Ikelegbe, O., Harrar, H., & Bada, S. (2021). Rare earth elements from coal and coal discard – A review. *Minerals Engineering*, 173, 107187. <https://doi.org/10.1016/j.mineng.2021.107187>
2. Hower, J. C., Kolker, A., Hsu-Kim, H., & Plata, D. L. (2024). Rare earth elements in coal fly ash and their potential recovery. *Rare Earth Elements*, 27–73. Portico. <https://doi.org/10.1002/9781119515005.ch2>
3. Bondarenko, V., Salieiev, I., Kovalevska, I., Chervatiuk, V., Malashkevych, D., Shyshov, M., & Chernyak, V. (2023). A new concept for complex mining of mineral raw material resources from DTEK coal mines based on sustainable development and ESG strategy. *Mining of Mineral Deposits*, 17(1), 1–16. <https://doi.org/10.33271/mining17.01.001>

Саїк П.Б., д.т.н., професор кафедри гірничої інженерії та освіти
(Національний технічний університет «Дніпровська політехніка», м. Дніпро, Україна)

ПЕРЕДУМОВИ ВПРОВАДЖЕННЯ ПРИНЦИПІВ ЦИРКУЛЯРНОЇ ЕКОНОМІКИ У ТЕХНОЛОГІЇ ВИДОБУТКУ КОРИСНИХ КОПАЛИН

Розвиток гірничодобувної галузі на сучасному етапі супроводжується суттєвими трансформаційними процесами, зумовленими як ускладненням гірничо-геологічних умов, так і зростанням вимог до екологічної безпеки та ефективності використання ресурсів. Поступове збільшення глибини розробки родовищ, підвищення газоносності пластів, погіршення якісних характеристик корисних копалин формують нові виклики для традиційних технологій видобутку. У цих умовах стає очевидною обмеженість лінійної моделі гірничого виробництва, яка передбачає видобуток, використання та утилізацію ресурсів без їх повторного залучення у виробничі цикли. Відтак, актуалізується необхідність переходу до циркулярної економіки, яка базується на принципах замкненості ресурсних потоків, мінімізації відходів і комплексного використання мінеральної сировини [1, 2].

Передумови впровадження принципів циркулярної економіки у технології видобутку корисних копалин формуються під впливом сукупності технологічних, економічних і екологічних факторів. З одного боку, ускладнення умов розробки родовищ призводить до зростання витрат на ведення гірничих робіт та підвищення рівня техногенного навантаження на навколишнє середовище. З іншого боку, накопичення значних обсягів відходів гірничого виробництва та обмеженість доступних ресурсів стимулюють пошук нових підходів до їх повторного використання. У цьому контексті циркулярна економіка розглядається як стратегічний напрям трансформації гірничої галузі, що дозволяє забезпечити більш раціональне використання природних ресурсів і підвищити загальну ефективність виробництва.

Одним із аспектів реалізації циркулярної моделі у гірництві є розширення функціонального призначення гірничих виробок і виробленого простору [3]. Традиційно підземні виробки розглядаються як тимчасові елементи шахтної інфраструктури, які після завершення експлуатації втрачають своє функціональне призначення та не залучаються до подальшого використання. Однак у межах циркулярної економіки вони можуть бути як важливим ресурсом, що має потенціал для повторного використання у різних технологічних та енергетичних процесах. Це зумовлює необхідність розробки нових підходів до оцінки їх кількісних та якісних параметрів, що дозволяють визначити потенціал їх подальшої експлуатації. Оцінка кількісних параметрів підземних об'єктів включає визначення обсягів гірничих виробок, їх геометричних характеристик, просторового розташування та встановлення взаємозв'язків між ними. Важливими показниками є також пропускна здатність транспортних і вентиляційних систем, а також обсяги залишених запасів корисних копалин. Водночас якісні параметри охоплюють геомеханічний стан гірського масиву, ступінь стійкості виробок, рівень газоносності та гідрогеологічні умови. Комплексна оцінка цих характеристик дозволяє розглядати шахтні підземні виробки як складову частину ресурсної бази підприємства.

У цьому контексті особливого значення набувають дослідження світового та вітчизняного досвіду вирішення прикладних задач геомеханіки, спрямованих на забезпечення довготривалої стійкості гірничих виробок та можливості їх повторного використання [4]. Застосування сучасних методів чисельного моделювання, таких як метод скінченних елементів, дозволяє прогнозувати поведінку гірського масиву в процесі розробки родовищ і оцінювати вплив різних технологічних рішень на стійкість виробок. З огляду на принципи циркулярної економіки підземний простір може виконувати

широкий спектр функцій, включаючи використання як транспортної та вентиляційної інфраструктури, резервуарів для зберігання енергетичних ресурсів або техногенних матеріалів, а також як середовище для реалізації інноваційних технологій, таких як геотермальні системи чи підземне зберігання вуглекислого газу [5, 6].

Нині формування концепції обґрунтування раціональних гірничо-технологічних рішень на принципах циркулярної економіки передбачає врахування широкого спектра факторів, включаючи геомеханічні, технологічні, економічні та екологічні аспекти. Основою такої концепції є системний підхід, що забезпечує впровадження всіх елементів гірничого виробництва в єдину оптимізовану систему. Необхідно зазначити, що значну роль у реалізації циркулярної моделі відіграє цифровізація гірничого виробництва. Використання цифрових двійників родовищ, систем автоматизованого моніторингу та інтелектуальних алгоритмів аналізу даних дозволяє підвищити точність прогнозування, оптимізувати технологічні процеси та забезпечити ефективне управління ресурсами. Економічна ефективність впровадження принципів циркулярної економіки проявляється у зниженні капітальних і експлуатаційних витрат, підвищенні коефіцієнта вилучення корисних компонентів та зменшенні витрат на рекультивуцію. Крім того, скорочення обсягів відходів і зниження негативного впливу на довкілля сприяють підвищенню соціальної відповідальності гірничих підприємств і їх відповідності міжнародним стандартам сталого розвитку.

Висновки. Аналіз сучасного стану традиційного видобутку вугілля та практичного досвіду функціонування вугільних підприємств дозволяє визначити ключові передумови модернізації гірничодобувних підприємств. Встановлено, що подальший розвиток гірничодобувної галузі має базуватися на впровадженні принципів циркулярної економіки, які передбачають комплексне використання мінеральної сировини, мінімізацію втрат і повторне залучення ресурсів у виробничі цикли, що сприяє розширенню функціонального призначення гірничих виробок і виробленого простору, підвищенню рівня ресурсоефективності та зниженню техногенного навантаження на навколишнє середовище.

Вдячність. Представлені результати отримано в рамках виконання НДР «Геомеханічні та технологічні основи видобутку та переробки критичної сировини на принципах циркулярної економіки» (№ д/р 0126U001578) за підтримки Міністерства освіти і науки України.

Перелік посилань

1. Cotrina Teatino, M. A., & Marquina Araujo, J. J. (2024). Circular Economy in the Mining Industry: A Bibliometric and Systematic Literature Review. <https://doi.org/10.2139/ssrn.5037649>
2. Antony Jose, S., Calhoun, J., Renteria, O. B., Mercado, P., Nakajima, S., Hope, C. N., Sotelo, M., & Menezes, P. L. (2024). Promoting a Circular Economy in Mining Practices. *Sustainability*, 16(24), 11016. <https://doi.org/10.3390/su162411016>
3. Pactwa, K., Konieczna-Fuławka, M., Fuławka, K., Aro, P., Jaśkiewicz-Proć, I., & Kozłowska-Woszczycka, A. (2021). Second Life of Post-Mining Infrastructure in Light of the Circular Economy and Sustainable Development – Recent Advances and Perspectives. *Energies*, 14(22), 7551. <https://doi.org/10.3390/en1422755>
4. Bondarenko, V., Kovalevska, I., Cawood, F., Husiev, O., Snihur, V., & Jimu, D. (2021). Development and testing of an algorithm for calculating the load on support of mine workings. *Mining of Mineral Deposits*, 15(1), 1–10. <https://doi.org/10.33271/mining15.01.001>
5. Menéndez, J., Ordóñez, A., Álvarez, R., & Loredó, J. (2019). Energy from closed mines: Underground energy storage and geothermal applications. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 108, 498–512. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2019.04.007>
6. Wang, F., & Yan, J. (2022). CO₂ Storage and Geothermal Extraction Technology for Deep Coal Mine. *Sustainability*, 14(19), 12322. <https://doi.org/10.3390/su141912322>

УДК 622.031.1:622.3

Хорольський А.О., к.т.н., завідувач лабораторії проблем розробки родовищ
(Відділення фізики гірничих процесів Інституту геотехнічної механіки ім. М.С. Полякова НАН України, м. Дніпро, Україна)

Шека І.В., доктор філософії, доцент кафедри гірничої інженерії та освіти,
Мамайкін О.Р., к.т.н., доцент кафедри гірничої інженерії та освіти
(Національний технічний університет «Дніпровська політехніка», м. Дніпро, Україна)

ВИБІР СТРАТЕГІЇ ТРАНСФОРМАЦІЇ ВУГЛЕПРОМИСЛОВИХ РЕГІОНІВ УКРАЇНИ НА ОСНОВІ МЕТОДУ АНАЛІЗУ ІЄРАРХІЙ

Керівництво України на шляху до Європейського Союзу (ЄС) прийняло зобов'язання щодо поступової відмови від вугільної генерації [1]. Як показує досвід інших країн ЄС процес трансформації є тривалим (від 30 до 60 років), викликати соціальні потрясіння та збурення, а витрати на трансформацію перевищують в рази планові показники [2]. Окремо варто зазначити, що процес трансформації можливий виключно при державному керуванні та контролі процесу скорочення вуглевидобутку. Показовими є приклади Федеративної республіки Німеччина, Чеської Республіки, Республіки Румунія [3]. Вибір державної стратегії трансформації вуглепромислових регіонів є нагальною потребою, а обґрунтування стратегії є актуальною науковою задачею.

У відповідності до поставленої задачі було застосовано метод аналізу ієрархій [4]. Методика дослідження полягала в наступному: на першому рівні було сформовано мету, на другому визначено критерії; на третьому – проведено попарне порівняння критеріїв, визначено вагу кожного критерію, потім проведено порівняння альтернатив, а на фінальному етапі визначено глобальний пріоритет. Альтернатива з найбільшим глобальним пріоритетом і є оптимальною стратегією. Було проаналізовано 10 стратегій та визначено 5 критеріїв: соціальна стійкість, економічна ефективність, екологічний вплив, безпекові ризики, швидкість реалізації. В табл. 1 наведено результати порівняння критеріїв, а в табл. 2 альтернатив. Добуток ваг критеріїв (табл. 1) та ваг альтернатив (табл. 2) формують глобальний вектор пріоритетів. Як видно із табл. 2 найбільш пріоритетними є три стратегії: використання шахтного простору для генерації відновлювальних джерел енергії (величина глобального пріоритету – 0.198), справедлива трансформація (глобальний пріоритет – 0.144), створення державних фондів для повного закриття підприємств (глобальний пріоритет – 0.140). Модні стратегії, які передбачають уловлювання вуглекислого газу та використання підземного простору в умовах України не є доцільними. Якщо порівнювати критерії, то найбільш пріоритетним є забезпечення безпеки (вага 0.471). За результати оцінки узгодженості встановлено, що показник індексу менше 0.1, що є в межах норми. Це свідчить про вірність обраних критеріїв і вірність суджень про рівень пріоритетів.

Таблиця 1

Результати попарного порівняння критеріїв

Критерій	А	Б	В	Г	Д	Вектор пріоритетів
А. Соціальна стійкість	1	3	5	1/2	2	0.237
Б. Економічна ефективність	1/3	1	4	1/4	1	0.124
В. Екологічний вплив	1/5	1/4	1	1/5	1/3	0.053
Г. Безпекові ризики	2	4	5	1	3	0.471
Д. Швидкість реалізації	1/2	1	3	1/3	1	0.115
Сума						1.000

Таблиця 2

Результати порівняння альтернатив за кожним критерієм

Альтернатива	Критерій					Глобальний пріоритет	Місце в рейтингу
	А	Б	В	Г	Д		
1. Справедлива трансформація	0.18	0.08	0.12	0.10	0.05	0.144	2
2. Закриття збиткових підприємств	0.05	0.30	0.03	0.05	0.25	0.123	5
3. Рекультивация та відновлення	0.03	0.05	0.25	0.02	0.05	0.039	8
4. Заміщення енергоресурсів (ВДЕ)	0.08	0.12	0.15	0.30	0.15	0.198	1
5. Перетворення шахт на культурні простори	0.03	0.02	0.05	0.03	0.02	0.015	9
6. Програми переорієнтації та диверсифікації	0.15	0.10	0.05	0.05	0.10	0.100	6
7. Фінансування повного закриття	0.12	0.18	0.05	0.15	0.10	0.140	3
8. Вугілля 2.0 (CCS)	0.05	0.03	0.08	0.05	0.03	0.011	10
9. Індустріальні парки	0.10	0.10	0.08	0.15	0.15	0.134	4
10. Використання шахтних вод та тепла	0.08	0.02	0.14	0.15	0.10	0.096	7

В табл. 1 вказано дробові значення (наприклад 1/3) це є відношенням пріоритету одного критерію над іншим, тобто це означає що критерій А помірно є менш пріоритетним порівняно з критерієм Б, і навпаки, критерій Б є помірно пріоритетним порівняно з критерієм А (йому присвоюється значення 3).

Наведені в роботі результати свідчать про доцільність централізованої диверсифікації вуглепромислових підприємств на створення поверхових комплексів для генерації енергії на основі ВДЕ.

Список використаних джерел:

1. Pochepov, V.M., Mamaikin, O.R., Sheka, I.V., Krukovskyi, O.P., Lapko, V., & Ashcheulova, O.M. (2024). Tool for management and planning of the fuel and energy complex taking into account the production potential of coal-mining enterprises. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, (1415), 012045. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/1415/1/012045>
2. Diachuk, O., Kholod, N., Podolets, R., Graham, N., Semeniuk, A., Evans, M., Westphal, M. I., Stelmach, T., Hoesly, R., Trypolska, G., & Zagoruichyk, A. (2025). Pathways for decarbonization of the buildings sector in Ukraine. *Energy and Climate Change*, 6, 100195. <https://doi.org/10.1016/j.egycc.2025.100195>
3. Kolasinski, T., Tłuczak, A., & Wigier, M. (2025). Perspective on decarbonization in Ukraine: Selected issues. *Journal of International Studies*, 18(4), 9. <https://doi.org/10.14254/2071-8330.2025/18-4/1>
4. Saaty, T. L. (2004). Decision making – the Analytic Hierarchy and Network Processes (AHP/ANP). *Journal of Systems Science and Systems Engineering*, 13(1), 1–35. <https://doi.org/10.1007/s11518-006-0151-5>

УДК 622:502.131.1

Малашкевич Д.С., к.т.н., доцент кафедри гірничої інженерії та освіти**Козій Є.С., к.геол.н., с.н.с. кафедри гірничої інженерії та освіти****Лантух Д.О., доктор філософії, доцент кафедри охорони праці та цивільної безпеки***(Національний технічний університет «Дніпровська політехніка», м. Дніпро, Україна)*

СВІТОВИЙ ДОСВІД ВПРОВАДЖЕННЯ ПРИНЦИПІВ ЦИРКУЛЯРНОЇ ЕКОНОМІКИ У ГІРНИЧІЙ ПРОМИСЛОВІСТІ ТА ПЕРСПЕКТИВИ ЇЇ ЗАСТОСУВАННЯ В УКРАЇНІ

Сучасний розвиток гірничої промисловості характеризується значним зростанням попиту на мінеральні ресурси, що зумовлено глобальною індустріалізацією, розвитком високотехнологічних галузей та переходом на низьковуглецевої енергетики. За оцінками Міжнародного енергетичного агентства (IEA), до 2040 року попит на мінеральну сировину для енергетичних технологій може зрости у 4-6 разів, зокрема попит на літій може збільшитися більше ніж у 40 разів, на кобальт у 20 разів, а на рідкісноземельні елементи у 7 разів [1]. Така тенденція обумовлює необхідність пошуку нових підходів до використання мінеральних ресурсів та підвищення ефективності їхнього використання. Традиційна лінійна модель використання ресурсів, що передбачає видобуток, переробку та подальше накопичення відходів, призводить до значного навантаження на навколишнє середовище та втрати потенційно цінних компонентів. За оцінками Програми ООН з навколишнього середовища (UNEP), щорічно у світі утворюється понад 100 млрд т гірничих відходів, значна частина яких накопичується у хвостосховищах та породних відвалах [2].

У зв'язку з цим у світовій практиці активно впроваджується концепція циркулярної економіки, яка передбачає створення замкнутих виробничих циклів, у яких відходи одного процесу використовуються як ресурс для іншого. У гірничій промисловості реалізація принципів “circular economy” полягає у підвищенні рівня комплексного використання мінеральної сировини, повторному використанні відходів гірничого виробництва, переробці хвостів збагачення, впровадженні замкнутих технологічних циклів та рекультивації порушених територій. За оцінками дослідників, впровадження принципів циркулярної економіки може дозволити скоротити обсяги відходів у гірничій промисловості на 30-50%, а також підвищити ефективність використання мінеральної сировини на 10-20%. Одним із найбільш активних регіонів щодо впровадження принципів замкнутого циклу є Європейський Союз. У межах “Circular Economy Action Plan”, прийнятого Європейською комісією у 2020 році, передбачено зменшення обсягів відходів та підвищення частки вторинних матеріалів у промисловому виробництві [3]. У країнах ЄС щорічно утворюються близько 600 млн т відходів гірничого виробництва, які можуть використовуватися як вторинна сировина. У Фінляндії, Швеції та Німеччині реалізуються проєкти повторної переробки хвостів збагачення з метою вилучення залишкових металів. Дослідження показують, що у хвостах збагачення можуть залишатися до 10-15% корисних компонентів, які можуть бути вилучені за допомогою сучасних технологій переробки [4].

У Канаді та Австралії широкого поширення набули технології повторної переробки відходів гірничого виробництва. Зокрема, у золотодобувній промисловості Австралії застосовується технологія повторної переробки хвостів, яка дозволяє вилучати до 20-30% залишкового золота з відходів попередніх етапів збагачення. У Канаді активно застосовується технологія пастового закладання, що передбачає використання хвостів збагачення для закладання виробленого простору підземних шахт. За даними Канадської асоціації гірничої промисловості, понад 40% підземних шахт країни використовують технології закладних сумішей, що дозволяє скоротити площі

хвостосховищ на поверхні на 50-70% [5].

Китай також активно впроваджує принципи циркулярної економіки у гірничій галузі в межах концепції “green mining”. У країні щорічно утворюється понад 10 млрд т гірничих відходів, значна частина яких використовується для закладки вироблених просторів та виробництва будівельних матеріалів. За офіційними даними, понад 60% шахтної породи у Китаї повторно використовується у дорожньому будівництві та виробництві цементу [6]. Крім того, у країні активно розвиваються технології вилучення рідкісних елементів із відходів гірничого виробництва. Наприклад, дослідження показують, що у золі вугілля концентрації рідкісноземельних елементів можуть становити від 200 до 1000 г/т, що співставно з деякими природними родовищами. Для України впровадження принципів замкнутого циклу у гірничій промисловості є надзвичайно актуальним, оскільки країна має значні обсяги накопичення відходів. За даними державних досліджень, у відвалах та хвостосховищах України накопичено понад 30 млрд т відходів гірничого виробництва. У вугледобувних регіонах, зокрема у Західному Донбасі, щорічно утворюється близько 4-6 млн т шахтної породи. Значна частина цих відходів містить потенційно цінні компоненти, які можуть бути використані як вторинна сировина [7]. Наприклад, у золі вугілля концентрація германію може становити від 10 до 200 г/т, тоді як у природних родовищах цей показник іноді не перевищує 50 г/т. Також у відходах вугледобувної промисловості можуть міститися галій, скандій, ванадій та інші критичні елементи.

Перспективним напрямом є використання шахтної породи в якості закладного матеріалу для формування закладних масивів у виробленому просторі підземних гірничих виробок. Такий підхід дозволяє ефективно утилізувати значні обсяги відходів гірничого виробництва, зменшити площі відвалів на поверхні та водночас підвищити стійкість гірського масиву. Для України впровадження таких підходів може сприяти підвищенню економічної ефективності гірничих підприємств і більш раціональному використанню мінерально-сировинних ресурсів.

Представлені результати отримано в рамках виконання НДР молодих вчених ДТ-538 «Комплексна технологія видобування енергетичної та критичної мінеральної сировини з утилізацією техногенних відходів» (проект №0126U001137).

Список використаних джерел:

1. Geissdoerfer, M., Savaget, P., Bocken, N. M. P., & Hultink, E. J. (2017). The circular economy – A new sustainability paradigm. *Journal of Cleaner Production*, 143, 757-768. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2016.12.048>
2. International Energy Agency. (2021). The role of critical minerals in clean energy transitions. International Energy Agency.
3. European Commission. (2020). A new circular economy action plan for a cleaner and more competitive Europe. European Commission.
4. Lottermoser, B. (2010). Mine wastes: Characterization, treatment and environmental impacts (3rd ed.). *Springer*. <https://doi.org/10.1007/978-3-642-12419-8>
5. Canadian Mining Association. (2019). *Towards sustainable mining report*. Mining Association of Canada.
6. Yu, S., Wang, X., Liu, J., & Wei, F. (2023). Role of mining waste trade on green development in China: Policy implications for circular economy. *Resources Policy*, 86, 104147. <https://doi.org/10.1016/j.resourpol.2023.104147>
7. Bondarenko, V., Salieiev, I., Kovalevska, I., Chervatiuk, V., Malashkevych, D., Shyshov, M., & Chernyak, V. (2023). A new concept for complex mining of mineral raw material resources from DTEK coal mines based on sustainable development and ESG strategy. *Mining of Mineral Deposits*, 17(1), 1-16. <https://doi.org/10.33271/mining17.01.001>

Публічне управління та адміністрування

УДК 336.23:347.73

Бушtruk Є., аспірант спеціальності 281 Публічне управління та адміністрування
Науковий керівник: Лола В., кандидат наук з держ. упр., доцент кафедри
прикладної економіки, підприємництва та публічного управління
(Національний технічний університет «Дніпровська політехніка», м. Дніпро, Україна)

ФІСКАЛЬНА МЕДІАЦІЯ ЯК ІННОВАЦІЙНИЙ МЕХАНІЗМ РЕАЛІЗАЦІЇ ДЕРЖАВНОЇ ФІСКАЛЬНОЇ ПОЛІТИКИ В УМОВАХ ВОЄННОГО СТАНУ

В умовах воєнного стану реалізація державної фінансової політики характеризується підвищеним рівнем фінансових ризиків, нестабільністю доходної бази бюджетів та загостренням конфліктності у сфері публічних фінансів. Обмеженість ресурсів, зміни у податковому законодавстві та складність адміністрування платежів зумовлюють зростання кількості спорів між фінансовими органами та платниками податків.

Традиційні механізми врегулювання таких спорів – адміністративне та судове оскарження – залишаються переважно формалізованими, тривалими та витратними. У кризових умовах їх ефективність знижується, що об'єктивізує потребу в альтернативних інструментах публічного управління.

У цьому контексті доцільно розглядати фінансову медіацію як інституційно організований механізм досудового врегулювання спорів у сфері формування та реалізації фінансової політики. Фінансова медіація охоплює врегулювання спорів щодо податкових зобов'язань, бюджетних відшкодувань, податкового боргу, штрафних санкцій та інших публічно-фінансових зобов'язань [1; 2].

У цьому контексті податкова медіація може розглядатися не лише як альтернативний спосіб вирішення спорів, але й як елемент сучасного фінансового управління. Її застосування сприяє підвищенню ефективності фінансової політики через прискорення врегулювання податкових конфліктів, зменшення обсягів податкового боргу та покращення податкової дисципліни. Використання медіаційних процедур дозволяє знизити витрати держави на судове провадження та водночас забезпечити швидше надходження податкових платежів до бюджету [3].

Крім того, запровадження медіації у сфері податкових відносин сприяє формуванню нової моделі взаємодії між державою і бізнесом, що ґрунтується на принципах довіри, прозорості та партнерства. У межах такої моделі податкові органи виконують не лише фінансову, але й сервісну функцію, сприяючи добровільному виконанню податкових зобов'язань та підвищенню рівня податкової культури [4].

Практичним прикладом апробації цього підходу є перший кейс податкової медіації, реалізований у 2026 році за участю Державна податкова служба України та Рада бізнес-омбудсмена. Застосування медіаційної процедури дозволило врегулювати спір без судового провадження, скоротити строки розгляду та мінімізувати адміністративні витрати сторін. Цей кейс підтверджує можливість інтеграції медіації у систему фінансового адміністрування [1].

З позицій публічного управління інституціоналізація фінансової медіації може передбачати:

- нормативне закріплення процедури у податковому та бюджетному законодавстві;
- створення спеціалізованих медіаційних підрозділів у структурі фінансових органів;
- визначення критеріїв допустимості спорів до медіації;
- підготовку сертифікованих фінансових медіаторів;

– впровадження пілотних регіональних програм.

З позицій фіскальної політики застосування медіації може розглядатися як інструмент підвищення ефективності управління доходами бюджету. Завдяки скороченню строків врегулювання спорів та зменшенню витрат на їх розгляд держава отримує можливість більш оперативно мобілізувати фінансові ресурси, необхідні для виконання бюджетних зобов'язань, що є особливо важливим у період воєнного стану.

В європейській практиці альтернативні механізми вирішення податкових спорів (ADR) є складовою концепції good governance та сервісно орієнтованого податкового адміністрування. Інтеграція фіскальної медіації в Україні відповідає курсу адаптації до стандартів ЄС та формуванню партнерської моделі взаємодії держави і бізнесу [5; 6].

Таким чином, фіскальна медіація може розглядатися як інноваційний управлінський інструмент реалізації державної фіскальної політики в умовах воєнного стану. Її впровадження сприятиме підвищенню фінансової стійкості держави, оптимізації управлінських процесів та трансформації фіскальної системи у напрямі більшої гнучкості та інституційної довіри.

Список використаних джерел:

1. Державна податкова служба України та Рада бізнес-омбудсмена реалізували перший кейс податкової медіації [Електронний ресурс]. – ДПС України. – Режим доступу: <https://tr.tax.gov.ua/media-ark/news-ark/977291.html>
2. ДПС та Рада бізнес-омбудсмена співпрацюватимуть над удосконаленням інструментів вирішення податкових спорів, зокрема медіації [Електронний ресурс]. – ДПС України. – Режим доступу: <https://zp.tax.gov.ua/media-ark/news-ark/947878.html>
3. Problems of tax disputes in Ukraine and the possibility of their resolving through mediation [Електронний ресурс]. – Finance of Ukraine. – Режим доступу: <https://finukr.com.ua/index.php/journal/article/view/127>
4. Mediation in the Resolution of Tax Disputes: Advantages, Application Experience, Prospects for Implementation in Ukraine [Електронний ресурс]. – Sciendo. – DOI: <https://doi.org/10.2478/danb-2024-0004>
5. Use alternative dispute resolution to settle a tax dispute [Електронний ресурс]. – GOV.UK. – Режим доступу: <https://www.gov.uk/guidance/tax-disputes-alternative-dispute-resolution-adr>
6. Dispute Resolution Mechanism – Taxation and Customs Union [Електронний ресурс]. – European Commission. – Режим доступу: https://taxation-customs.ec.europa.eu/taxation/business-taxation/dispute-resolution-mechanism_en

УДК 351:061.2:477

Гладков К.Ю., PhD, доцент кафедри державного управління і місцевого самоврядування Навчально-наукового інституту державного управління (Національний технічний університет «Дніпровська політехніка», м. Дніпро, Україна)

НЕДЕРЖАВНІ ОРГАНІЗАЦІЇ (NGO) ЯК НАДАВАЧІ СОЦІАЛЬНИХ ПОСЛУГ В УКРАЇНІ

Діяльність недержавних організацій в Україні тісно пов'язана з необхідністю реагування на широкий спектр викликів соціально-гуманітарного характеру, що спричинені, зокрема, російською повномасштабною збройною агресією проти України. Так, протягом 2022-2026 років інститути громадянського суспільства показали реальну здатність та спроможність брати на себе функції гуманітарного забезпечення, евакуації, тактичної медицини, підтримки ветеранів, внутрішньо переміщених осіб та ін. Водночас, у таких умовах простежується тенденція масштабування недержавного сектору з суто волонтерських ініціатив до більш системної залученості до надання соціальних послуг, що відповідає сучасним європейським підходам до багаторівневого врядування у сфері соціального захисту населення.

Відповідно до положень Закону України «Про соціальні послуги» надавачами соціальних послуг можуть виступати, зокрема, юридичні особи публічного та приватного права, фізичні особи, а також фізичні особи-підприємці [4]. Основною інституційною передумовою набуття статусу «надавача соціальних послуг» є включення відповідного суб'єкта до Реєстру надавачів та отримувачів соціальних послуг (далі – Реєстр), формування та ведення якого забезпечує Міністерство соціальної політики України [2].

Станом на початок 2026 року до Реєстру було включено понад 4,6 тис. надавачів соціальних послуг, з яких 537 – приватної форми власності (11,6%) [2]. Зазначена частка надавачів соціальних послуг у більшості представлена громадськими об'єднаннями (благодійними організаціями, фондами, громадськими організаціями), тобто недержавними організаціями. Такий розподіл свідчить про поступове, хоча й відносно стримане, інституційне зміцнення недержавного сектору в системі соціального забезпечення. Попри домінування комунальних установ, саме недержавні організації демонструють вищий рівень гнучкості у реагуванні на нові соціальні ризики, що особливо актуалізувалося в кризових умовах.

У процесі аналізу видів соціальних послуг, що надаються недержавними організаціями (рис. 1.), визначено, що їх діяльність характеризується різноманітністю форм соціальної підтримки. Найбільшу частку серед послуг становлять консультування та інформування, що свідчить про превалювання сервісів первинного контакту та орієнтації отримувачів у системі соціального захисту. Такий стан справ може бути зумовлений, зокрема, тим, що недержавні організації часто виконують функцію «першої ланки» реагування на індивідуальні та сімейні соціальні проблеми.

Інший вагомий сегмент представлений послугами кризового характеру, зокрема діяльністю консультативних кризових телефонів, екстреним (кризовим) втручанням, наданням притулку та соціальним супроводом сімей/осіб, що підкреслює фокусування значної частини недержавних організацій на роботу з вразливими категоріями населення, які перебувають у складних життєвих обставинах, а також на їх здатність забезпечувати оперативність та адресність допомоги. Поряд з цим виокремлюється послуга із надання натуральної допомоги населенню (в частині надання продуктів харчування, засобів особистої гігієни тощо), що є реагуванням недержавного сектору на гуманітарну кризу, спричинену воєнними діями на території України.

Окремий напрям становлять послуги догляду вдома, денного та

стаціонарного догляду, паліативного догляду, фізичного супроводу осіб з інвалідністю та ін. Наявність відповідних послуг у структурі діяльності недержавних організацій свідчить про поступове розширення їх участі у сфері довготривалого догляду та соціально-медичної підтримки, що традиційно вважалася сферою відповідальності комунальних установ. Це підтверджує тенденцію до інституціоналізації недержавного сектору як повноцінного провайдера соціальних сервісів.

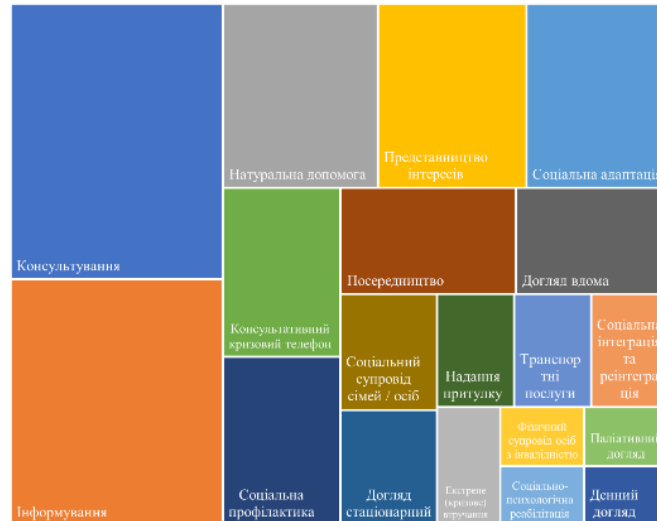


Рисунок 1 – Основні види соціальних послуг, що надаються недержавними організаціями в Україні [складено автором на основі джерела 2]

Водночас, слід зауважити, що за результатами звіту «Громадянське суспільство України в умовах війни 2022-2025 рр.» частка організацій громадянського суспільства, що наводять надання соціальних послуг як фактичне джерело фінансування організації становить близько 2% [1]. Відповідний показник демонструє наявність суттєвого дисбалансу між функціональною роллю недержавних організацій у системі надання соціальних послуг та фінансовими механізмами забезпечення їх діяльності. Фактично, попри значний обсяг наданих послуг, для більшості організацій ця діяльність не є фінансово самодостатньою і здійснюється переважно за рахунок залучених коштів (грантів, благодійних внесків тощо).

Отже, в сучасних умовах недержавні організації є важливими акторами соціальної сфери, що підтверджується їх відчутним внеском у подолання негативних соціально-гуманітарних явищ в Україні. Їх діяльність характеризується поступовою інституціоналізацією в частині надання соціальних послуг населенню. Водночас, наявний досвід діяльності недержавних організацій як надавачів соціальних послуг показує необхідність удосконалення механізмів державної фінансової підтримки та закупівель соціальних послуг з метою посилення їх сталості в контексті реалізації окремих напрямів соціальної політики.

Список використаних джерел:

1. ICAP «Єднання». Громадянське суспільство України в умовах війни 2022-2025 рр. 2025. 190 с. URL: <https://home.ednannia.ua/analytics/data-catalog/491>.
2. Міністерство соціальної політики України. Дані про надавачів соціальних послуг. *soc.gov.ua*. URL: <https://soc.gov.ua/edata/providers-list>.
3. Про громадські об'єднання: Закон України від 22.03.2012 № 4572-VI: станом на 03 вересня 2024 р. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/4572-17#Text>.
4. Про соціальні послуги: Закон України від 17.01.2019 № 2671-VIII: станом на 07 лютого 2026 р. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2671-19#Text>.

**Гречуха А.С., аспірант спеціальності 281 Публічне управління та адміністрування
Науковий керівник: Чикаренко І.А., д.н.держ.управл., професор.**

(Національний технічний університет «Дніпровська політехніка», м. Дніпро, Україна)

СТАН ТА ОСОБЛИВОСТІ ПУБЛІЧНОГО УПРАВЛІННЯ КОСМІЧНОЮ ГАЛУЗЗЮ УКРАЇНИ В УМОВАХ ПРАВОВОГО РЕЖИМУ ВОЄННОГО СТАНУ

Актуальність дослідження зумовлена тим, що космічна галузь належить до стратегічних секторів державної економіки та безпеки, оскільки забезпечує технологічний розвиток, інформаційну незалежність і обороноздатність держави. В умовах воєнних загроз значення космічної діяльності істотно зростає, адже космічні технології використовуються для моніторингу територій, зв'язку, навігації та аналітики даних. Для України ця сфера має додаткову стратегічну вагу через необхідність забезпечення національної безпеки та інтеграції до міжнародних безпекових і технологічних систем.

Нормативно-правову основу публічного управління космічною діяльністю становлять Конституція України, Закон України «Про космічну діяльність» та Закон України «Про правовий режим воєнного стану», які визначають повноваження органів влади, принципи державної політики та механізми регулювання галузі. Прийняття змін до законодавства щодо дерегуляції космічної діяльності сприяло розширенню участі приватного сектору та розвитку інноваційного середовища [1].

Інституційна система управління космічною галуззю має багаторівневу структуру та включає законодавчі, виконавчі й спеціалізовані органи державної влади. Ключову роль у реалізації державної політики відіграє Державне космічне агентство України, що координує виконання національних космічних програм та забезпечує взаємодію між державними структурами й суб'єктами господарювання [8]. Ефективність функціонування системи значною мірою залежить від рівня міжвідомчої координації та узгодженості стратегічних рішень.

Воєнний стан зумовлює трансформацію механізмів публічного управління космічною сферою. Передусім відбувається зміщення державних пріоритетів у бік оборонних завдань і безпекових функцій космічних технологій. Це спричиняє централізацію управлінських процесів, прискорення процедур прийняття рішень та концентрацію ресурсів на критично важливих напрямках розвитку галузі [4]. Одночасно посилюється інтеграція цивільного й військового сегментів космічної діяльності, що сприяє ефективнішому використанню науково-технічного потенціалу держави.

Важливим чинником розвитку космічної галузі в умовах війни є міжнародне співробітництво. Доступ до супутникових даних, технологій і фінансових ресурсів значною мірою залежить від партнерських відносин із міжнародними організаціями та державами-союзниками. Така співпраця не лише підвищує оборонні можливості, а й сприяє інтеграції держави у глобальний космічний простір.

Разом із тим система публічного управління космічною галуззю характеризується низкою проблем. Серед них – фрагментарність нормативно-правової бази [2], недостатня координація між органами влади [7], обмеженість фінансування довгострокових програм та технологічна залежність від зовнішніх партнерів. Умови воєнного стану загострюють зазначені виклики, однак водночас стимулюють модернізацію інституційної структури управління та впровадження нових управлінських підходів.

Перспективи розвитку системи публічного управління космічною галуззю пов'язані з удосконаленням законодавства, цифровізацією адміністративних процедур,

розвитком державно-приватного партнерства та впровадженням стратегічного планування на основі програмно-цільового методу [6]. Реалізація цих напрямів дозволить підвищити ефективність державної політики у космічній сфері та забезпечити стійкий розвиток галузі в умовах глобальних викликів.

Аналіз наукових джерел свідчить, що більшість досліджень зосереджена на функціонуванні космічної галузі в умовах стабільного соціально-економічного середовища. Питання трансформації механізмів публічного управління космічною діяльністю в умовах правового режиму воєнного стану досліджені недостатньо та мають фрагментарний характер. Зокрема, обмежено висвітлено аспекти зміни управлінських пріоритетів, централізації прийняття рішень, інтеграції цивільних і військових компонентів космічної діяльності, а також впливу безпекових факторів на інституційну архітектуру управління галуззю.

Незважаючи на наявність значної кількості наукових праць, ступінь розробленості проблеми публічного управління космічною галуззю в умовах воєнного стану залишається недостатнім. Це зумовлює необхідність подальших комплексних досліджень, спрямованих на формування теоретико-методологічних засад адаптивного державного управління космічною сферою в умовах кризових і воєнних викликів.

Таким чином, публічне управління космічною діяльністю в умовах воєнного стану набуває рис адаптивної системи стратегічного управління, орієнтованої на забезпечення безпеки, інноваційного розвитку та міжнародної конкурентоспроможності держави.

Список використаних джерел:

1. Закон України «Про внесення змін до деяких законів України щодо державного регулювання космічної діяльності» № 143-IX від 02.10.2019. 7Псюк, М., Сергієнко, Л. Нормативно-правове забезпечення державного регулювання космічної галузі України. *Public Administration and Regional Development*, 8(6), с. 86-104, 2020.
2. 8Ю. Л. Юринець, А. В. Свінцицька Адміністративно-правовий статус Державного космічного агентства України: історико-правовий аспект. [Юридичний вісник. Повітряне і космічне право](#). 2016. № 4. с. 27-34.
3. Kostenko, I. Administrative-Legal Regulation of Ukraine's Space Activities: Challenges in Wartime and Strategic Perspectives. *Advanced Space Law*, 2024, 14(3), p. 28-44.
4. Soroka, L., Ovcharenko, O.. Ensuring the National Security of Ukraine Through the Standardization of Space Activities. *Advanced Space Law*, 2022 9(8), p. 81-92
5. Пічко, Р.С. Публічно-приватне партнерство: оновлення рамки взаємодії суб'єктів космічної діяльності. *Науковий вісник Ужгородського національного університету. Серія: Право.*, 2026, С. 236-242.
6. Кошова, С. (2023). Перспективи створення космічних систем спостереження Землі в Україні з позиції публічного управління. *Публічне управління: концепції, парадигма, розвиток, удосконалення*, (6), 2023, с. 104–112.
7. Окладна, М., Корчевська, А. (). The problem of development of space law in Ukraine: history and modernity. *Law and Innovation Society Journal*. 2021, с.85-91
8. Обіход, Т., Біленчук, Р. Історія розвитку правових форм забезпечення режиму космічної діяльності. *Air and Space Law Journal*. 2021, с.17-23

УДК 331.108

Живага О. В., аспірант спеціальності 281 Публічне управління та адміністрування, кафедра державного управління і місцевого самоврядування
Науковий керівник: Шпекторенко І. В., д. держ. упр., професор, професор кафедри державного управління і місцевого самоврядування ННІДУ
(Національний технічний університет «Дніпровська політехніка», м. Дніпро, Україна)

ЗНАЧЕННЯ ЕМПІРИЧНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ У ФОРМУВАННІ ПРОФЕСІЙНОГО СЕРЕДОВИЩА ПІДПРИЄМСТВ ВУГІЛЬНОЇ ГАЛУЗІ В УКРАЇНІ

Емпіричне дослідження як інструмент діагностики «людського фактора».

Традиційні підходи до управління у вугільній галузі часто фокусуються на техніко-економічних показниках, залишаючи суб'єктивне сприйняття працівниками справедливості та безпеки на другому плані [1-2]. Емпіричне опитування дозволяє здійснити комплексну діагностику трудової сфери – від оплати праці до якості комунікацій – з позиції безпосередніх виконавців. Це критично важливо для галузей підвищеного ризику, де залученість персоналу до менеджменту підприємства, його активність та лояльність є фундаментом енергетичної безпеки країни.

Виявлення суперечностей між формальними нормами та реальністю.

Дослідження дозволяє виявити розрив між задекларованими процедурами (колективний договір, норми безпеки) та їх фактичним впровадженням на місцях.

Приклад: 100% задоволеність своєчасністю виплат співіснує з 62% незадоволеності рівнем заробітної плати порівняно з галузевими стандартами.

Конфлікт пріоритетів: Виявлено випадки порушення технологій та правил безпеки через «виробничу необхідність», що свідчить про системні ризики, які неможливо відстежити лише за паперовими звітами. –

Моніторинг прозорості систем мотивації.

Емпіричні дані підтверджують, що складність систем преміювання без належної комунікації веде до недовіри. Лише 19% працівників повністю розуміють механізми нарахування премій. 69% респондентів вважають систему преміювання за видобуток несправедливою через ігнорування реальних гірничо-геологічних умов (газовий фактор, складність покрівлі тощо).

Такі дослідження дають змогу розробити рекомендації щодо спрощення систем оплати та створення «шпаргалок» для підвищення прозорості.

Оцінка ефективності соціального партнерства та управління.

Опитування можуть висвітлювати роль профспілок та безпосередніх керівників у формуванні середовища.

Керівництво. 66% працівників відчують підтримку керівників, проте 34% відзначають проблеми в управлінні та комунікації.

Профспілки. Виявлено тривожний сигнал – 45% працівників вважають роботу профспілки малоефективною або формальною. Це вказує на необхідність модернізації механізмів соціального діалогу.

Визначення пріоритетів для HR-стратегії та соціальної політики.

Емпіричний підхід дозволяє ієрархізувати запити персоналу, що допомагає оптимізувати витрати підприємства на найбільш затребувані послуги.

Найвищий пріоритет – транспорт на роботу (53,8%), додаткові відпустки (48,7%) та матеріальна допомога (42,3%).

Запит на розвиток – третина працівників не має інтересу до навчання, проте є чіткий запит на практичні навички: робота з новими комбайнами та цифрова грамотність.

Таким чином, системні емпіричні дослідження перетворюють суб'єктивні скарги працівників на структуровані дані для прийняття управлінських рішень. Вони є передумовою для модернізації обладнання, реформи оплати праці та зміцнення іміджу підприємства як стабільного роботодавця в умовах дефіциту кадрів.

Список використаних джерел:

1. Живага О. В. Інструментальні ресурси удосконалення кадрової роботи ПРАТ ДТЕК «Павлоградвугілля». Публічне управління та адміністрування в Україні. 2024. Вип. 44. С. 43-48. DOI <https://doi.org/10.32782/pma2663-5240-2024.44.7>
2. Живага О. В. Нормативно-правові акти в публічному управлінні роботою з персоналом приватних товариств України енергетичного сектору економіки. «Вчені записки Таврійського національного університету імені В.І. Вернадського. Серія: Публічне управління та адміністрування». 2025. Том 36 (75). № 3. С. 23-30. DOI <https://doi.org/10.32782/TNU-2663-6468/2025.3/04>

УДК 35.08:316.46

Кіслов О. В., аспірант спеціальності 281 Публічне управління та адміністрування
Науковий керівник: Гончарук Н. Т., д. держ. упр., проф., професор кафедри
державного управління і місцевого самоврядування
(Національний технічний університет «Дніпровська політехніка», м. Дніпро)

ЛІДЕРСТВО НА ПУБЛІЧНІЙ СЛУЖБІ ЯК КЛЮЧОВИЙ ЧИННИК ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЕФЕКТИВНОЇ ДІЯЛЬНОСТІ ОРГАНІВ ПУБЛІЧНОЇ ВЛАДИ

В умовах сьогодення лідерство на публічній службі має особливо важливе значення, оскільки саме від ефективності управлінських рішень, відповідальності та професійності керівників визначальним чином залежить стабільність державних інституцій, розвиток суспільства та довіра громадян до влади. У сучасних умовах повномасштабної війни, євроінтеграційних процесів, швидких соціально-економічних змін, цифровізації всіх сфер життєдіяльності суспільства, реформування публічного управління та підвищених викликів для Української держави лідерство стає ключовим чинником забезпечення ефективної діяльності органів публічної влади.

Відомий американський політолог і дипломат Генрі Кіссінджер влучно стверджував, що «без лідерства інституції дрейфують, а нації спіткає дедалі більша марнота й зрештою катастрофа» [2, с. 9]. Кіссінджер акцентував на особливій ролі лідерства в перехідні періоди, адже в такі періоди лідери «покликані мислити творчо та діагностично» [2, с. 10].

Перед вітчизняною публічною службою стоять сьогодні надзвичайно складні виклики (відновлення органів влади на деокупованих територіях, завершення реформи публічної служби, євроінтеграція, залучення та утримання на публічній службі талановитої молоді, перманентний професійний розвиток публічних службовців, адаптація ветеранів до повернення на публічну службу, покращення якості послуг, що надаються публічними службовцями, в умовах обмеженості ресурсів та ін.), ефективно подолати які здатні керівники, які володіють розвиненими лідерськими спроможностями. Адже керівники-лідери здатні: системно й стратегічно мислити; сформувати, згуртувати, мотивувати й повести за собою команду односторонців; ухвалювати ефективні рішення й надихати інших діяти задля досягнення визначених цілей.

Лідерський потенціал публічного службовця формується з кількох взаємопов'язаних складових:

- професійні якості: сукупність досвіду, знань, умінь і навичок, які забезпечують результативне виконання службових обов'язків;
- управлінські компетентності: здатність організувати роботу та ефективно керувати людьми, процесами й ресурсами, правильно визначати завдання, делегувати повноваження, контролювати виконання й досягати організаційних цілей;
- когнітивні здібності: уміння стратегічно й інноваційно мислити, аналізувати інформацію, будувати причинно-наслідкові зв'язки, приймати обґрунтовані рішення та знаходити нестандартні підходи до розв'язання проблем, вміти концентруватися на головному;
- емоційний інтелект: здатність розпізнавати, розуміти та керувати власними емоціями та розуміти емоції інших, проявляти емпатію і будувати продуктивну взаємодію;
- психологічні характеристики: уміння впливати на людей, мотивувати їх, проявляти харизму та вести команду за собою;

– соціальні навички: ефективна командна взаємодія, розвинені комунікативні здібності, налагодження партнерства, конструктивне вирішення конфліктів (у разі неможливості їх попередження), емоційна врівноваженість і стійкість до стресу.

Формула успішного керівника на публічній службі, незалежно від її складових, ґрунтується на його здатності постійно навчатися та розвивати власний лідерський потенціал, який, на відміну від компетентності, не має меж [3, с. 5]. Розвиток лідерського потенціалу керівника на публічній службі визначається рівнем його фахової підготовки, системи цінностей, моральних якостей, культури, життєвого й професійного досвіду, особистісними якостями. Під впливом цих чинників формується здатність, зберігаючи повагу до традиційних підходів і дотримуючись законодавчих норм, долати стереотипи, приймати нестандартні управлінські рішення, прогнозувати майбутні події, виявляти приховані можливості й стратегічні перспективи. Водночас важливим аспектом є усвідомлення своєї соціальної відповідальності перед співробітниками, організацією, суспільством і державою.

Швидкозмінні умови функціонування вітчизняної публічної служби актуалізують потребу формування нової архітектури взаємодії держави з суспільством і бізнесом, що детермінує розвиток інноваційного лідерства, яке спроможне забезпечувати не тільки результативне управління змінами, а й ініціювання змін, впровадження сучасних цифрових технологій, розширення електронних сервісів і прийняття ефективних управлінських рішень, а також сприяти переходу до моделей «Держава як платформа», «Уряд як платформа» [1, с. 336-337].

Лідерство є важливим інструментом підвищення ефективності комунікації між державою та суспільством, забезпечення прозорості управлінських процесів і зміцнення довіри громадян до органів влади. Сучасний публічний службовець-лідер має не лише володіти високим рівнем професійної компетентності, а й демонструвати етичність, моральність, патріотичність, відкритість, здатність до стратегічного мислення та готовність брати відповідальність за прийняті рішення.

Отже, лідерство на публічній службі виступає важливою передумовою ефективного функціонування публічного управління, завершення розпочатих системних реформ, успішного проходження євроінтеграційних етапів, повоєнної відбудови країни та забезпечення сталого розвитку суспільства.

Список використаних джерел:

1. Євтушенко О. Н., Шульга А. А. Формування інноваційного лідерства та впровадження маркетингового підходу в органах публічної влади в умовах цифровізації і глобальних трансформацій. *Інвестиції: практика та досвід*. 2026. № 5. С. 335-343.
2. Кіссінджер Г. Лідерство. Шість стратегій світової політики / пер. з англ. О. Паніч. Київ : Наш формат, 2025. 528 с.
3. Орлів М. С. Розвиток лідерського потенціалу керівника сфери державного управління. Київ : ДП «НВЦ «Пріоритети», 2017. 40 с.

УДК 352.072:004

Корсун В. В., аспірант спеціальності 281 Публічне управління та адміністрування
Науковий керівник: Квітка С.А., д.держ.упр., професор кафедри державного управ
 ління і місцевого самоврядування

(Національний технічний університет «Дніпровська політехніка» (м. Дніпро, Україна))

МЕТОДОЛОГІЧНІ ЗАСАДИ ДОСЛІДЖЕННЯ МЕРЕЖЕВИХ МЕХАНІЗМІВ У ПУБЛІЧНОМУ УПРАВЛІННІ

Сучасні трансформації системи публічного управління відбуваються в умовах зростаючої складності соціально-економічних процесів, розвитку цифрових технологій та активізації взаємодії між державними інституціями, громадянським суспільством і бізнесом [1]. У цих умовах традиційні ієрархічні моделі управління поступово доповнюються мережевими формами координації, які базуються на горизонтальних зв'язках, партнерстві та спільному виробленні управлінських рішень. Саме тому дослідження мережових механізмів у публічному управлінні потребує чітко визначених методологічних засад, що дозволяють комплексно аналізувати взаємодію різних акторів публічної політики [2].

Методологічною основою дослідження мережових механізмів виступає міждисциплінарний підхід, що поєднує інструментарій публічного управління, політичної науки, соціології, економіки та теорії організацій. Мережеве управління розглядається як форма координації діяльності різних суб'єктів, у межах якої управлінські рішення формуються через комунікацію, узгодження інтересів і колективну відповідальність. У цьому контексті важливе значення мають концепції *governance*, *collaborative governance*, а також теорія політичних мереж, які дозволяють досліджувати структуру взаємодії між державними і недержавними акторами. Однією з ключових методологічних засад є системний підхід, що передбачає розгляд мережових механізмів як складної динамічної системи взаємозалежних елементів. У межах цього підходу публічне управління аналізується як сукупність інституційних, інформаційних та комунікаційних зв'язків, які формують середовище прийняття управлінських рішень. Системний підхід дозволяє дослідити структуру мережових взаємодій, визначити роль окремих акторів та оцінити ефективність координаційних механізмів.

Важливим елементом методології є інституційний підхід, який акцентує увагу на правилах, нормах та організаційних структурах, що регулюють взаємодію учасників мережі. У межах цього підходу мережеві механізми розглядаються як інституційні форми співпраці між органами влади, громадськими організаціями, бізнесом та експертним середовищем. Аналіз інституційного середовища дозволяє визначити умови формування мережових структур, а також виявити фактори, що впливають на їхню ефективність. Також

значну роль у дослідженні мережових механізмів відіграє також комунікативний підхід, який базується на розумінні управління як процесу постійної взаємодії та обміну інформацією між різними суб'єктами. У сучасному публічному управлінні комунікація виступає ключовим інструментом координації, формування довіри та забезпечення участі громадян у процесах прийняття рішень. Тому аналіз комунікаційних каналів, цифрових платформ і механізмів зворотного зв'язку є важливим компонентом методології дослідження мережових механізмів.

Не менш важливим є застосування мережевого аналізу (*network analysis*), який дозволяє досліджувати структуру взаємозв'язків між акторами публічної політики, визначати рівень їхньої взаємодії та роль окремих учасників у формуванні управлінських рішень. Використання методів соціального мережевого аналізу дає можливість виявити кл

ючові центри впливу, оцінити інтенсивність комунікації та дослідити динаміку розвитку управлінських мереж.

Мережевий аналіз у публічному управлінні базується на припущенні, що процес вироблення та реалізації публічної політики відбувається не лише в межах ієрархічних структур державної влади, а й у складній системі взаємодії різноманітних акторів. До них належать органи державної влади, органи місцевого самоврядування, громадські організації, бізнес-структури, експертні спільноти, міжнародні інституції та громадяни. Саме взаємодія цих суб'єктів формує мережеве середовище публічного управління, у межах якого відбувається обмін ресурсами, інформацією та управлінськими практиками.

Застосування мережевого аналізу дозволяє не лише ідентифікувати склад учасників такої взаємодії, але й проаналізувати характер зв'язків між ними. Зокрема, важливим є визначення щільності мережі, рівня централізації, наявності ключових вузлів комунікації та посередників, які відіграють роль координаторів або інтеграторів управлінських процесів. Такі параметри дозволяють зрозуміти, наскільки ефективно функціонує мережа публічного управління та які саме актори мають найбільший вплив на процес прийняття рішень.

Методологічно мережевий аналіз передбачає використання низки кількісних та якісних інструментів дослідження. До кількісних методів належить обчислення показників центральності, щільності мережі, індексів взаємозв'язку та структурних позицій акторів. Ці індикатори дозволяють оцінити ступінь інтегрованості учасників мережі та визначити роль кожного з них у загальній системі взаємодії. Наприклад, показники центральності допомагають встановити, які інституції виступають ключовими центрами координації, а які – виконують периферійну роль. Водночас якісні методи мережевого аналізу передбачають дослідження змісту взаємодії між акторами, характеру комунікацій, рівня довіри та ступеня інституційної співпраці.

Окрему увагу в методології дослідження мережевих механізмів слід приділяти цифровому виміру публічного управління. Цифровізація державних процесів сприяє формуванню нових форм мережевої взаємодії, зокрема через цифрове врядування, відкриті дані, цифрові платформи співпраці та механізми цифрової участі громадян. У цьому контексті важливим стає поєднання традиційних методів аналізу публічної політики з інструментами дослідження цифрових комунікацій і інформаційних потоків [3].

Таким чином, методологічні засади дослідження мережевих механізмів у публічному управлінні ґрунтуються на поєднанні системного, інституційного, комунікативного та мережевого підходів. Їх інтеграція дозволяє сформувати комплексну аналітичну модель, яка враховує багаторівневий характер взаємодії між державою, громадянським суспільством та бізнесом. Використання такої методології створює можливості для більш глибокого розуміння процесів формування управлінських мереж, оцінки їхньої ефективності та розробки рекомендацій щодо удосконалення механізмів публічного управління в умовах цифрової трансформації та розвитку мережевого суспільства.

Список використаних джерел:

1. Квітка, С. (2020). Цифрові трансформації як сучасний тренд періодичного циклу розвитку суспільства. *Збірник наукових праць Національної академії державного управління при Президентові України. Спецвипуск*. 2020. С. 131–134. <http://doi.org/10.36.030/2664-3618-2020-si-131-134>
2. Квітка, С., & Корсун, В. (2023). Механізми мережевого управління взаємодією публічної влади та громадянського суспільства. *Аспекти публічного управління*, 11(2), 81-87. <https://doi.org/10.15421/152322>
3. Шевцов, С., & Квітка, С. (2023). Народження техніки з духу міфу та песимізм Бернара Стіглера: генеза проблеми. *Науково-теоретичний альманах Грани*, 26(5), 184-190. <https://doi.org/10.15421/1723121>

УДК 351.86:332.14

Косоногов Д.Д., аспірант спеціальності 281 Публічне управління та адміністрування

Науковий керівник: Сергієнко Е.С., к.держ.упр., доцент кафедри прикладної економіки, підприємництва та публічного управління

(Національний технічний університет «Дніпровська політехніка», м. Дніпро, Україна)

ІНФОРМАЦІЙНІ ІНДИКАТОРИ СОЦІАЛЬНО-ЕКОНОМІЧНОГО РОЗВИТКУ ТЕРИТОРІЙ.

У сучасній практиці публічного управління соціально-економічним розвитком територій зростає значення інформаційних індикаторів як інструментів вимірювання, аналізу та порівняння стану розвитку територіальних систем. Інформаційні індикатори дозволяють не лише фіксувати поточні соціально-економічні результати, а й виявляти структурні диспропорції, оцінювати ефективність публічної політики та формувати підґрунтя для прийняття обґрунтованих управлінських рішень.

У науковій літературі індикатори розвитку розглядаються як формалізоване відображення складних соціально-економічних процесів, адаптоване до потреб аналізу та управління. В умовах цифровізації публічного сектору індикатори дедалі частіше інтегруються у цифрові платформи, аналітичні панелі та системи моніторингу, що трансформує їх роль із статистичного інструменту у ключовий елемент інформаційних детермінант розвитку територій [1].

У системі публічного управління інформаційні індикатори соціально-економічного розвитку територій виконують подвійну функцію: з одного боку, вони є інструментом вимірювання результатів розвитку, а з іншого – складовою інформаційних детермінант, що безпосередньо впливають на процеси прийняття управлінських рішень. У сучасних умовах цифровізації значення індикаторів істотно зростає, оскільки вони інтегруються у цифрові платформи управління, аналітичні панелі та системи моніторингу політик.

На відміну від традиційних статистичних показників, інформаційні індикатори розвитку територій формуються з урахуванням можливостей цифрового збору даних, їх оперативності, просторової деталізації та аналітичної обробки. Саме це дозволяє використовувати індикатори не лише для ретроспективного аналізу, а й для прогнозування та сценарного планування розвитку територіальних громад.

У міжнародній практиці сформувалися комплексні системи індикаторів соціально-економічного розвитку територій, які поєднують економічні, соціальні, інституційні та просторові показники. Такі системи використовуються міжнародними організаціями для порівняльного аналізу регіонів і країн, а також для оцінювання результативності публічної політики та ефективності мережевого управління [2].

Зокрема, OECD у межах ініціативи *Regional Well-Being* застосовує багатовимірний підхід до оцінювання розвитку територій, який включає індикатори доходів, зайнятості, освіти, доступу до послуг та якості управління. Ці індикатори використовуються не лише для статистичного аналізу, а й для підтримки процесів стратегічного планування та міжрегіонального порівняння. Також, OECD застосовує підхід *Measuring Regional Well-Being*, що поєднує економічні, соціальні та інституційні показники і широко використовується органами влади для формування регіональної політики [3].

Світовий банк акцентує увагу на індикаторах доступу до даних, цифрової інфраструктури та інституційної спроможності, підкреслюючи, що якість інформаційного середовища визначає ефективність політик розвитку територій.

У своїх аналітичних інструментах WB приділяє увагу ролі даних у формуванні політик розвитку, зокрема через індикатори інституційної спроможності, доступу до інформації та цифрової інфраструктури. У звіті *World Development Report 2021* підкреслюється, що якість даних і аналітики безпосередньо впливає на здатність територій формувати ефективні стратегії розвитку [4].

Інформаційні індикатори використовуються й для виявлення територіальних диспропорцій. Вони є ключовим інструментом виявлення територіальних диспропорцій. Порівняльний аналіз індикаторів дозволяє встановити відмінності між регіонами за рівнем економічної активності, доступу до публічних послуг, цифрової інфраструктури та управлінської спроможності. У наукових дослідженнях доведено, що інформаційна асиметрія між територіями часто є не наслідком, а причиною соціально-економічної нерівності [5].

Одним із ключових завдань використання інформаційних індикаторів є виявлення соціально-економічних диспропорцій між територіями. Порівняльний аналіз індикаторів дозволяє ідентифікувати нерівномірність розвитку, асиметрії доступу до ресурсів та відмінності в інституційній спроможності органів публічної влади. Дослідження показують, що територіальні диспропорції часто корелюють з якістю інформаційного середовища. Території з розвинутою цифровою інфраструктурою, доступом до відкритих даних і аналітичних ресурсів демонструють вищі темпи соціально-економічного розвитку порівняно з регіонами, де інформаційні ресурси є фрагментарними або обмеженими. У цьому контексті інформаційні індикатори дозволяють не лише фіксувати диспропорції, а й виявляти їхні інформаційні причини [6].

Особливу роль відіграють індикатори, що відображають доступ до інформації та цифрових послуг, рівень цифрових компетентностей населення й органів влади, а також використання даних у процесах управління. Саме ці показники дедалі частіше розглядаються як складові соціально-економічного розвитку територій, поряд із традиційними економічними індикаторами.

Для України ця проблема є особливо актуальною, оскільки процеси децентралізації супроводжуються істотними відмінностями у якості інформаційного забезпечення територіальних громад. Матеріали Державної служби статистики України та вітчизняні дослідження з публічного управління засвідчують, що громади з розвиненими інформаційними системами демонструють кращі показники соціально-економічного розвитку та ефективності управління [7].

Список використаних джерел:

1. OECD. (2019). *Principles on urban policy*. OECD Publishing. <https://www.oecd.org/regional/urban-policy>
2. Квітка, С., & Корсун, В. (2023). Механізми мережевого управління взаємодією публічної влади та громадянського суспільства. *Аспекти публічного управління*, 11(2), 81-87. <https://doi.org/10.15421/152322>
3. OECD. (2020). *Measuring well-being in regions*. OECD Publishing. <https://www.oecd.org/regional/measuring-well-being>
4. World Bank. (2021). *World development report 2021: Data for better lives*. World Bank. <https://www.worldbank.org/en/publication/wdr2021>
5. van Dijk, J. (2020). *The digital divide*. Polity Press. <https://politybooks.com/bookdetail/?isbn=9781509526410>
6. Квітка, С., Титаренко, О., & Мазур, О. (2019). Оцінка стану цифрового розвитку адміністративно-територіальних одиниць Дніпропетровської області. *Аспекти публічного управління*, 7(11), 15-25. <https://doi.org/10.15421/151952>
7. Державна служба статистики України. (2024). Офіційний вебсайт. <https://www.ukrstat.gov.ua>

УДК 352.072:004

Магиляс Ю. В., аспірант спеціальності 281 Публічне управління та адміністрування

Науковий керівник: Квітка С.А., д.держ.упр., професор кафедри державного управління і місцевого самоврядування

(Національний технічний університет «Дніпровська політехніка» (м. Дніпро, Україна))

БЛОКЧЕЙН-ТЕХНОЛОГІЇ В СИСТЕМІ ПУБЛІЧНОГО УПРАВЛІННЯ

Цифрова трансформація суспільства визначає потребу у впровадженні інноваційних цифрових технологій у сферу публічного управління [1]. Однією з таких технологій є блокчейн, який розглядається як перспективний інструмент підвищення прозорості, підзвітності та ефективності діяльності органів публічної влади. Використання блокчейн-технологій у публічному секторі здатне сприяти формуванню нових моделей управління, заснованих на принципах відкритості даних, децентралізації та довіри між учасниками управлінських процесів.

Блокчейн являє собою розподілену цифрову базу даних, у якій інформація зберігається у вигляді послідовності блоків, що пов'язані між собою криптографічними методами. Особливістю цієї технології є те, що всі записи в системі зберігаються одночасно на великій кількості вузлів мережі, що забезпечує їхню незмінність і захищеність від несанкціонованого втручання. Саме ця властивість робить блокчейн привабливим інструментом для використання в публічному управлінні, де важливими є питання достовірності інформації, прозорості процедур та запобігання корупційним ризикам.

У контексті публічного управління блокчейн може застосовуватися для модернізації різних адміністративних процесів. Одним із найбільш перспективних напрямів є використання цієї технології для ведення державних реєстрів. Традиційні централізовані реєстри часто стикаються з проблемами фрагментації даних, недостатнього рівня захисту інформації та складності інтеграції між різними інформаційними системами. Використання блокчейн-технології дозволяє створити розподілену систему зберігання даних, у якій кожна зміна запису фіксується у вигляді незмінного цифрового сліду. Це підвищує рівень довіри до державних реєстрів та забезпечує прозорість управлінських процедур [2].

Іншим внапрямом застосування блокчейну є цифрове голосування та інші форми цифрової демократії. Використання цієї технології дозволяє забезпечити високий рівень захисту виборчого процесу, оскільки кожен голос фіксується у системі як окремий криптографічно захищений запис. Завдяки цьому зменшується ризик фальсифікацій та підвищується довіра громадян до результатів виборів. Крім того, блокчейн може використовуватися для реалізації механізмів електронних петицій, громадських консультацій та інших форм участі громадян у процесах публічного управління.

Важливим аспектом використання блокчейн-технологій є також підвищення прозорості бюджетного процесу та державних закупівель. Завдяки використанню розподілених реєстрів можна забезпечити відкритий доступ до інформації про використання бюджетних коштів, що сприяє посиленню громадського контролю та зниженню корупційних ризиків. У таких системах кожна фінансова операція фіксується у блокчейні, що робить неможливим її приховування або зміну без відома інших учасників мережі. Подібні рішення можуть використовуватися також для контролю за реалізацією державних програм, управління грантовими коштами та моніторингу виконання публічних контрактів.

Перспективним напрямом застосування блокчейну є також управління земельними ресурсами та кадастровими системами. У багатьох країнах проблема недостовірності даних про право власності на землю або нерухомість залишається актуальною. Використання технології блокчейн дозволяє створити надійну систему реєстрації прав власності, у якій усі транзакції з майном фіксуються у вигляді незмінних записів. Це сприяє зменшенню ризику рейдерських захоплень, підвищує рівень правової визначеності та спрощує процедури реєстрації майнових прав.

Слід зазначити, що впровадження блокчейн-технологій у публічному управлінні має не лише технологічний, а й інституційний вимір. Для ефективного використання цієї технології необхідно створити відповідну нормативно-правову базу, забезпечити стандартизацію інформаційних систем та сформувати належний рівень цифрової компетентності державних службовців. Крім того, важливим є питання інтеграції блокчейн-рішень із уже існуючими системами цифрового врядування та державними реєстрами.

Важливо також враховувати соціальний аспект впровадження блокчейн-технологій у публічному секторі. Зростання прозорості управлінських процесів сприяє підвищенню довіри громадян до державних інституцій та формуванню нових механізмів взаємодії між владою і суспільством. У цьому контексті блокчейн може розглядатися як один із інструментів зміцнення демократичних практик та розвитку ережевого відкритого врядування [3].

Разом з тим, застосування блокчейну у публічному секторі пов'язане з низкою викликів. Серед них можна виділити складність масштабування таких систем, значні витрати на впровадження та підтримку інфраструктури, а також необхідність забезпечення кібербезпеки та захисту персональних даних. Окрім того, впровадження блокчейн-рішень потребує координації між різними державними інституціями, що може ускладнювати процес їх реалізації. Необхідно також враховувати питання енергоспоживання деяких типів блокчейн-мереж та пошуку більш ефективних технологічних рішень для державного сектору.

Незважаючи на зазначені труднощі, світовий досвід свідчить про значний потенціал використання блокчейн-технологій у системі публічного управління. У багатьох країнах ця технологія вже застосовується для управління державними реєстрами, забезпечення прозорості земельних кадастрів, організації електронного голосування та контролю за державними фінансами. Такі практики демонструють, що блокчейн може стати важливим інструментом формування нової моделі цифрового врядування, орієнтованої на підвищення ефективності державного управління та зміцнення довіри громадян до державних інституцій.

Список використаних джерел:

1. Квітка, С. (2021). Цифрова трансформація в контексті концепції «Довгих хвиль» М. Кондратьєва. *Аспекти публічного управління*, 9(SI (1), 24-28. <https://doi.org/10.15421/152155>
2. Квітка, С., Корсун, В., & Магиляс, Ю. (2024). Цифрова трансформація публічного управління: перспективні напрямки досліджень. *Аспекти публічного управління*, 12(3), 50-58. <https://doi.org/10.15421/152437>
3. Квітка, С., & Корсун, В. (2023). Механізми мережевого управління взаємодією публічної влади та громадянського суспільства. *Аспекти публічного управління*, 11(2), 81-87. <https://doi.org/10.15421/152322>

Мацак В.В., аспірант спеціальності 281 «Публічне управління та адміністрування»
Науковий керівник: Лола В.В., к.держ.упр., доц., доцент кафедри прикладної економіки, підприємництва та публічного управління
(Національний технічний університет «Дніпровська політехніка», м. Дніпро, Україна).

ІНСТИТУЦІЙНІ МОДЕЛІ МІСЦЕВОГО САМОВРЯДУВАННЯ В КОНТЕКСТІ ПОВОЄННОГО ВІДНОВЛЕННЯ: ЗАРУБІЖНИЙ ДОСВІД ТА МОЖЛИВОСТІ АДАПТАЦІЇ В УКРАЇНІ

Виклики, пов'язані із повоєнним відновленням України, актуалізують необхідність формування ефективної системи публічного управління, здатної забезпечити реалізацію комплексних програм реконструкції територій та відновлення соціально-економічного потенціалу регіонів. Важлива роль у цьому процесі належить органам місцевого самоврядування як суб'єктам, найбільш наближеним до потреб територіальних громад. У цьому контексті особливого значення набуває аналіз інституційних моделей місцевого самоврядування, які визначають спроможність територіальних громад до ефективного управління процесами відновлення.

Водночас слід зазначити, що до 2022 року в Україні вже було реалізовано масштабну реформу місцевого самоврядування та територіальної організації влади. Проте умови повоєнного відновлення актуалізують необхідність переосмислення існуючих підходів та доповнення їх новими інституційними механізмами. У зв'язку з цим доцільно провести порівняльний аналіз інституційних моделей місцевого самоврядування Франції, Польщі та Великої Британії для визначення можливостей їх адаптації до умов повоєнного відновлення України. Такий вибір зумовлений репрезентативністю їх інституційних моделей місцевого самоврядування у європейському просторі. Зазначені країни демонструють різні підходи до організації взаємодії між центральною владою та територіальними громадами, що дозволяє здійснити комплексний аналіз механізмів управління розвитком територій у контексті повоєнного відновлення.

Франція обрана як приклад моделі з розвиненими інститутами державного нагляду та координації діяльності органів місцевого самоврядування. Французька система публічного управління характеризується поєднанням децентралізації та інституціоналізованого державного контролю. Адміністративно-територіальна структура включає комуни, департаменти та регіони, які наділені відповідними повноваженнями у сфері місцевого розвитку. Ключовим елементом є інститут префектів як представників центральної влади, що здійснюють контроль за законністю діяльності органів місцевого самоврядування та координують реалізацію державної політики на місцях [1]. Такий підхід забезпечує узгодженість державних і місцевих інтересів, а також ефективний контроль за використанням бюджетних ресурсів.

Польща розглядається як приклад успішної реалізації реформи децентралізації влади та забезпечення фінансової спроможності територіальних громад. Польська система сформувалася в результаті адміністративних реформ і характеризується високим рівнем децентралізації. Вона базується на трирівневій структурі: гміни, повіти та воєводства. Гміни відіграють ключову роль у реалізації політики місцевого розвитку, маючи значні фінансові та управлінські повноваження [2]. Важливим фактором ефективності цієї моделі є активне використання коштів Європейського Союзу для фінансування інфраструктурних проєктів. Польський досвід демонструє, що фінансова спроможність територіальних громад може стати критичною умовою їх участі у процесах відновлення.

Велика Британія репрезентує модель із високим рівнем управлінської автономії та розвиненими механізмами міжсекторного партнерства. Система місцевого управління Великої Британії характеризується значною автономією місцевих органів влади у сфері стратегічного планування та надання публічних послуг. Особливістю цієї моделі є активне залучення приватного сектору та громадянського суспільства до реалізації місцевих програм розвитку [3]. Це сприяє формуванню гнучких механізмів управління та підвищенню ефективності прийняття рішень на місцевому рівні.

Порівняльний аналіз досліджуваних моделей свідчить про наявність різних підходів до організації взаємодії між центральною владою та місцевим самоврядуванням. Зокрема, на відміну від французької моделі, де домінує інституціоналізований державний нагляд, польська система характеризується високим рівнем фінансової децентралізації, тоді як британська модель акцентує увагу на партнерстві з приватним сектором. При цьому, на відміну від попереднього етапу реформування місцевого самоврядування в Україні, сучасні виклики повоєнного відновлення потребують більш комплексного підходу, що передбачає поєднання різних інституційних рішень.

Для адаптації інституційних моделей місцевого самоврядування до умов повоєнного відновлення в Україні доцільно поєднати державний контроль із достатнім рівнем управлінської автономії, забезпечити фінансову спроможність територіальних громад через реформування міжбюджетних відносин та залучення міжнародної допомоги, а також активно розвивати партнерство між державою, бізнесом і громадянським суспільством для реалізації місцевих програм розвитку. Важливо впровадити гнучкі механізми планування та оцінки ефективності проєктів, що дозволяють оперативно реагувати на зміни соціально-економічної ситуації.

Таким чином, проведене дослідження свідчить про різні підходи до організації взаємодії між центральною владою та місцевими громадами, які можуть бути корисними для повоєнного відновлення України. Французька модель підкреслює важливість інституціоналізованого державного контролю, польська демонструє роль фінансово спроможних громад у реалізації програм розвитку, а британська акцентує на партнерстві з приватним сектором і громадянським суспільством. В умовах повоєнного відновлення Україна потребує комплексного підходу, що поєднує контроль, автономію та міжсекторне співробітництво. Ефективність відновлювальних процесів буде залежати від здатності органів місцевого самоврядування швидко реагувати на потреби громад, планувати та оцінювати проєкти з урахуванням змін соціально-економічної ситуації. Запровадження таких інституційних рішень сприятиме підвищенню стійкості та ефективності місцевого самоврядування в Україні.

Список використаних джерел

1. Курілов Ю.Ю. місцеве та регіональне самоврядування в Україні та Франції: територія, повноваження регіонів в контексті еволюції адміністративно-територіальної моделі України. *Дніпровський науковий часопис публічного управління, психології, права*. 2024. № 1. DOI: <https://doi.org/10.51547/ppp.dp.ua/2024.1.7>
2. Перегуда Є., Згурська В. Реформа місцевого самоврядування в Польщі як урок для України на післявоєнний період. *Просторовий розвиток*. 2022. №2. С. 204–215. DOI: <https://doi.org/10.32347/2786-7269.2022.2.204-215>
- Кутепова М. Взаємодія органів публічного управління та громадянського суспільства у Великій Британії та Україні: теоретико-методологічний аспект. *Аспекти публічного управління*. 2025. №13(4). С. 71-78. DOI: <https://doi.org/10.15421/152546>

УДК 656.6:338.49(477)

Осадчий М.Л., аспірант спеціальності 076 Підприємництво, торгівля та біржова діяльність

Науковий керівник: Ковальов А.І., д.е.н., професор

(Одеський національний економічний університет, м. Одеса, Україна)

ПУБЛІЧНЕ УПРАВЛІННЯ РОЗВИТКОМ ПОРТОВИХ МІСТ УКРАЇНИ В УМОВАХ ДЕЦЕНТРАЛІЗАЦІЇ

Трансформаційні процеси, що відбуваються в Україні протягом останнього десятиліття, зокрема реформа децентралізації та зміна архітектури міжбюджетних відносин, суттєво вплинули на механізми публічного управління розвитком територій. Особливого значення ці зміни набули для портів міст, які поєднують функції локальних адміністративних центрів і стратегічних вузлів міжнародної торгівлі. У таких містах, як Одеса, Миколаїв, Херсон та Чорноморськ, розвиток міської інфраструктури, економіки та соціальної сфери тісно пов'язаний із функціонуванням морських портів як системоутворювальних об'єктів. В умовах децентралізації перед органами місцевого самоврядування постали нові виклики та можливості щодо формування стратегій розвитку, координації з центральними органами влади та забезпечення збалансованості інтересів громади, бізнесу і держави.

Портові міста характеризуються складною структурою управління, де перетинаються повноваження муніципальних органів, державних адміністрацій, адміністрацій морських портів і приватних операторів. До реформи децентралізації значна частина фінансових ресурсів та управлінських рішень концентрувалася на центральному рівні, що обмежувало спроможність громад впливати на розвиток портової інфраструктури та використання припортових територій [1]. Передача повноважень і розширення фінансової автономії територіальних громад створили передумови для більш гнучкого та адресного управління розвитком портів міст, проте одночасно актуалізували проблему інституційної координації.

У контексті децентралізації портові міста отримали можливість формувати власні стратегії соціально-економічного розвитку з урахуванням специфіки портової діяльності. Це передбачає інтеграцію транспортної, інвестиційної, екологічної та просторової політики в єдину систему стратегічного планування. Публічне управління в таких умовах має ґрунтуватися на принципах багаторівневої взаємодії, прозорості та участі заінтересованих сторін. Важливим завданням стає узгодження міських програм розвитку з національними транспортними стратегіями та міжнародними зобов'язаннями України у сфері морської політики.

Децентралізація змінила фінансову основу розвитку портів міст, посиливши роль місцевих бюджетів у реалізації інфраструктурних проєктів. Надходження від податків, плати за землю та інших місцевих зборів створили додаткові ресурси для модернізації дорожньої мережі, комунальних систем, об'єктів соціальної інфраструктури [2]. Водночас порти як державні підприємства або об'єкти концесії залишаються під впливом центральних органів виконавчої влади, що зумовлює необхідність ефективного механізму розподілу доходів і координації інвестиційних програм.

Публічне управління розвитком портів міст потребує комплексного підходу до просторового планування. Припортові території часто характеризуються високою концентрацією промислових об'єктів, транспортних вузлів і логістичних центрів, що створює екологічне навантаження та потребує модернізації міського середовища. У межах децентралізованої системи органи місцевого самоврядування отримали більше інструментів для регулювання використання земель, зонування територій та

впровадження екологічних стандартів [3]. Це відкриває можливості для гармонізації портової діяльності з інтересами громади та реалізації принципів сталого розвитку.

Особливе значення має формування партнерських моделей управління, які передбачають залучення бізнесу та громадянського суспільства до прийняття рішень. У портових містах розвиток інфраструктури часто пов'язаний із реалізацією масштабних інвестиційних проєктів, що потребують суспільної підтримки та прозорих процедур [4]. Децентралізація сприяє впровадженню механізмів громадських консультацій, публічних слухань та участі мешканців у бюджетному процесі, що підвищує легітимність управлінських рішень.

В умовах воєнних викликів та необхідності післявоєнної відбудови портові міста набувають особливої стратегічної ваги. Порушення логістичних ланцюгів, пошкодження інфраструктури та зменшення вантажообігу потребують скоординованих дій на всіх рівнях влади. Децентралізована модель управління дозволяє оперативніше реагувати на локальні потреби, однак ефективність таких рішень залежить від узгодженості з національною політикою безпеки та відновлення. У цьому контексті публічне управління має забезпечити баланс між автономією громади та стратегічними інтересами держави.

Інституційна спроможність органів місцевого самоврядування є визначальним чинником успішності публічного управління в умовах децентралізації. Портові міста потребують висококваліфікованих управлінських кадрів, здатних інтегрувати економічні, екологічні та соціальні аспекти розвитку. Підвищення професійної компетентності посадових осіб, впровадження сучасних методів стратегічного планування та оцінювання ефективності політик є необхідними умовами забезпечення сталого розвитку [5].

Таким чином, публічне управління розвитком портових міст України в умовах децентралізації характеризується переходом від централізованої моделі прийняття рішень до більш гнучкої та інтегрованої системи багаторівневої взаємодії. Децентралізація створила передумови для підвищення фінансової автономії громад, активізації інвестиційної діяльності та модернізації міської інфраструктури, однак водночас актуалізувала потребу в ефективній координації з державними структурами. У довгостроковій перспективі успішність розвитку портових міст залежатиме від здатності органів публічної влади забезпечити стратегічну узгодженість, інституційну спроможність та орієнтацію на принципи сталого й безпечного розвитку, що дозволить перетворити портові міста на потужні центри економічного зростання та міжнародної інтеграції України.

Список використаних джерел:

1. Дем'янченко, А. Г. Вдосконалення системи управління морськими портами України. *Ефективна економіка*. 2014. № 3.
2. Бурик З. Фінансова спроможність територіальних громад як індикатор ефективності децентралізації та складова соціально-економічного розвитку регіону. *Публічне управління: концепції, парадигма, розвиток, удосконалення*. 2025. № 13. С. 6-17.
3. Березорудський А. М. Аналіз особливостей просторового розселення населення Одеської області. *Ефективна економіка*. 2024. № 10.
4. Березорудський А. М. Теоретичні аспекти дослідження сучасних урбанізаційних процесів. *Науковий вісник Одеського національного економічного університету*. 2024. Т. 9, № 322. С. 7–14.
5. Осадчий М.Л. Адаптація міжнародних стандартів у публічному управлінні морськими портами України. *Вісник Полтавського державного аграрного університету. Серія «Публічне управління та адміністрування»*. 2025. №4, С. 21-30.

Полішко М.С., аспірант спеціальності D4 Публічне управління та адміністрування
Науковий керівник: Тарасенко Т.М., д-р наук з держ. упр., професор
кафедри державного управління і місцевого самоврядування
(Національний технічний університет «Дніпровська політехніка», м. Дніпро, Україна)

МАТРИЦЯ ЦИФРОВОЇ ЗРІЛОСТІ ЗАКЛАДІВ ФАХОВОЇ ПЕРЕДВИЩОЇ ОСВІТИ ЯК ІНСТРУМЕНТ ПУБЛІЧНОГО УПРАВЛІННЯ

Цифрова трансформація системи фахової передвищої освіти є складовою державної політики модернізації освітньої сфери та інтеграції України до європейського освітнього простору. Цей процес охоплює не лише впровадження інформаційно-комунікаційних технологій в освіту, а й зміну управлінських підходів, організаційних моделей та механізмів оцінювання результативності цифрових перетворень. У цьому контексті матриця цифрової зрілості закладів фахової передвищої освіти постає як системний інструмент публічного управління.

Нормативно-правове забезпечення організації освітнього процесу в закладах фахової передвищої освіти ґрунтується на Законах України «Про освіту» [1], «Про фахову передвищу освіту» [2]. Зазначені акти регламентують повноваження суб'єктів управління, автономію закладів освіти та принципи забезпечення якості освітнього процесу. Однак чинна нормативна база не передбачає уніфікованого механізму імплементації процесів цифрової трансформації в освітній простір, а відтак й механізму комплексної оцінки результатів її реалізації. Єдині згадки, які можуть бути дотичними до процесу цифрової трансформації, окреслені в Законі України «Про фахову передвищу освіту», де зазначено права і обов'язки суб'єктів освітнього процесу в контексті збереження і розвитку матеріально-технічної бази закладу освіти. Втім, не можна однозначно сказати, що саме вкладається в термін «матеріально-технічна база», а також що саме можна вважати її розвитком. Разом з цим, навіть при теоретичному віднесенні інформаційно-комунікаційних технологій та іншого комп'ютерного устаткування до такої бази, процес цифрової трансформації неможливий і без інших складових, неокреслених у нормативно-правовому забезпеченні навіть дотично.

Враховуючи вищезазначене, доцільно розглянути впровадження матриці цифрової зрілості для закладів фахової передвищої освіти. Слід зауважити, що термін «матриця цифрової зрілості» розроблений в рамках державної ініціативи з розвитку підприємництва «Дія.Бізнес». Так, матриця цифрової зрілості – це практичний інструмент, що допомагає оцінити готовність бізнесу до цифрової трансформації. Матриця охоплює дев'ять ключових напрямів – від бізнес-моделі та внутрішніх процесів до роботи з клієнтами, аналітики даних і кіберзахисту. Після проходження оцінки підприємство отримує чітке розуміння свого поточного рівня, персональні рекомендації щодо подальшого розвитку та індивідуальну дорожню карту змін. Матриця допомагає побачити сильні сторони бізнесу, визначити точки зростання й інвестувати в цифрові рішення, які принесуть максимальну користь [3].

Таким чином, наявне трактування можна використати для оцінки впровадження й функціонування елементів цифрової трансформації, проте не в малому та середньому бізнесі, а в закладах фахової передвищої освіти.

З огляду на це, потребують доопрацювання ключові напрями, в яких буде застосовуватись відповідна оцінка. Ними можуть бути:

- інфраструктурний: відображає рівень технічного забезпечення закладу освіти, доступ до мережевих ресурсів, використання хмарних сервісів, функціонування систем управління навчанням, цифрове оснащення майстерень та лабораторій;

- управлінський: охоплює наявність стратегії цифрового розвитку, інтеграцію цифрових рішень у систему управління та освітнього процесу, застосування електронного документообігу та документообміну, використання аналітичних звітів для прийняття управлінських рішень;

- освітньо-процесуальний: характеризує ступінь впровадження цифрових технологій у навчальний процес (впровадження дистанційного/змішаного навчання, електронних курсів, цифрових ресурсів, онлайн-оцінювання);

- кадровий: передбачає оцінювання рівня цифрових компетентностей педагогічного та управлінського складу, участь у програмах підвищення цифрової кваліфікації.

- культурно-інноваційний: відображає сформованість цифрової культури, відкритість до інновацій, участь у цифрових проєктах, співпрацю з ІТ-сектором та освітніми платформами.

На основі оцінки зазначених напрямів, орган управління освітою за її результатами матиме змогу визначити рівень цифрової зрілості закладу освіти, приклади яких зображено в таблиці 1, та надати відповідні рекомендації керівнику освітнього закладу.

Таблиця 1

Рівні цифрової зрілості закладів фахової передвищої освіти

Рівень цифрової зрілості	Нормативне забезпечення	Освітній процес	Управлінські процеси	Цифрова інфраструктура
Початковий	Відсутність цифрової трансформації в установчих документах	Виключно очний	Паперовий документообіг	Обмежене технічне забезпечення
Базовий	Наявний план цифрового розвитку	Очний, змішаний	Частковий електронний документообіг, використання електронних цифрових підписів	Достатнє технічне забезпечення, стабільна мережа
Інноваційний	Цифрова трансформація є складовою стратегії розвитку	Змішаний, дистанційний	Виключно електронний документообіг	Повне технічне забезпечення, хмарна інфраструктура, заходи з кібербезпеки

Таким чином, впровадження матриці цифрової зрілості закладів фахової передвищої освіти надасть змогу органам управління освітою мати повне й вичерпне розуміння стану цифрової трансформації окремого закладу освіти й надавати відповідні рекомендації для покращення, що суттєво прискорить інтеграцію системи фахової передвищої освіти до сучасних цифрових технологій.

Список використаних джерел:

1. Про освіту: Закон України від 05.09.2017 № 2145-VIII: станом на 1 січ. 2026 р. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2145-19#Text> (дата звернення: 25.02.2026).

2. Про фахову передвищу освіту: Закон України від 06.06.2019 № 2745-VIII: станом на 1 січ. 2026 р. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2745-19#Text> (дата звернення: 25.02.2026).

3. Програма цифрової зрілості малого та середнього бізнесу в Україні. Дія.Бізнес. URL: <https://business.dia.gov.ua/initiative/national-program-for-digital-maturity> (дата звернення: 25.02.2026).

Пономаренко М., аспірант кафедри державного управління та місцевого самоврядування

Науковий керівник: Сорокіна Н., професор кафедри державного управління і місцевого самоврядування, доктор наук з державного управління, професор
(Національний технічний університет «Дніпровська політехніка», м. Дніпро, Україна)

ФУНКЦІОНАЛЬНИЙ ЗМІСТ ДІЯЛЬНОСТІ ОРГАНІВ МІСЦЕВОГО САМОВРЯДУВАННЯ У СФЕРІ БЛАГОУСТРОЮ В УМОВАХ ПОВОЄННОГО ВІДНОВЛЕННЯ УКРАЇНИ

Ефективний розвиток держави та суспільства об'єктивно передбачає необхідність урахування й узгодження державних, суспільних і приватних інтересів. Проблема балансу таких інтересів має філософський характер і не може розглядатися як аксіоматична, оскільки кожна цивілізація на певному етапі свого розвитку вирішує її з урахуванням конкретних історичних умов, соціально-економічних реалій, культурних традицій, уявлень про природу людини, а також про справедливість і рівність [1]. Зазначені підходи цілком можуть бути екстрапольовані й на сферу благоустрою територій, у межах якої взаємодіють різні суб'єкти, кожен з яких реалізує власні інтереси.

Рівень благоустрою населених пунктів виступає інтегральним показником ефективності діяльності органів публічної влади, суб'єктів господарювання та громадян. Динаміка розвитку благоустрою значною мірою залежить від спроможності органів публічної влади створювати умови для залучення бізнесу й населення до участі у відповідних заходах. У зв'язку з цим актуалізується потреба у визначенні системи суб'єктів правовідносин у сфері благоустрою населених пунктів, а також у з'ясуванні особливостей їх адміністративно-правового статусу.

Незважаючи на практичну значущість означених питань, ґрунтовних комплексних досліджень, присвячених системі суб'єктів та їх адміністративно-правовому статусу у сфері благоустрою населених пунктів, наразі бракує. Тому дане дослідження спирається на загальнотеоретичні та адміністративно-правові напрацювання вчених у суміжних галузях, зокрема В. Б. Авер'янова, О. О. Бандурка, О. В. Зайчука, Т. О. Коломоєць, С. Л. Лисенкова, Н. М. Оніщенко та інших. Передусім доцільно звернутися до наукових підходів щодо розуміння змісту категорії адміністративно-правового статусу суб'єкта адміністративних правовідносин.

Так, О. М. Музичук, уточнюючи сутність поняття «правовий статус» суб'єкта адміністративно-правових відносин, розглядає його як систему ознак, закріплених нормами адміністративного права, які визначають місце, роль і призначення суб'єкта у системі правовідносин, окреслюють його відмінності від інших учасників та регламентують порядок взаємодії між ними [2]. Таким чином, ключовим критерієм диференціації суб'єктів адміністративного права виступає обсяг і характер наданих їм владних повноважень.

Подібної позиції дотримується й В. Б. Авер'янов, який включає до змісту адміністративно-правового статусу органів публічної адміністрації насамперед їх компетенцію, тобто сукупність владних повноважень, закріплених у компетенційних або статутних нормативно-правових актах. При цьому вчений наголошує, що статус не обмежується лише повноваженнями, а охоплює також завдання, функції, характер взаємозв'язків з іншими органами (як по вертикалі, так і по горизонталі), місце у системі органів виконавчої влади, а також порядок вирішення установчих і кадрових питань [3, с. 30–32].

С. В. Ківалов, аналізуючи адміністративно-правовий статус органів місцевого самоврядування, звертає увагу на їх специфічні риси, зокрема: відокремленість від системи органів державної влади; можливість наділення делегованими державними повноваженнями; наявність контрольних функцій державного характеру; право прийняття нормативних та індивідуальних актів управління у формі рішень [4].

О. М. Алтуніна підкреслює, що в науковій літературі адміністративно-правовий статус суб'єктів нерідко аналізується через його елементний склад. Водночас, на її думку, класична тріада елементів – права, обов'язки та відповідальність – більшою мірою притаманна фізичним особам як суб'єктам адміністративного права. Щодо юридичних осіб загалом і, зокрема, органів державної влади та місцевого самоврядування, доцільно виокремлювати такі елементи їх адміністративно-правового статусу, як мета, завдання, функції, повноваження та відповідальність [5]. Зазначений підхід може бути проілюстрований на прикладі аналізу адміністративно-правового статусу Міністерства розвитку громад та територій України як ключового суб'єкта формування та реалізації державної політики у сфері благоустрою населених пунктів.

До основних завдань діяльності Міністерства розвитку громад та територій України належить забезпечення формування та реалізації державної регіональної політики, державної житлової політики, а також політики у сферах будівництва, архітектури, містобудування та житлово-комунального господарства. У межах цих напрямів особливе значення мають питання збереження традиційного характеру середовища населених пунктів, їх благоустрою, поводження з побутовими відходами, організації поховання та увічнення пам'яті, технічної інвентаризації об'єктів нерухомого майна, забезпечення населення питною водою та розвитку систем питного водопостачання [6]. Крім того, Міністерства розвитку громад та територій України забезпечує формування державної політики у сфері архітектурно-будівельного контролю та нагляду, а також здійснення контролю у сфері житлово-комунального господарства і технічного регулювання у відповідних галузях.

Реалізуючи надані повноваження, Міністерства розвитку громад та територій України здійснює реєстрацію саморегулятивних організацій у сфері архітектурної діяльності; проводить перевірку, перегляд і скасування галузевих нормативних документів у сферах будівництва, архітектури, містобудування, житлово-комунального господарства та благоустрою; забезпечує управління у сфері містобудування шляхом державного планування територій і ведення містобудівного кадастру. До його компетенції також належить методичне забезпечення інженерно-сейсмометричних спостережень, інженерного захисту територій і об'єктів, технічного регулювання будівель і споруд, а також організація заходів із захисту територій населених пунктів від небезпечних геологічних процесів, прогнозування та запобігання їх розвитку. Окрім цього, Міністерства розвитку громад та територій України погоджує проекти експериментального будівництва, схеми теплопостачання населених пунктів із чисельністю населення понад 20 тис. осіб, регіональні програми модернізації систем теплопостачання та програми розвитку житлово-комунального господарства, здійснює професійну атестацію виконавців робіт зі створення об'єктів архітектури та проводить моніторинг реалізації Генеральної схеми планування території України [7].

Отже, функціональний зміст діяльності органів місцевого самоврядування у сфері благоустрою в умовах повоєнного відновлення України визначається необхідністю узгодження публічних, приватних і громадських інтересів, забезпечення сталого розвитку територій та підвищення якості життя населення. Ефективність реалізації повноважень у цій сфері безпосередньо залежить від чіткого визначення адміністративно-правового статусу суб'єктів публічного управління, розмежування їх функцій і належної координації з органами виконавчої влади. В умовах післявоєнної трансформації особливої ваги набуває спроможність органів місцевого самоврядування

реалізовувати відновлювальні, регулятивні та сервісні функції з урахуванням принципів сталого розвитку, енергоефективності та участі громади.

Список використаних джерел:

1. Музичук О.М. Уточнення сутності категорії «правовий статус» суб'єкта адміністративно-правових відносин та його елементного складу. *Форум права*. 2008. № 1. С. 316–321.
2. Авер'янов В.Б. Організація виконавчої влади: необхідність усунення внутрішніх суперечностей. *Право України*. 2009. № 5. С. 32–35.
3. Державне управління: проблеми адміністративно-правової теорії та практики / за заг. ред. В. Б. Авер'янова. Київ : Факт, 2003. 384 с. URL: <http://5fan.ru/wievjob.php?id=16037>
4. Алтуніна О. М. Адміністративно-правовий статус органів місцевого самоврядування. *Право і безпека*. 2010. № 4. С. 89–92. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/Pib_2010_4_20
5. Про затвердження Положення про Міністерство регіонального розвитку, будівництва та житлово-комунального господарства України : Постанова від 30 квітня 2014 р. № 197. URL: <http://zakon.rada.gov.ua/laws/show/197-2014-%D0%BF>
6. Бурбика М. М., Солонар А. В., Янішевська К. Д. Адміністративне право України : навчальний посібник. Суми: Мрія, 2015. 358 с. URL: https://pidruchniki.com/79624/pravo/forma_realizatsiyi_administrativno-pravovih_norm

УДК 352/354

**Руснак А.А., аспірант спеціальності 281 Публічне управління та адміністрування
Науковий керівник Багрим О.А. к. держ.упр.**

(Національний технічний університет «Дніпровська політехніка», м.Дніпро, Україна)

KPI TA PERFORMANCE MANAGEMENT У ДЕРЖАВНИХ ОРГАНАХ: СУЧАСНІ ЦИФРОВІ ПІДХОДИ

Сучасний етап реформування державної служби України характеризується переходом до управління за результатами, що передбачає інтеграцію системи ключових показників ефективності (KPI) та комплексного performance management у кадрову політику органів державної влади. В умовах цифрової трансформації публічного управління та зростання суспільного запиту на прозорість і підзвітність державних інституцій питання оцінювання результативності діяльності державних службовців набуває стратегічного значення.

Правові засади оцінювання службової діяльності визначені Законом України «Про державну службу» [1], який встановлює механізм щорічного оцінювання результатів діяльності державних службовців. Методологічне забезпечення цього процесу здійснює Національне агентство України з питань державної служби, яке розробляє рекомендації щодо визначення завдань і ключових показників результативності, ефективності та якості службової діяльності [2]. Проте традиційна процедура оцінювання, що здебільшого має формалізований характер, потребує трансформації у напрямі інтегрованої цифрової системи управління результативністю.

Концепція performance management передбачає безперервний процес стратегічного планування, постановки індивідуальних і командних цілей, моніторингу їх виконання, оцінювання досягнутих результатів та розвитку професійних компетентностей. Як зазначає Майкл Армстронг, управління результативністю повинно інтегрувати індивідуальні цілі працівника зі стратегічними цілями організації [3]. У публічному секторі це означає каскадування цілей від державних програм і стратегічних документів до рівня структурного підрозділу та окремого службовця.

Dave Ulrich підкреслює, що сучасна HR-функція має трансформуватися у стратегічного партнера керівництва, використовуючи аналітичні інструменти для підтримки управлінських рішень [4]. У державному управлінні це передбачає впровадження data-driven підходів, коли оцінювання діяльності ґрунтується на об'єктивних цифрових даних. Специфіка KPI у державних органах полягає у їхній орієнтації на створення суспільної цінності, а не фінансового прибутку. Ключовими індикаторами виступають якість і доступність адміністративних послуг, своєчасність підготовки нормативно-правових актів, ефективність реалізації державної політики, дотримання принципів доброчесності та законності. Відповідно, система показників повинна бути багатовимірною, поєднувати кількісні та якісні критерії, враховувати стратегічні пріоритети розвитку держави.

Українські науковці наголошують, що формування культури результативності є необхідною умовою професіоналізації державної служби. Зокрема, Т. Василевська акцентує увагу на необхідності поєднання оцінювання результатів із розвитком етичних та професійних стандартів публічної служби [6]. В. Луговий підкреслює, що система оцінювання повинна бути інтегрованою з процесами підвищення кваліфікації та стратегічного розвитку людського капіталу [7]. У фахових виданнях категорії «Б» також обґрунтовується необхідність переходу до цифрових індикаторів результативності як складової модернізації публічного управління [8; 9].

Цифровізація KPI та performance management реалізується через впровадження HRM-інформаційних систем, електронного документообігу, цифрових панелей

управління (дашбордів), автоматизованих модулів оцінювання. Використання таких систем дозволяє забезпечити прозорість встановлення цілей, оперативний моніторинг виконання завдань та формування аналітичної звітності. За даними Organisation for Economic Co-operation and Development, цифрові HR-інструменти сприяють підвищенню ефективності публічної служби та зміцненню довіри громадян до державних інституцій [5].

Важливим напрямом розвитку є впровадження People Analytics – системного аналізу кадрових даних для прогнозування результативності, визначення потреб у навчанні, управління талантами та мінімізації кадрових ризиків. Аналітичні алгоритми дозволяють виявляти взаємозв'язки між компетентностями, навантаженням та якістю виконання завдань, що забезпечує більш обґрунтовані управлінські рішення. В умовах обмежених ресурсів це сприяє оптимізації використання людського капіталу в державному секторі. Разом із тим, упровадження цифрових систем оцінювання супроводжується низкою викликів. Серед них – ризик формалізації показників, складність вимірювання якісних аспектів діяльності, можливість викривлення мотиваційних стимулів, необхідність захисту персональних даних. Надмірна орієнтація на кількісні KPI може призвести до зниження якості управлінських рішень або формального виконання завдань без реального суспільного ефекту. Тому система performance management має базуватися на принципах збалансованості, етичності та стратегічної узгодженості. Перспективним напрямом є поєднання KPI із механізмами 360-градусного оцінювання, електронними опитуваннями, цифровими платформами зворотного зв'язку та індивідуальними планами розвитку. Це дозволяє трансформувати оцінювання з формальної процедури на інструмент професійного зростання та підвищення мотивації персоналу.

Отже, сучасні цифрові підходи до KPI та performance management у державних органах є ключовим чинником підвищення ефективності публічного управління. Їх впровадження сприяє формуванню культури результативності, зміцненню підзвітності та стратегічній орієнтації державної служби. Подальший розвиток цієї системи потребує комплексного поєднання нормативного вдосконалення, цифрових технологій та розвитку професійних компетентностей державних службовців.

Список використаних джерел :

1. Про державну службу : Закон України від 10 груд. 2015 р. № 889-VIII. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/889-19>
2. Національне агентство України з питань державної служби. Методичні рекомендації щодо визначення результатів службової діяльності державних службовців. Київ, 2020.
3. Майкл Армстронг. Armstrong's Handbook of Performance Management. 6th ed. London : Kogan Page, 2017.
4. Dave Ulrich. Human Resource Champions. Boston : Harvard Business School Press, 1997.
5. Organisation for Economic Co-operation and Development. Public Service Leadership and Capability Review. Paris : OECD Publishing, 2021.
6. Василевська Т. Е. Професіоналізація державної служби в Україні: теоретико-методологічні засади. Київ : НАДУ, 2018.
7. Луговий В. І. Державне управління: теорія і практика. Київ : НАДУ, 2017.
8. Ковбасюк Ю. В., Оболенський О. Ю. Оцінювання результативності діяльності державних службовців: сучасні підходи. Державне управління: удосконалення та розвиток. 2021. № 5.
9. Гошовська В. А. Управління людськими ресурсами в органах публічної влади: сучасні виклики. Вісник НАДУ. 2020. № 3.

УДК 351:005-029:32(477)

Сухоруков О. І., аспірант спеціальності 281 Публічне управління та адміністрування, кафедра державного управління і місцевого самоврядування
Шпекторенко І. В., д. держ. упр., професор, професор кафедри державного управління і місцевого самоврядування ННІДУ

(Національний технічний університет «Дніпровська політехніка», м. Дніпро, Україна)

МЕТОДОЛОГІЧНА ІНТЕГРАЦІЯ ПОЛІТИЧНОГО МЕНЕДЖМЕНТУ ТА СТРУКТУРИ УПРАВЛІНСЬКОЇ ДІЯЛЬНОСТІ

Політичний менеджмент і публічне управління в сучасних умовах повинні утворювати єдину політико-управлінську систему, у межах якої стратегічні політичні рішення трансформуються в управлінські дії та адміністративні процедури. Політичний менеджмент у «широкому» розумінні є методологією управління політичними процесами, що охоплює легітимацію влади, стратегічне планування розвитку, взаємодію інститутів та соціальних груп, управління ризиками й забезпечення демократичної відповідальності [2-3].

Структура управлінської діяльності є системною блочною моделлю, яка дозволяє впорядкувати діяльність суб'єкта управління через послідовне розгортання її смислових, когнітивних, інструментальних, нормативних і рефлексивних компонентів [1; 4].

Метою цих тез є інтеграція політичного менеджменту в логіку блочної структури управлінської діяльності та демонстрація їхньої методологічної спорідненості.

I. Смыслово-мотиваційний блок: політична доцільність і публічна цінність.

У структурі управлінської діяльності першим виступає блок сенсу та мотивів.

Політичний менеджмент формує: стратегічні політичні цілі; ціннісні орієнтири влади; легітимаційні засади діяльності; образ майбутнього розвитку держави.

Таким чином, політичний менеджмент наповнює смисловий блок управлінської діяльності політичною доцільністю, ідеологічною позицією та суспільною візією.

У публічному управлінні це трансформується в: формування публічної політики; визначення пріоритетів реформ; баланс між політичною доцільністю та професійною експертизою. Отже, політичний менеджмент може поєднуватись з формуванням стратегічного сенсу управлінської діяльності.

II. Блок відображення умов діяльності: політичне середовище та інституційна конфігурація.

Структура управлінської діяльності передбачає аналіз об'єктивних і суб'єктивних умов.

Політичний менеджмент у цьому вимірі забезпечує: аналіз політичної кон'юнктури; оцінку соціальних настроїв; виявлення груп інтересів; аналіз ризиків і кризових факторів; оцінку міжнародного та геополітичного середовища.

Таким чином, політичний менеджмент виконує функцію стратегічного сканування середовища, що відповідає блоку відображення умов діяльності.

Для України це особливо актуально в умовах: війни та безпекових викликів; інституційної трансформації; євроінтеграційних процесів; цифровізації управління.

III. Інформаційно-когнітивний блок: аналітика, прогнозування, ризик-менеджмент.

Політичний менеджмент активно використовує: експертно-аналітичну діяльність; прогнозування політичних наслідків; ризик-менеджмент; маркетингові дослідження; інформаційне управління, що співвідносяться з інструментами публічного

управління. Це безпосередньо відповідає блоку інформаційної та когнітивної основи діяльності в структурі управлінської діяльності.

Особливістю є те, що політичний менеджмент: інтегрує політичну аналітику з управлінською; поєднує раціональний аналіз із стратегічною комунікацією; формує когнітивні карти прийняття рішень.

Отже, він розширює когнітивний блок управлінської діяльності до рівня стратегічного політико-адміністративного мислення.

IV. Проблематизація та цілепокладання. Політичний менеджмент формує довгострокові політичні цілі; визначає тактичні завдання; структурує державні програми; координує діяльність гілок влади. Це відповідає таким блокам структури управлінської діяльності: визначення проблеми; постановка мети; уявлення про результати.

У широкому розумінні політичний менеджмент задає політичну архітектуру цілей, тоді як публічне управління забезпечує їхню реалізацію.

V. Інструментальний блок: принципи, функції, методи, технології (процедури, процеси, механізми, технології), теорії та концепції.

Політичний менеджмент має власну систему: закономірностей політики; принципів діяльності; функцій; методів; технологій (політичний маркетинг, лобізм, правовий менеджмент, комунікаційні стратегії та ін.). Це безпосередньо співвідноситься з блоком інструментів управлінської діяльності.

Особливістю є те, що політичний менеджмент: інтегрує політичні та адміністративні інструменти; забезпечує зв'язок між стратегічними рішеннями та управлінськими процедурами; функціонує як надбудова над адміністративним апаратом.

VI. Нормативний блок: легітимність і баланс влади. Політичний менеджмент взаємодіє з: конституційними нормами; демократичними процедурами; принципами Governance; механізмами підзвітності. Однак він містить ризик політизації адміністрації.

Саме структура управлінської діяльності дозволяє: розмежувати політичну доцільність і професійну автономію; забезпечити баланс між політичним контролем і бюрократичною компетентністю; запобігти деформаціям легітимності.

VII. Блок професіоналізму. Публічний службовець у політико-управлінській системі повинен поєднувати: політичну чутливість та адаптивність; управлінську компетентність; стратегічне мислення; етичну відповідальність; здатність до антикризового реагування.

Таким чином, політичний менеджмент розширює вимоги до професіоналізму, але саме структура управлінської діяльності дозволяє систематизувати ці якості як підсистему професіоналізму.

VIII. Орієнтування, контроль і рефлексія. Політичний менеджмент включає: моніторинг суспільних настроїв; контроль реалізації політики; коригування стратегій; реагування на кризи. Проте рефлексивний компонент часто залишається інструментальним.

Структура управлінської діяльності додає: усвідомлену рефлексію; оцінку відповідності результатів цілям; аналіз легітимності; корекцію смислових засад діяльності.

IX. Інтегративна модель. Поєднання політичного менеджменту зі структурою управлінської діяльності дозволяє сформувати багаторівневу модель публічного управління:

Стратегічний рівень – політичні цілі, легітимність, цінності.

Інституційний рівень – взаємодія гілок влади, координація політичних інститутів.

Операційний рівень – публічне управління та адміністрування.

Адаптивний рівень – Governance, лідерство, співпраця з громадянським суспільством, антикризова гнучкість.

Рефлексивний рівень – оцінювання результатів і корекція стратегій суб'єктами політики.

Таким чином, політичний менеджмент методологічно споріднений зі структурою управлінської діяльності. Він наповнює її стратегічним, легітимаційним і комунікаційним змістом. Структура управлінської діяльності забезпечує системність і впорядкованість політичного менеджменту. Їх інтеграція дозволяє: зменшити ризики політизації; підвищити ефективність публічного управління; забезпечити баланс між політичною доцільністю та професійною автономією; перейти від реактивної до проактивної державної політики.

Політичний менеджмент і структура управлінської діяльності утворюють методологічно узгоджену систему, яка може бути основою сучасної моделі публічного управління України в умовах трансформації, глобальної конкуренції та боротьби за легітимність.

Список використаних джерел:

1. Куйбіда В. С., Шпекторенко І. В. Методологія публічного управління як система: теоретичні та практичні аспекти. Публічне управління і адміністрування в Україні. 2022. Вип. 29. С. 7-12. DOI <https://doi.org/10.32843/pma2663-5240-2022.29.1>
2. Сухоруков О. І. Політичний менеджмент і публічне управління. Держава та регіони. Серія: Публічне управління і адміністрування. 2024. № 4. С. 25-30. DOI <https://doi.org/10.32782/1813-3401.2024.4.4>
3. Сухоруков О. І. Політичний менеджмент як інтеграція функцій: концептуальний підхід. Публічне управління і адміністрування в Україні. 2025. Вип. 45. С. 43-50. DOI <https://doi.org/10.32782/pma2663-5240-2025.47.8>
4. Шпекторенко І. В. Евристичні можливості блокового підходу у формуванні структури управлінської діяльності публічного службовця. Аспекти публічного управління. 2019. Т. 7. № 11. С. 38-48.

Шебанов В.А., аспірант спеціальності 281 Публічне управління та адміністрування
Науковий керівник: Квітка С.А., д-р держ.упр., професор кафедри державного управління і місцевого самоврядування

(Національний технічний університет «Дніпровська політехніка» (м. Дніпро, Україна))

ГРОМАДЯНСЬКЕ СУСПІЛЬСТВО ЯК АГЕНТ РОЗВИТКУ ЦИФРОВОЇ ДЕМОКРАТІЇ

Розвиток механізмів цифрової демократії, забезпечуює нові форми взаємодії між публічною владою, громадянами та інститутами громадянського суспільства. Цифрові технології створюють передумови для підвищення відкритості публічного управління, розширення можливостей громадської участі у прийнятті управлінських рішень, а також формування нових форматів суспільного контролю за діяльністю органів влади [1]. У цьому контексті громадянське суспільство виступає важливим агентом розвитку цифрової демократії, оскільки саме воно ініціює, підтримує та поширює практики використання цифрових інструментів участі і тим самим забезпечує протидію авторитарним тенденціям в розвитку держави.

Цифрова демократія розглядається як форма демократичного врядування, що ґрунтується на використанні цифрових технологій для забезпечення участі громадян у політичних та управлінських процесах. Її інструментарій охоплює електронні петиції, електронні консультації з громадськістю, відкриті дані, електронні громадські бюджети, які були розвинені ще за часів електронного урядування. Насьогодні активно впроваджуються новітні форми, такі як, цифрові платформи громадської участі, а також онлайн-механізми громадського моніторингу діяльності органів влади. Використання таких інструментів дозволяє підвищити рівень прозорості публічного управління, зменшити інформаційну асиметрію між державою та суспільством і створити умови для більш ефективної взаємодії між владою та громадянами.

Громадянське суспільство відіграє ключову роль у розвитку цифрової демократії завдяки своїй здатності виступати посередником між громадянами та державними інституціями. Громадські організації, аналітичні центри, професійні спільноти та волонтерські мережі активно сприяють поширенню цифрових інструментів участі, формують суспільний запит на відкритість влади та стимулюють впровадження інновацій у сфері публічного управління. Крім того, інститути громадянського суспільства здійснюють важливу функцію громадського контролю за процесами цифрової трансформації держави, зокрема щодо забезпечення прозорості використання даних, дотримання принципів відкритого урядування та захисту цифрових прав громадян [2].

Однією з важливих функцій громадянського суспільства у контексті цифрової демократії є формування культури громадської участі. Через освітні ініціативи, громадські і кампанії та просвітницькі проекти громадські організації сприяють підвищенню рівня цифрової грамотності населення та формуванню навичок використання електронних інструментів участі. Це має особливе значення в умовах зростання ролі цифрових платформ у публічному управлінні, оскільки ефективність цифрової демократії значною мірою залежить від готовності громадян активно використовувати такі інструменти.

Важливою складовою участі громадянського суспільства у розвитку цифрової демократії є його роль у формуванні політики відкритих даних. Громадські організації та аналітичні спільноти активно використовують відкриті державні дані для проведення незалежних досліджень, моніторингу діяльності органів влади та розробки інноваційних цифрових сервісів. У результаті формується нова модель взаємодії між державою та суспільством.

ільством, у межах якої дані стають важливим ресурсом для розвитку прозорого та підзвітного управління [3].

Водночас розвиток цифрової демократії пов'язаний із низкою викликів. Серед них – цифрова нерівність, недостатній рівень цифрової грамотності населення, ризики маніпуляцій у цифровому середовищі, а також проблеми захисту персональних даних. У цих умовах громадянське суспільство може виступати важливим чинником мінімізації зазначених ризиків через розвиток громадського моніторингу цифрових політик, участь у формуванні нормативно-правового забезпечення цифрового врядування та сприяння поширенню принципів відкритості та використання цифрових технологій.

Особливого значення роль громадянського суспільства набуває в умовах цифрової трансформації публічного управління в Україні і, тим більше, в умовах військової агресії. Активна участь громадських організацій у впровадженні інструментів цифрової демократії, розвитку відкритих даних та формуванні екосистеми цифрового врядування сприяє підвищенню прозорості діяльності державних інституцій та зміцненню довіри громадян до влади. Крім того, взаємодія між державою та громадянським суспільством у цифровому середовищі створює передумови для формування мережових моделей управління, що базуються на партнерстві, співучасті та спільному виробленні управлінських рішень [4].

Можна говорити про те, що громадянське суспільство виступає одним із ключових агентів розвитку цифрової демократії, забезпечуючи поширення інструментів громадської участі, сприяючи підвищенню прозорості публічного управління та формуванню культури цифрової взаємодії між державою і громадянами. Подальший розвиток цифрової демократії потребує зміцнення інституційної спроможності громадянського суспільства, розширення можливостей використання цифрових платформ участі та формування ефективних механізмів співпраці між державними інституціями, громадськими організаціями та громадянами. У результаті це сприятиме підвищенню якості публічного управління та сталому розвитку демократичних інститутів у цифрову епоху.

Список використаних джерел:

1. Квітка, С. (2021). Цифрова трансформація в контексті концепції «Довгих хвиль» М. Кондратьєва. *Аспекти публічного управління*, 9(1), 24-28. <https://doi.org/10.15421/152155>
2. Квітка, С., & Корсун, В. (2023). Механізми мережевого управління взаємодією публічної влади та громадянського суспільства. *Аспекти публічного управління*, 11(2), 81-87. <https://doi.org/10.15421/152322>
3. Квітка, С., & Карпенко, О. (2022). Вплив цифровізації на державне управління у сфері протидії міжнаціональним конфліктам. *Аспекти публічного управління*, 10(5), 62-68. <https://doi.org/10.15421/152236>
4. Квітка, С., & Шебанов, В. (2025). Цифрова бюрократія: механізми інституційної модернізації. *Аспекти публічного управління*, 13(4), 79-88. <https://doi.org/10.15421/152547>

Право

Завгородній М.О., аспірант спеціальності 081 Право
Науковий керівник: Пушкіна О.В., д.ю.н., професор, завідувач кафедри цивільного, господарського та екологічного права (Національний технічний університет «Дніпровська політехніка», м. Дніпро, Україна)

**ТРАНСКОРДОННЕ ВИЗНАННЯ ПРОЦЕДУР БАНКРУТСТВА:
ПРОБЛЕМА АДАПТАЦІЇ ЗАКОНОДАВСТВА УКРАЇНИ
ДО СТАНДАРТІВ ЮНСІТРАЛ ТА ЄС**

Глобалізація підприємницького середовища неминує породжує ситуації, коли активи неплатоспроможного боржника виявляються розпорощеними між правопорядками декількох держав, а коло кредиторів набуває мультинаціонального характеру. У таких умовах жодна із залучених юрисдикцій, діючи автономно та спираючись лише на власний внутрішній інструментарій, не здатна ні гарантувати повноцінне задоволення вимог кредиторів, ні забезпечити справедливий розподіл конкурсної маси. Для України зазначена проблематика пов'язана з конкретними міжнародно-правовими зобов'язаннями: підписана 27 червня 2014 року та схвалена Верховною Радою України 16 вересня 2014 року за № 1678-VII Угода про асоціацію з Європейським Союзом [1] закріплює курс на поступове зближення вітчизняного права з правовими стандартами ЄС, що охоплює, зокрема, сферу захисту майнових прав та врегулювання господарських конфліктів.

Відправним орієнтиром у процесі уніфікації відповідного регулювання на глобальному рівні є Типовий закон ЮНСІТРАЛ про транскордонну неплатоспроможність, ухвалений у 1997 році [2]. В його основу покладено концепцію модифікованого універсалізму, яка, уникаючи крайнощів як суворого територіалізму, так і повного уніфікованого підходу, пропонує збалансовану модель: центральне провадження зосереджується в одній державі, тоді як решта юрисдикцій зобов'язані надавати йому необхідну підтримку. Практична реалізація такої підтримки здійснюється через чотири функціональні блоки: надання уповноваженим представникам іноземних проваджень прямого доступу до національних судів; процедуру офіційного визнання закордонних проваджень; механізми забезпечувальної та процесуальної допомоги; налагодження прямих каналів міжсудового співробітництва. Свідченням практичної цінності запропонованої моделі є її широке поширення: понад 60 держав у 65 юрисдикціях [3] — серед них Сполучені Штати Америки (де відповідні норми включено до Кодексу про банкрутство 2005 року як його главу 15 [4]), Японія, Канада та Австралія — визнали Типовий закон прийнятною основою для власного законодавства. Це визнання було підкріплене на рівні ООН Резолюцією Генеральної Асамблеї від 15 грудня 1997 року № 52/158, яка закликала держави-члени розглянути питання про його запровадження [5]. Нормативна база ЮНСІТРАЛ у цій галузі продовжує розвиватися: у 2021 році базовий акт 1997 року, Типовий закон про визнання та виконання рішень 2018 року і Типовий закон про неплатоспроможність груп підприємств 2019 року були зведені в єдиний Консолідований текст [6], а Керівництво з практики транскордонного співробітництва 2009 року [7] слугує методичним посібником для суддів та практикуючих юристів.

Водночас держави — члени ЄС у відносинах між собою послуговуються відмінним регіональним механізмом, що ґрунтується на Регламенті Європейського Парламенту і Ради (ЄС) № 2015/848 від 20 травня 2015 року про провадження у справах про неплатоспроможність (переглянута редакція) [8], обов'язкова сила якого насталася 26 червня 2017 року. Системоутворюючим поняттям цього Регламенту виступає «центр

основних інтересів» боржника — COMI (Centre of Main Interests): відповідно до статті 3, юрисдикція для відкриття основного провадження належить судам тієї держави-члена, де фактично локалізований COMI боржника. Судова практика Суду ЄС суттєво збагатила зміст цього поняття. У справі *Re Eurofood IFSC Ltd* (Case C-341/04, 2006) [9] Суд сформулював вимогу визначати COMI виключно через об'єктивні ознаки, доступні для зовнішніх спостерігачів, надавши місцю реєстрації юридичної особи статус спростовної презумпції. Рішення у справі *Interedil Srl v Fallimento Interedil Srl* (Case C-396/09, 2011) [10] розвинуло цю логіку, наголосивши на необхідності індивідуального аналізу всього комплексу фактичних обставин у кожній конкретній справі. Поряд із розмежуванням проваджень на основні та вторинні, Регламент 2015/848 запровадив взаємопов'язану мережу національних реєстрів неплатоспроможності та окремий процесуальний режим для транскордонної неплатоспроможності корпоративних груп [8].

Зіставлення наведених міжнародних стандартів із чинним вітчизняним регулюванням виявляє суттєвий розрив між ними. Кодекс України з процедур банкрутства від 18 жовтня 2018 року № 2597-VIII [11], який набрав чинності 21 жовтня 2019 року, присвятив транскордонному виміру Розділ VIII Книги третьої (статті 97–112), проте зосереджені в ньому норми не утворюють цілісної та достатньої системи. Як справедливо констатує А. В. Коструба, навіть попри певне просування порівняно з раніше чинним регулюванням, у частині транскордонної неплатоспроможності КУЗПБ не відповідає сучасному рівню міжнародних вимог [12]. Детальніший аналіз дозволяє виокремити чотири конкретні нормативні прогалини. Перша: стаття 2 КУЗПБ ставить визнання іноземних рішень у залежність від принципу взаємності за відсутності міжнародного договору, тоді як Типовий закон ЮНСІТРАЛ виходить із презумпції визнання, не пов'язуючи її з наявністю відповідного правила в законодавстві іноземної держави [2]. Друга: українське законодавство не оперує концепцією COMI, через що практичне застосування ключового юрисдикційного критерію, передбаченого стандартами ЄС, залишається неможливим [8]. Третя: КУЗПБ не встановлює механізму автоматичного мораторію на індивідуальні стягнення щодо майна боржника в Україні після визнання іноземного основного провадження — саме цей механізм є серцевиною захисної функції Типового закону ЮНСІТРАЛ [2]. Четверта: законодавство не передбачає жодного спеціального режиму для транскордонної неплатоспроможності корпоративних груп, аналог якому закріплений у Регламенті ЄС [8].

Виявлені прогалини окреслюють чотири пріоритетні вектори законодавчої реформи. По-перше, необхідно здійснити повноцінну рецепцію Типового закону ЮНСІТРАЛ 1997 року через системні зміни до КУЗПБ із мінімальними відступами від базового тексту задля досягнення реальної, а не формальної гармонізації. По-друге, слід легалізувати концепцію COMI як вихідний юрисдикційний критерій, спираючись на прецедентне тлумачення, вироблене Судом ЄС у справах *Eurofood* [9] та *Interedil* [10]. По-третє, необхідно законодавчо врегулювати автоматичний мораторій, що набрав би чинності з моменту визнання іноземного провадження. По-четверте, слід унормувати механізми прямої взаємодії між господарськими судами України та іноземними судами у конкретних справах відповідно до методичних рекомендацій Керівництва ЮНСІТРАЛ [7]. Послідовна реалізація окресленого комплексу перетворень дозволить Україні одночасно виконати зобов'язання за Угодою про асоціацію [1] та сформувати надійне правове підґрунтя для повноцінної участі в міжнародній системі врегулювання транскордонної неплатоспроможності, що позитивно позначиться як на захисті прав кредиторів, так і на інвестиційній репутації держави.

Список використаних джерел

1. Угода про асоціацію між Україною та Європейським Союзом від 27.06.2014 : ратифік. Законом України від 16.09.2014 № 1678-VII. *Відомості Верховної Ради України*. 2014. № 40. Ст. 2021. URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/984_011
2. UNCITRAL Model Law on Cross-Border Insolvency with Guide to Enactment and Interpretation. New York : United Nations, 2013. 94 p. URL: https://uncitral.un.org/en/texts/insolvency/modellaw/cross-border_insolvency
3. Status of UNCITRAL Model Law on Cross-Border Insolvency (1997). UNCITRAL. 2024. URL: https://uncitral.un.org/en/texts/insolvency/modellaw/cross-border_insolvency/status
4. Bankruptcy Abuse Prevention and Consumer Protection Act of 2005. Pub. L. No. 109-8, 119 Stat. 23. Chapter 15. URL: <https://www.govinfo.gov/content/pkg/PLAW-109publ8/pdf/PLAW-109publ8.pdf>
5. UN General Assembly Resolution 52/158 «Model Law on Cross-Border Insolvency of UNCITRAL», 15 December 1997. URL: <https://uncitral.un.org/sites/uncitral.un.org/files/media-documents/uncitral/en/ga52-158.pdf>
6. Consolidated Text of the UNCITRAL Model Laws on Cross-Border Insolvency, Recognition and Enforcement of Insolvency-Related Judgments and Enterprise Group Insolvency. New York : United Nations, 2021. URL: https://uncitral.un.org/sites/uncitral.un.org/files/media-documents/uncitral/en/v2104338_consolidated_text.pdf
7. UNCITRAL Practice Guide on Cross-Border Insolvency Cooperation. New York : United Nations, 2009. 126 p. URL: <https://uncitral.un.org/en/texts/insolvency>
8. Regulation (EU) 2015/848 of the European Parliament and of the Council of 20 May 2015 on insolvency proceedings (recast). *Official Journal of the European Union*. 2015. L 141. P. 19–72. URL: <https://eur-lex.europa.eu/eli/reg/2015/848/oj/eng>
9. Court of Justice of the EU. Case C-341/04 *Re Eurofood IFSC Ltd* [2006] ECR I-3813, 2 May 2006. URL: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX:62004CJ0341>
10. Court of Justice of the EU. Case C-396/09 *Interedil Srl v Fallimento Interedil Srl* [2011] EU:C:2011:671, 20 October 2011. URL: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/ALL/?uri=CELEX:62009CJ0396>
11. Кодекс України з процедур банкрутства : Закон України від 18.10.2018 № 2597-VIII. *Відомості Верховної Ради України*. 2019. № 19. Ст. 74. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2597-19>
12. Коструба А. В. Кодекс України з процедур банкрутства: деякі питання. *Проблеми цивільного права та процесу* : матеріали наук.-практ. конф. Харків : ХНУВС, 2019. С. 44–50. URL: https://univd.edu.ua/general/publishing/konf/24_05_2019/pdf/10.pdf

UDC 347.62:35.077.3

Tiuria Yu.I., Doctor of Juridical Science, Senior Professor, Department of Civil, Commercial and Environmental Law

(Dnipro University of Technology, Dnipro, Ukraine)

Makhova L.O., lawyer, Senior Lecturer, Department of Civil, Commercial and Environmental Law

(Dnipro University of Technology, Dnipro, Ukraine)

ADVANTAGES AND ESSENCE OF MARRIAGE REGISTRATION THROUGH THE “DIIA” PORTAL

“Diia” is a web portal and mobile application that forms part of the “State in a Smartphone” initiative by the Ministry of Digital Transformation of Ukraine. It provides access to electronic public services, allowing users to store all necessary documents in one location on their mobile devices.

The functionality of the Diia portal and application is highly convenient and multifunctional, currently including the ability to register marriages. Online marriage registration through Diia constitutes an official state service that enables applicants to submit a marriage application, select the date and location of the ceremony, and obtain a confirming document – all remotely, without the need to visit state authorities in person. Marriage registration via Diia is not merely the submission of an online application; it represents a full-fledged legal procedure supported by electronic registries, digital signatures, and automatic entry into official state databases [1].

The legal framework for marriage registration through this service is established in the Law of Ukraine “On State Registration of Civil Status Acts”, the Family Code of Ukraine, and the Procedure for Consideration by Civil Status Registration Departments – Participants of the Pilot Project for Applications Submitted via the Internet.

To utilize this service, applicants must meet certain mandatory requirements: Ukrainian citizenship – marriage with a foreign national or a stateless person cannot be completed via Diia and must be conducted offline. Both parties must be registered users of Diia; Monogamy – neither party may be currently in another registered marriage; Marriageable age – 18 years for both men and women; Identification documents – possession of a Ukrainian citizen passport (ID card or biometric passport) and an assigned tax identification number (TIN), with the documents uploaded to the portal or application; Qualified electronic signature (QES) – required for both parties to legally sign the application; Application timeline – the application may be submitted no earlier than one month prior to the desired marriage date. Exceptions due to extraordinary circumstances (such as pregnancy, military service, or serious illness) may allow for an earlier submission, subject to additional verification by the civil status registration authorities and submission of supporting documents [3].

Digital Procedure for State Marriage Registration via the Diia Portal in Ukraine:

The submission of an application for state marriage registration in Ukraine may be completed electronically through the Unified State Web Portal of Electronic Services “Diia.” This procedure constitutes a legally recognized administrative process supported by state electronic registries and qualified electronic signatures (QES).

Applicants must ensure prior registration of their identity documents and taxpayer identification numbers within the Diia system and possess valid qualified electronic signatures. In cases involving a previously registered marriage, documentary proof of its termination (e.g., court decision, extract from the State Register of Civil Status Acts, or death certificate) is required.

Access to the service is granted through secure electronic identification mechanisms (BankID, MobileID, or QES). Applicants complete the electronic form by providing personal data, selecting an available date, time, and location for the ceremony, and indicating the preferred format of the registration. The platform provides real-time scheduling functionality and automated reservation of available time slots.

The completed application is signed electronically by both parties and automatically transmitted to the competent civil status registration authority. The administrative fee is paid online, and confirmation is integrated into the electronic application file.

Following the ceremony, the marriage data are automatically entered into the State Register of Civil Status Acts. Applicants receive a digital extract confirming state registration of the marriage, which holds equal legal validity to its paper counterpart. The integration of data across state registries enables subsequent updates of marital status in official records through digital means.

This model of electronic marriage registration reflects Ukraine's broader digital transformation policy, ensuring accessibility, legal certainty, administrative efficiency, and compliance with national civil and family law standards.

The advantages of marriage registration via the "Diia" portal include the following:

1. Minimization of in-person visits to the Civil Status Registration Office (DRACS). All documents are submitted electronically. Provided that both parties possess a qualified electronic signature (QES) and access to the Diia platform, the application may be filed irrespective of their physical location, including from abroad. The applicants must select the competent civil status registration office in Ukraine where the ceremony will take place and appear there on the scheduled date [2].
2. Official status and data protection guarantees. Diia is an official state digital platform utilizing certified data protection channels, mandatory encryption, and multi-factor authentication mechanisms. The use of a qualified electronic signature prevents forgery of the application and unauthorized access to state registries. Data are stored directly within state registers; the Diia application merely provides user access to such data. All electronic signature operations are logged and may be verified in the event of disputes. Users retain full control over the transmission of their personal documents, as no authority may access such information without the user's explicit consent.
3. Enhanced security and prevention of document loss. Online marriage registration not only ensures convenience but also provides additional safeguards against clerical errors and loss of documentation. All information is securely maintained in official state electronic registries and cannot be falsified or misplaced.
4. Flexible scheduling options. Applicants may select a convenient date and time for the ceremony from available time slots. Rescheduling within the system is permitted provided that no fewer than three days remain before the scheduled date. If postponement to a later date is required beyond the permitted modification period, a new application must be submitted.
5. Choice of ceremony format. The platform allows applicants to choose between a standard brief ceremony at a state institution and a ceremonial format including a host and photo/video services. Availability and cost depend on the specific civil status registration office and the options accessible within the system.
6. Electronic identity verification. Authentication through a qualified electronic signature eliminates the need for paper-based documentation procedures.
7. Online payment functionality. Applicants may select and pay for the service online, with immediate visibility of the applicable fee.
8. Prompt issuance of marriage registration extract. Applicants may obtain an official extract confirming state registration of the marriage in digital or paper form.

9. Technical support and alternative submission options. In the event of technical difficulties, applicants may contact Diia's support service or the selected civil status registration office, including the possibility of submitting documents offline.

10. Hybrid submission model. The system enables applicants to submit the primary application online without queues while providing supplementary documents or clarifications in person at the civil status registration office if necessary.

11. Automatic data integration. The system automatically retrieves most required documents from state registers. If certain documents are unavailable, applicants may upload them manually in PDF or JPG format during the submission process.

Marriage registration in electronic form through the Unified State Web Portal of Electronic Services "Diia" in Ukraine constitutes a modern, efficient, and legally significant mechanism that contributes to the optimization of the administrative procedure. This method of application submission offers a number of substantial advantages [4].

The procedure is fully digitalized and accessible from any device with an internet connection, thereby eliminating the need for an in-person visit to a civil status registration office at the document submission stage. The system enables applicants to promptly review available dates in real time and reserve a convenient time slot for the ceremony.

The use of a qualified electronic signature (QES) ensures the legal validity of documents and guarantees their integrity and protection against unauthorized alterations. The automatic transmission of the application to the competent civil status registration authority eliminates the risk of document loss or errors associated with manual processing.

The electronic format significantly reduces time and organizational costs for applicants, minimizes bureaucratic barriers, and enhances procedural transparency. Integrated online payment options within the Diia portal expedite case processing and reduce the number of procedural steps required to complete the registration.

In conclusion, digital marriage registration through Diia provides a user-friendly and legally compliant mechanism that satisfies statutory requirements concerning the legal effect of electronic documents and substantially improves the efficiency of administrative service delivery within the broader framework of Ukraine's public sector digitalization.

Список використаних джерел

1. Law of Ukraine dated 01.07.2010 No. 2398-VI "On State Registration of Civil Status Acts": <https://zakon.rada.gov.ua/go/2398-17>
2. Procedure for Consideration by Civil Status Registration Departments – Participants of the Pilot Project for Applications in the Field of Civil Status Registration Submitted via the Internet: <https://zakon.rada.gov.ua/go/z0813-15>
3. Internet link: <https://diia.gov.ua/services/zayava-na-shlyub>
4. Internet link: <https://kyiv24.com.ua/iak-odruzhytysia-onlajn-reiestratsiia-shliubu-v-servisi-diiav/>

УДК 349.2

**Бойчук М.М., здобувач кафедри адміністративного права ННІ публічного права
(ННІ публічного права, м. Київ, Україна)**

АКТУАЛЬНІ ПРОБЛЕМИ РЕАЛІЗАЦІЇ КАДРОВОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ У НАЦІОНАЛЬНІЙ ПОЛІЦІЇ УКРАЇНИ ТА ШЛЯХИ ЇХ ПОДОЛАННЯ

Для підвищення ефективності системи кадрового забезпечення у Національній поліції України доцільним є впровадження прозорих і об'єктивних критеріїв прийняття кадрових рішень, комплексна цифровізація кадрових процесів, посилення механізмів внутрішнього контролю та відповідальності, а також створення належних умов для професійного розвитку й соціального захисту поліцейських. Реалізація зазначених заходів сприятиме формуванню сучасної, ефективної та професійно орієнтованої системи кадрового забезпечення в правоохоронних органах.

Окрім зазначених вище проблем, доцільно виокремити низку додаткових чинників, що безпосередньо впливають на ефективність реалізації кадрового забезпечення у Національній поліції України.

По-перше, однією з актуальних проблем залишається недостатній рівень професійної підготовки працівників, які безпосередньо здійснюють кадрову роботу в структурних підрозділах Національної поліції України. За умов постійного оновлення нормативно-правового регулювання, впровадження нових вимог до ведення кадрового обліку та управління персоналом, низький рівень фахової компетентності кадрових працівників призводить до помилок у кадровому діловодстві, затримок у прийнятті управлінських рішень і зниження загальної ефективності кадрового адміністрування.

По-друге, залишається неврегульованим питання ротації кадрів, насамперед на керівних посадах. Відсутність чітко визначеної, науково обґрунтованої та прозорої політики ротації сприяє тривалому перебуванню окремих осіб на керівних посадах, формуванню стійких неформальних зв'язків і посиленню корупційних ризиків. Водночас практика необґрунтованих і частих переміщень працівників без урахування їх професійного досвіду, спеціалізації та особистих мотивів негативно позначається на рівні мотивації персоналу та якості виконання службових завдань [1, с. 148; 2, с. 104].

Ще одним суттєвим недоліком є недостатній рівень інтеграції Національної поліції України в загальнодержавну систему кадрової політики. Обмежена взаємодія з іншими суб'єктами державного управління, зокрема з Національним агентством України з питань державної служби, знижує можливості запровадження сучасних інструментів управління людськими ресурсами, ускладнює контроль за дотриманням принципів доброчесності, антикорупційної безпеки та рівного доступу громадян до служби.

Окремої уваги потребує проблема забезпечення гендерної рівності та інклюзивності у кадрових процедурах. Незважаючи на наявність відповідних нормативних гарантій рівних можливостей, у практичній діяльності органів поліції жінки й надалі стикаються з обмеженнями щодо кар'єрного зростання, зокрема при призначенні на керівні посади. Відсутність системних механізмів підтримки представників соціально вразливих категорій, зокрема ветеранів бойових дій, осіб з інвалідністю та молодих фахівців без достатнього професійного досвіду, звужує кадровий резерв і перешкоджає повному використанню людського потенціалу держави [3, с. 139].

Слід зазначити, що комплексне вдосконалення кадрової роботи в Національній поліції України потребує не лише технічної модернізації окремих процедур, а й глибинної трансформації управлінської культури. Йдеться про формування нової

кадрової парадигми, заснованої на принципах відкритості, доброчесності, професіоналізму та орієнтації на служіння суспільству. Без зміни ціннісних засад управління персоналом будь-які реформаторські заходи матимуть фрагментарний характер і не забезпечать сталого довготривалого результату.

Список використаних джерел

1. Пархоменко-Куцевіл О. І., Гбур З. В. Формування кадрового потенціалу системи публічної служби в Україні: теоретичні засади: монографія. Кам'янець-Подільський: ТОВ «Друкарня "Рута"», 2021. 368 с.
2. Андрушко В. Формування кадрового резерву державної служби. Вісник Хмельницького інституту регіонального управління та права. 2002. № 3. С. 103–110.
3. Путівник гендерної інтеграції у Збройних Силах України. Формування гендерної компетентності військового професіонала. Організація з безпеки і співробітництва в Європі. Київ, 2020. 236 с.

УДК 347.9:343.148

Біла А.В., здобувачка вищої освіти ступеня доктора філософії (PhD) у галузі права
Науковий керівник: Пушкіна О.В., доктор юридичних наук, професор,
завідувачка кафедри цивільного, господарського та екологічного права
(Національний технічний університет «Дніпровська політехніка», м. Дніпро, Україна)

РОЛЬ ПОЧЕРКОЗНАВЧОЇ ЕКСПЕРТИЗИ У ЗАБЕЗПЕЧЕННІ ДОКАЗУВАННЯ ПІД ЧАС РОЗГЛЯДУ ЦИВІЛЬНИХ СПРАВ ЩОДО ЗАХИСТУ МАЙНОВИХ ПРАВ

У сучасних умовах розвитку цивільного судочинства України особливого значення набуває належне забезпечення доказування у справах щодо захисту майнових прав фізичних та юридичних осіб. Майнові правовідносини, як правило, оформлюються письмовими документами, серед яких договори, розписки, довіреності, заяви, заповіти та інші юридично значущі документи. Саме такі документи нерідко стають предметом судового розгляду у цивільних справах, зокрема у випадках виникнення спорів щодо їх справжності або належності підпису конкретній особі.

Відповідно до ст. 55 Конституції України кожному гарантується право на судовий захист своїх прав і свобод, що передбачає ефективні механізми встановлення фактичних обставин справи [1]. Одним із таких механізмів виступає судова експертиза, зокрема почеркознавча, яка дозволяє встановити автентичність рукописного тексту або підпису на документі. Згідно зі ст. 76 Цивільного процесуального кодексу України доказами у цивільному процесі визнаються будь-які фактичні дані, на підставі яких суд встановлює наявність або відсутність обставин, що мають значення для правильного вирішення справи [2]. До таких доказів належить і висновок експерта.

Доцільно також зазначити, що правове регулювання майнових правовідносин, які часто стають предметом судових спорів, закріплено у положеннях Цивільного кодексу України. Зокрема, відповідно до ст. 202 Цивільного кодексу України правочином є дія особи, спрямована на набуття, зміну або припинення цивільних прав та обов'язків [7]. У більшості випадків такі правочини оформлюються у письмовій формі та підтверджуються відповідними документами, що містять власноручні підписи сторін. Водночас, у судовій практиці нерідко виникають ситуації, коли одна зі сторін заперечує факт підписання документа або ставить під сумнів його справжність. За таких умов встановлення автентичності підпису або рукописного тексту набуває істотного значення для визначення дійсності правочину та підтвердження наявності чи відсутності майнових прав та обов'язків сторін. Саме тому судова почеркознавча експертиза виступає важливим процесуальним інструментом встановлення фактичних обставин справи та забезпечення належного захисту майнових прав учасників цивільних правовідносин.

З огляду на зазначене, почеркознавча експертиза виступає важливим процесуальним засобом встановлення достовірності письмових доказів, що безпосередньо впливає на ефективність судового захисту майнових прав.

Судова почеркознавча експертиза є різновидом криміналістичної експертизи, яка полягає у дослідженні письмових об'єктів з метою встановлення їх автора або умов виконання рукописного тексту. Правові засади проведення судових експертиз в Україні визначені Законом України «Про судову експертизу», відповідно до якого судова експертиза є дослідженням експертом на основі спеціальних знань матеріальних об'єктів, явищ та процесів, що містять інформацію про обставини справи [3].

Почеркознавча експертиза призначається судом у випадках, коли для встановлення обставин справи необхідні спеціальні знання у галузі криміналістики. Відповідно до ст.

103 Цивільного процесуального кодексу України суд призначає експертизу за заявою учасників справи або з власної ініціативи, якщо без застосування спеціальних знань встановити відповідні обставини неможливо [2].

Особливо важливою почеркознавча експертиза є у цивільних спорах, пов'язаних із захистом майнових прав, зокрема у випадках: оспорювання договорів; встановлення дійсності розписок про отримання грошових коштів; підтвердження справжності довіреностей; вирішення спорів щодо спадкових прав; встановлення факту підписання документів, що підтверджують перехід права власності.

У таких справах документ часто є ключовим доказом, а тому встановлення справжності підпису або рукописного тексту має вирішальне значення для ухвалення судового рішення. Відповідно до ст. 81 Цивільного процесуального кодексу України кожна сторона повинна довести обставини, на які вона посилається як на підставу своїх вимог або заперечень [2]. Якщо одна зі сторін заперечує факт підписання документа, призначення почеркознавчої експертизи стає необхідним процесуальним засобом встановлення істини у справі.

Водночас слід зазначити, що відповідно до ст. 110 Цивільного процесуального кодексу України висновок експерта не має наперед встановленої сили для суду [2]. Суд оцінює його разом з іншими доказами за правилами внутрішнього переконання, що ґрунтується на всебічному, повному та об'єктивному дослідженні всіх обставин справи.

Важливість використання експертних досліджень підтверджується також судовою практикою. Так, у постанові Верховного Суду від 20.11.2019 у справі № 522/19170/15-ц зазначено, що у випадку заперечення стороною факту підписання документа встановлення авторства підпису можливе лише шляхом проведення відповідної судової експертизи [5].

Крім того, значення експертних досліджень у контексті справедливого судового розгляду неодноразово підкреслювалося у практиці Європейського суду з прав людини. У рішенні *Mantovanelli v. France* (1997) Європейський суд з прав людини наголосив, що експертні висновки можуть відігравати вирішальну роль у встановленні фактичних обставин справи, а тому процедура їх отримання повинна відповідати принципам змагальності та рівності сторін, що впливає зі статтею 6 Конвенції про захист прав людини і основоположних свобод [4].

У контексті європейських стандартів правосуддя важливе значення має також Регламент Ради ЄС № 1206/2001 щодо співробітництва між судами держав-членів у сфері отримання доказів у цивільних або комерційних справах, який передбачає можливість використання експертних досліджень як ефективного способу встановлення фактичних обставин [6].

Таким чином, внаслідок вищенаведеного, можна зробити наступний висновок, почеркознавча експертиза виконує важливу функцію у процесі доказування, оскільки дозволяє встановити достовірність письмових доказів, що підтверджують виникнення або припинення майнових правовідносин.

Отже, судова почеркознавча експертиза є важливим інструментом забезпечення доказування у цивільних справах щодо захисту майнових прав. Її використання дозволяє встановити автентичність письмових документів, що підтверджують правомірність вимог або заперечень сторін у судовому процесі.

Крім того, застосування експертних досліджень сприяє реалізації принципів об'єктивності, змагальності сторін та справедливого судового розгляду. Водночас ефективність використання почеркознавчої експертизи залежить від належного процесуального регулювання, професійного рівня експертів та комплексної оцінки судом усіх доказів у справі.

Подальше удосконалення методик проведення почеркознавчих досліджень, а також гармонізація національного законодавства з європейськими стандартами

доказування сприятиме підвищенню ефективності судового захисту майнових прав у цивільному судочинстві.

Список використаних джерел:

1. Конституція України: Закон від 28.06.1996 № 254к/96-ВР. Дата оновлення: 01.01.2020. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/254%D0%BA/96-%D0%B2%D1%80#Text> (дата звернення: 24.02.2026).
2. Цивільний процесуальний кодекс України: Кодекс України від 18.03.2004 № 1618-IV. Дата оновлення: 17.07.2025. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1618-15#Text> (дата звернення: 24.02.2026).
3. Про судову експертизу: Закон України від 25.02.1994 № 4038-XII. Дата оновлення: 01.01.2026. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/4038-12#Text> (дата звернення: 26.02.2026).
4. Регламент Ради (ЄС) № 1206/2001 від 28 травня 2001 р. про співробітництво між судами держав-членів у сфері отримання доказів у цивільних або комерційних справах. Official Journal of the European Communities: вебсайт. URL: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX%3A32001R1206> (дата звернення: 12.03.2026).
5. Постанова Верховного Суду від 20.11.2019 у справі № 522/19170/15-ц. Єдиний державний реєстр судових рішень: вебсайт. URL: <https://reyestr.court.gov.ua/Review/85743769> (дата звернення: 27.02.2026).
6. Council Regulation (EC) No 1206/2001 of 28 May 2001 on cooperation between the courts of the Member States in the taking of evidence in civil or commercial matters. URL: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX%3A32001R1206> (дата звернення: 27.02.2026).
7. Цивільний кодекс України: Закон України від 16.01.2003 № 435-IV. Дата оновлення: 01.02.2026. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/435-15> (дата звернення: 26.02.2026).

УДК 349.2

Лисюк О.Г., аспірант кафедри цивільного, господарського та екологічного права
Науковий керівник: Блінова Г.О., доктор юридичних наук, професор, професор
кафедри цивільного, господарського та екологічного права
(Національний технічний університет «Дніпровська політехніка», м. Дніпро, Україна)

СПОСОБИ ВИРІШЕННЯ СПОРІВ У СФЕРІ ВИКОРИСТАННЯ НАДР

Сфера використання надр є однією з найбільш юридично складних у системі природоресурсного, екологічного та господарського права, оскільки в ній одночасно поєднуються публічний інтерес держави у раціональному використанні надр, приватний інтерес надрокористувачів, екологічні інтереси суспільства, а також компетенція органів державної влади та місцевого самоврядування. Базовим актом у цій сфері є Кодекс України про надра, який визначає, що надра є об'єктом права власності Українського народу, та встановлює засади їх надання у користування, зміни і припинення такого права [1]. Окремі сегменти правового регулювання деталізуються Законом України «Про нафту і газ», Законом України «Про угоди про розподіл продукції», а з процесуального боку – Кодексом адміністративного судочинства України, Господарським процесуальним кодексом України та іншими актами.

Спори у сфері використання надр можуть виникати на різних стадіях надрокористування. Найбільш поширеними є конфлікти, пов'язані з одержанням спеціального дозволу на користування надрами, продовженням строку його дії, зупиненням або анулюванням такого дозволу, участю в аукціонах, укладенням та виконанням угод про розподіл продукції, погодженням програм робіт, обчисленням і сплатою рентних платежів, а також із притягненням до відповідальності за порушення правил користування надрами [2]. Окрему групу становлять спори щодо припинення права користування надрами, оскільки Кодекс України про надра передбачає важливу гарантію: якщо користувач не погоджується з припиненням права, воно допускається лише в судовому порядку [1]. Саме тому питання способів вирішення спорів у цій сфері мають не лише теоретичне, а й значне практичне значення.

Найважливішим способом вирішення спорів у сфері використання надр є судовий порядок. Залежно від характеру спірних правовідносин та суб'єктного складу він реалізується в адміністративному, господарському, а іноді й у цивільному судочинстві. Найбільш поширеним є розмежування між адміністративною і господарською юрисдикцією, адже значна частина надрових спорів пов'язана або з владною діяльністю держави, або з майновими та договірними інтересами суб'єктів господарювання [4; 5].

Адміністративний спосіб судового захисту застосовується тоді, коли спір виникає з приводу здійснення суб'єктом владних повноважень його управлінських функцій. У сфері надрокористування це передусім спори з Державною службою геології та надр України, Міністерством захисту довкілля та природних ресурсів України, іншими органами, які ухвалюють рішення щодо надання, переоформлення, продовження строку дії, зупинення чи анулювання спеціальних дозволів на користування надрами. Верховний Суд у своїх узагальненнях щодо захисту права користування надрами наголошує, що такі спори мають публічно-правову природу, оскільки їхнім предметом є перевірка законності рішень, дій або бездіяльності адміністративного органу.

В адміністративному порядку вирішуються, зокрема, спори щодо відмови у наданні спеціального дозволу, бездіяльності адміністративного органу, затягування розгляду документів, порушення процедури аукціону, неправомірного зупинення дії спеціального дозволу, а також щодо анулювання дозволу. Практика Верховного Суду показує, що Держгеонадра повинна ухвалювати відповідні рішення у формі наказу, якщо

це прямо передбачено підзаконним актом, а звичайний лист не може замінювати адміністративне рішення, що означає, що надрокористувач має право оскаржувати не лише формальну відмову, а й неналежну форму реагування органу влади, якщо така форма фактично блокує реалізацію права.

Важливе місце серед способів вирішення спорів посідає адміністративне судове оскарження рішень про зупинення чи припинення права користування надрами. Це один із найгостріших видів конфліктів, оскільки зупинення або анулювання дозволу прямо впливає на можливість ведення господарської діяльності. Верховний Суд у своїх публікаціях та оглядах звертав увагу, що при розгляді таких спорів суд повинен оцінювати не лише наявність формальних підстав для зупинення дії дозволу, а й дотримання процедури, наявність достатнього обґрунтування, а також пропорційність втручання у права надрокористувача [3]. Отже, адміністративний суд у цій категорії справ є не лише арбітром формальної законності, а й гарантом недопущення свавільного адміністративного втручання.

Поряд із адміністративним судочинством важливим способом вирішення спорів у сфері використання надр є господарське судочинство. Воно застосовується у тих випадках, коли спір виникає між суб'єктами господарювання або коли правовідносини набули договірної чи майнового характеру. Це можуть бути спори щодо виконання договорів підряду на геологічне вивчення, сервісних договорів, угод про спільну діяльність, відшкодування збитків, стягнення штрафних санкцій, виконання фінансових чи інвестиційних зобов'язань у межах користування надрами. Господарський суд не перевіряє законність владного акта як такого, а вирішує спір про право або інтерес, що виник між учасниками господарського обороту.

Особливим різновидом є спори, що виникають у межах угод про розподіл продукції. Закон України «Про угоди про розподіл продукції» встановлює спеціальний механізм проведення конкурсів, укладення угоди та реалізації прав інвестора [3]. Після укладення і державної реєстрації такої угоди інвестор отримує спеціальний дозвіл на користування надрами у межах умов, передбачених угодою [3]. Це зумовлює змішану природу спорів: частина з них має публічно-правовий характер, якщо йдеться про конкурс, рішення державних органів або реєстраційні дії, тоді як інші є договірними і підлягають вирішенню за правилами господарського судочинства або арбітражу, якщо це передбачено умовами угоди [3].

Окрім судових форм захисту, у сфері використання надр застосовуються досудові адміністративні способи вирішення спорів. Йдеться про подання заяв, заперечень, пояснень, клопотань про повторний розгляд, уточнення документів, виправлення недоліків, офіційні звернення до Держгеонадр, Держгеоінформу чи інших уповноважених органів. Такі способи не завжди є обов'язковою стадією перед зверненням до суду, однак на практиці вони мають важливе значення. По-перше, вони іноді дозволяють усунути процедурну помилку без суду. По-друге, вони формують документальну базу, яка надалі може бути використана як доказ у судовому процесі. По-третє, вони можуть свідчити про добросовісність надрокористувача та його намагання врегулювати конфлікт без надмірного процесуального навантаження.

Окремої уваги потребують аукціонні спори. Надання спеціальних дозволів на користування надрами часто пов'язане з аукціонними процедурами, а тому спори можуть виникати щодо допуску до аукціону, оцінки документів учасника, визначення переможця, затвердження результатів, розміру зборів та інших процесуальних аспектів [3]. У таких спорах можливі як адміністративні, так і господарські елементи, однак якщо оскаржується саме рішення адміністративного органу чи організатора аукціону як носія владних повноважень, переважає адміністративно-правовий спосіб захисту. Верховний Суд у своїх правових позиціях неодноразово підкреслював, що адміністративний орган не вправі створювати власні, не передбачені законом форми реагування на заяви чи

документи надрокористувача, а повинен діяти виключно в межах процедури, визначеної нормативним актом [3].

Ще одним способом вирішення спорів є переговори. Хоча цей механізм не має чітко формалізованого статусу як самостійна процесуальна процедура у сфері надрокористування, на практиці він використовується доволі часто, особливо в спорах між інвестором, оператором, підрядником, місцевою громадою, землекористувачем або іншими суб'єктами, які залучені до проєкту користування надрами. Переговори можуть бути попереднім етапом перед зверненням до суду, частиною виконання договору або формою врегулювання технічних, фінансових чи організаційних розбіжностей. Їхня перевага полягає в гнучкості та можливості швидкого досягнення компромісу, однак у спорах із суб'єктом владних повноважень цей інструмент обмежений вимогою діяти лише на підставі закону.

Суміжним інструментом є медіація. Закон України «Про медіацію» створює загальні правові засади добровільного позасудового врегулювання конфліктів за участю нейтрального посередника [5]. У сфері використання надр медіація найбільш придатна для приватноправових і господарських спорів: між інвесторами, між сторонами сервісного договору, між оператором і підрядником, між користувачем надр та власником земельної ділянки щодо похідних майнових питань. Водночас для суто публічно-правових спорів, де предметом є законність наказу Держгеонадр, відмови у дозволі або рішення про його зупинення, медіація має значно менше значення, оскільки державний орган не може домовленістю відступити від приписів закону [5].

Для великих інвестиційних проєктів у сфері надр можливим способом вирішення спору є арбітраж, зокрема міжнародний. Це особливо характерно для спорів за участю іноземних інвесторів, сторін угод про розподіл продукції, транснаціональних нафтогазових компаній та інших суб'єктів, які діють на підставі міжнародних договорів або арбітражних застережень. Арбітраж не витісняє внутрішні суди, але може бути ефективним для договірних або інвестиційних спорів, де сторони заздалегідь погодили відповідну процедуру. Його значення особливо зростає там, де йдеться про великі довгострокові проєкти, значні інвестиції та складну систему розподілу ризиків.

Слід також враховувати, що спори у сфері використання надр часто мають екологічний вимір. Надрокористування прямо впливає на довкілля, водні ресурси, землю, стан атмосферного повітря, а також на права місцевих громад. Тому в окремих випадках спір формально виникає щодо дозволу або спеціального акта, але по суті стосується дотримання екологічних стандартів, процедури оцінки впливу на довкілля, умов рекультивації земель, ліквідації наслідків видобування чи захисту права населення на безпечне довкілля, що впливає і на спосіб вирішення спору: суд або інший механізм захисту має враховувати не лише вузько майнові або адміністративні аспекти, а й ширший публічний контекст.

Отже, способи вирішення спорів у сфері використання надр є багаторівневими. Основним і найбільш дієвим є судовий спосіб захисту, який залежно від природи спору реалізується в адміністративному або господарському судочинстві. Допоміжне значення мають досудові адміністративні процедури, які дозволяють виправити порушення або принаймні зафіксувати позицію сторін. Для договірних та комерційних конфліктів можуть бути ефективними переговори, медіація та арбітраж, а для проєктів за участю іноземного капіталу – також міжнародні інвестиційні механізми. Проте ключова особливість надрових спорів полягає в тому, що право користування надрами є похідним від публічного рішення держави, а тому саме судовий контроль за рішеннями адміністративних органів залишається основною гарантією законності, правової визначеності та стабільності режиму надрокористування. Саме від ефективності цих механізмів значною мірою залежить і загальна якість правового режиму використання надр в Україні.

Список використаних джерел

1. Кодекс України про надра від 27.07.1994 № 132/94-ВР.
2. Про нафту і газ: Закон України від 12.07.2001 № 2665-III.
3. Про угоди про розподіл продукції: Закон України від 14.09.1999 № 1039-XIV.
4. Кодекс адміністративного судочинства України від 06.07.2005 № 2747-IV.
5. Про медіацію: Закон України від 16.11.2021 № 1875-IX.

УДК 347.91

Черниш М. В., курсант 3 курсу факультету підготовки фахівців для органів досудового розслідування Національної поліції України

(Дніпровський державний університет внутрішніх справ, Дніпро, Україна)

Науковий керівник: Резворович Кристина Русланівна, доктор юридичних наук, доцент, завідувач кафедри цивільно-правових дисциплін

(Дніпровський державний університет внутрішніх справ, Дніпро, Україна)

ПРОБЛЕМИ ДОКАЗУВАННЯ В ЦИВІЛЬНОМУ ПРОЦЕСІ ЗА СУЧАСНИХ УМОВ

Проблематика доказування в цивільному процесі України залишається однією з центральних у науці цивільного процесуального права, оскільки саме доказування забезпечує реалізацію принципу змагальності, доступу до правосуддя та ефективного захисту прав сторін. В умовах трансформації судової системи, цифровізації документообігу, запровадження режиму воєнного стану та збільшення кількості спорів, пов'язаних із майновими втратами та переміщенням осіб, питання належності, допустимості, достовірності й достатності доказів набуває особливої актуальності. Цивільний процесуальний кодекс України (далі –ЦПК України) встановлює комплексну систему доказування (гл. 5), однак сучасна практика засвідчує, що її застосування стикається з низкою концептуальних і практичних труднощів.

Однією з проблем є асиметрія доказової інформації між сторонами, що особливо проявляється у спорах із суб'єктами владних повноважень, фінансовими установами чи великими корпораціями. За загальним правилом, встановленим ст. 12 та ст. 81 ЦПК України [4], кожна сторона повинна довести ті обставини, на які вона посилається. Проте в ситуаціях, коли одна сторона володіє всією доказовою інформацією або має технологічну й організаційну перевагу, реалізація цього принципу ускладнюється. Судова практика демонструє, що механізм витребування доказів судом (ст. 84 ЦПК України) часто є неефективним через тривалі строки виконання ухвал, небажання органів чи організацій надавати матеріали, а також складність отримання доказів з тимчасово окупованих територій чи зон активних бойових дій.

Суттєвої актуальності набула проблема допустимості й належності електронних доказів. ЦПК України (ст. 96) визнає електронні документи, листування, метадані, лог-файли, відеозаписи та інші цифрові об'єкти повноцінними доказами. Однак на практиці їх оцінка є неоднорідною. В умовах широкого використання месенджерів, соціальних мереж та електронного документообігу виникає питання автентичності електронних даних, можливості їх фальсифікації, необхідності експертиз, а також відсутності єдиних технічних стандартів фіксації інформації. Суди нерідко вимагають підтвердження електронних даних через нотаріальне засвідчення або технічні експертизи, що затягує процес і збільшує витрати сторін [2, с. 45].

Ще одним викликом є надмірна формалізація процесу доказування, що проявляється у суворих вимогах до подання доказів разом із позовом чи відзивом (ст. 83 ЦПК України). Хоча така модель спрямована на прискорення розгляду справи, вона створює труднощі у випадках, коли сторони об'єктивно не можуть швидко отримати докази (зокрема, у справах про стягнення збитків, пов'язаних із війною, або у спорах із державними органами). Судова практика показує, що пропуск строків подання доказів часто тлумачиться судами формально, без урахування об'єктивних обставин, що суперечить завданню цивільного судочинства – забезпечити справедливий розгляд справи по суті.

Додатковою проблемою є обмеженість механізмів забезпечення доказів, передбачених ст. 116-118 ЦПК України. У сучасних умовах швидкого знищення інформації, руйнування майна внаслідок бойових дій, переміщення осіб та недоступності реєстрів забезпечення доказів стає критично важливим інструментом. Проте процедура залишається складною, залежною від оперативності суду та технічних можливостей фіксації доказів. Особливо гостро стоїть питання забезпечення електронних доказів, які можуть миттєво зникнути або бути змінені [3, с. 27].

У постанові Верховний Суд України від 16 квітня 2025 р. у справі № 466/9534/22 [1] колегія суддів касаційної інстанції встановила, що суд апеляційної інстанції порушив норми процесуального права, зокрема не дослідив докази, які мають істотне значення для вирішення спору, як наслідок, апеляційне рішення скасовано й справа направлена на новий розгляд. Це рішення підтверджує, що належність та достатність доказів залишаються ключовим питанням: суд касаційної інстанції наголошує, що саме через недоліки в дослідженні доказів було порушено право учасників справи на справедливий розгляд, що прямо корелює з критеріями, встановленими у ст. 77-80 ЦПК України (належність, допустимість, достовірність, достатність). Таким чином, рішення ілюструє практичну проблему – недостатнє з'ясування судом обставин, на які сторони посилалися, що ускладнює реалізацію процесуального права на доказування та впливає на ефективність судового захисту.

Проблеми доказування в цивільному процесі в умовах воєнного стану істотно загострилися, оскільки військові дії створюють перешкоди для своєчасного збирання, збереження та подання доказів, а також ускладнюють доступ сторін до суду. Значна частина документів може бути втрачена через бойові дії, окупацію територій або руйнування установ, що унеможлиблює отримання оригіналів чи офіційних копій. Ускладненим є й допит свідків, адже багато громадян перебувають у зоні бойових дій, на тимчасово окупованих територіях чи за кордоном [5, с. 129]. Додаткові труднощі виникають через обмежену роботу державних реєстрів та необхідність підтвердження фактів, пов'язаних із війною, які часто мають неповний або фрагментарний характер. У цих умовах суди змушені частіше застосовувати презумпції, спрощені процедури доказування, електронні засоби комунікації та цифрові докази, а також ширше тлумачити принцип доступності правосуддя, аби забезпечити баланс між процесуальними формальностями та реальними можливостями сторін під час війни. Це вимагає гнучкішого підходу судів до оцінки доказів, ширшого прийняття альтернативних форм доказування (копії, фотофіксація, відео з місця події, показання свідків, довідки міжнародних організацій) [6, с. 594]. Водночас у законодавстві бракує спеціальних норм, які б враховували форс-мажорні обставини війни у сфері доказування. Окремої уваги потребують проблеми оцінки доказів і внутрішнього переконання суду. Відповідно до ст. 89 ЦПК України, суд оцінює докази всебічно, повно та об'єктивно. Однак відсутність чітких стандартів доказування («баланс ймовірностей», «висока ступінь імовірності» тощо) призводить до різночитань у судовій практиці. Це особливо відчутно у категорії спорів про моральну шкоду, сімейних спорах, справах про булінг, спорах щодо захисту честі й гідності, де доказування має переважно нематеріальний, психологічний характер.

Таким чином, сучасні проблеми доказування в цивільному процесі України демонструють потребу в оновленні підходів до доказової діяльності, адаптації норм ЦПК України до цифрового середовища й умов воєнного стану, удосконаленні механізмів отримання та оцінки доказів, а також формуванні стабільних стандартів доказування. Розв'язання цих проблем є передумовою підвищення ефективності судового захисту та забезпечення реального доступу до правосуддя.

Список використаних джерел

1. Постанова Верховного Суду від 16 квітня 2025 року у справі № 466/9534/22. Єдиний державний реєстр судових рішень: веб-сайт. URL: <https://reyestr.court.gov.ua/Review/112169556> (дата звернення: 25.11.2025)
2. Осіпова І.І. Підстави звільнення від доказування в цивільному судочинстві. Науково-дослідний інститут приватного права ім. ФГ Бурчака НАПрН України, 2025. С. 45-49. URL: <https://repository.ndippp.gov.ua/handle/765432198/1135> (дата звернення: 25.11.2025)
3. Полюк Ю. І. Проблематика застосування стандартів доказування у цивільному судочинстві. Академічні візії. 2023. С. 26-38. URL: <https://www.academy-vision.org/index.php/av/article/view/822> (дата звернення: 25.11.2025)
4. Цивільний процесуальний кодекс України : Закон України від 18 березня 2004 р. № 1618-IV. Відомості Верховної Ради України. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/435-15#Text> (дата звернення: 25.11.2025)
5. Васецька А.В. Сучасні виклики та проблеми судового розгляду цивільних справ під час воєнного стану. Проблеми та перспективи сучасної науки та освіти: матеріали XVI Міжнародної науково-практичної конференції м. Львів, 22-23 жовтня 2025 року.— Львів: Львівський науковий форум, 2025. 129 с.
6. Мачалаба М. Специфіка доказування у цивільному судочинстві. Проблеми та перспективи сучасної науки та освіти: матеріали XV Міжнародної науково-практичної конференції м. Львів, 9-10 червня 2025 року. Львів: Львівський науковий форум, 2025. 594 с.

УДК 342.9

Беликов В.І., аспірант кафедри конституційного та адміністративного права
(Запорізький національний університет, м. Запоріжжя, Україна)

РЕАЛІЗАЦІЯ АДМІНІСТРАТИВНИХ ПРОЦЕДУР У СФЕРІ ДЕРЖАВНОЇ РЕЄСТРАЦІЇ РЕЧОВИХ ПРАВ НА НЕРУХОМЕ МАЙНО В УКРАЇНІ

Сфера державної реєстрації речових прав на нерухоме майно в Україні є однією з основних у системі публічного адміністрування. Вона забезпечує підтвердження та визнання державою виникнення прав через процеси переходу або припинення речових прав, що виконуються під час відповідних реєстраційних дій. Якість організації та виконання адміністративних процедур у цій сфері безпосередньо впливає на гарантії права власності і рівень довіри громадян до держави.

Нормативна база для здійснення реєстраційної діяльності визначена Законом України «Про державну реєстрацію речових прав на нерухоме майно та їх обтяжень», який встановлює єдиний порядок проведення державної реєстрації, а також повноваження державних реєстраторів і процедуру оскарження їхніх рішень. Введення Закону України «Про адміністративну процедуру» поклало початок новому етапу в розвитку адміністративно-процедурного регулювання, закріпивши загальні принципи для суб'єктів владних повноважень під час здійснення реєстраційних дій.

Адміністративна процедура в сфері державної реєстрації речових прав є видом індивідуальної адміністративної процедури, що завершується прийняттям адміністративного акта — рішення про проведення або відмову у державній реєстрації. Ця процедура має владний характер, реалізований виключно уповноваженим суб'єктом і спрямований на набуття, зміну чи припинення прав конкретної особи.

Основними характеристиками адміністративної процедури в сфері державної реєстрації є: публічність, яка передбачає участь суб'єкта владних повноважень; ініціатива з боку заявника, адже процедура розпочинається за його зверненням; нормативне регулювання, яке реалізується згідно з чітко визначеним законом порядком; послідовність процесів — від прийому документів до внесення запису до Державного реєстру речових прав; юридична визначеність результату, що зобов'язує ухвалене рішення мати юридичні наслідки.

Особливістю реалізації цієї адміністративної процедури є поєднання формалізму й елементів адміністративного розсуду. З одного боку, держреєстратор діє виключно в рамках затвердженого переліку документів і підстав для відмови. З іншого боку, він проводить правову оцінку поданих матеріалів, перевіряючи їх відповідність законодавству та аналізуючи юридичні факти. Ця діяльність не обмежується лише технічними аспектами — вона передбачає детальний правовий аналіз.

Принцип належного мотивування адміністративного акта також має велике значення. Рішення про відмову у державній реєстрації повинне містити чіткі посилання на конкретні правові підстави й фактичні обставини справи. Формальний підхід до обґрунтування рішень суперечить стандартам належного адміністрування і ускладнює реалізацію права особи на ефективне оскарження відповідно до законодавства України.

Контроль за діяльністю державних реєстраторів здійснюється Міністерством юстиції України шляхом розгляду скарг в адміністративному порядку. Крім того, рішення можуть бути оскаржені до адміністративного суду. Така двоступенева модель контролю сприяє балансуванню між оперативністю реагування та судовим захистом прав осіб.

Попри позитивні зміни у цифровізації та відкритості інформації про реєстрацію існують проблеми з реалізацією адміністративних процедур. До них можна віднести: неоднозначне застосування норм законодавства; надмірний формалізм при розгляді заяв; низький рівень уніфікації практики; зловживання дискреційними повноваженнями органами влади; складність процедур для заявників у нестандартних ситуаціях.

У контексті концепції сервісної держави адміністративна процедура державної реєстрації повинна забезпечувати не тільки законність, але й доступність, прозорість та передбачуваність рішень. Принципи законності, пропорційності, юридичної визначеності та рівності перед законом мають стати основою діяльності держреєстраторів.

Таким чином, реалізація адміністративних процедур у сфері державної реєстрації речових прав на нерухоме майно являє собою складний багаторівневий процес із поєднанням імперативності владних повноважень і гарантій захисту прав особи. Для подальшого вдосконалення цієї сфери необхідно гармонізувати спеціальне законодавство щодо реєстрації з загальними положеннями про адміністративну процедуру, покращити якість мотивування рішень і посилити правові гарантії для заявників.

Список використаних джерел

1. Про державну реєстрацію речових прав на нерухоме майно та їх обтяжень: Закон України від 01.07.2004 № 1952-IV. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1952-15>.
2. Про адміністративну процедуру: Закон України від 17.02.2022 № 2073-IX. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2073-20>.
3. Кузьменко О. В. Адміністративна процедура в системі адміністративного права України : монографія. Київ : Алерта, 2019. 376 с.
4. Тимошук В. П. Адміністративна процедура та адміністративні послуги: зарубіжний досвід і пропозиції для України. Київ : Факт, 2003. 496 с.
5. Колпаков В. К. Адміністративне право України : підручник. Київ : Юрінком Інтер, 2012. 528 с.
6. Бевзенко В. М. Адміністративне судочинство України: теорія та практика. Київ : Юстініан, 2011. 360 с.

УДК 347.91

Пікінер М. О., курсант 3 курсу факультету підготовки фахівців для органів досудового розслідування Національної поліції України

(Дніпровський державний університет внутрішніх справ, Дніпро, Україна)

Науковий керівник: Резворович Кристина Русланівна, доктор юридичних наук, доцент, завідувач кафедри цивільно-правових дисциплін

(Дніпровський державний університет внутрішніх справ, Дніпро, Україна)

ВІДШКОДУВАННЯ ВИТРАТ НА ПРАВНИЧУ ДОПОМОГУ В ЦИВІЛЬНОМУ СУДОЧИНСТВІ: СУЧАСНІ ТЕНДЕНЦІЇ ТА ПРОБЛЕМИ ЗАСТОСУВАННЯ

Питання відшкодування витрат на правничу допомогу в цивільному судочинстві залишається одним із найактуальніших та дискусійних у сучасному українському процесуальному праві. Незважаючи на законодавче закріплення цього інституту в Цивільному процесуальному кодексі України (далі – ЦПК України), на практиці виникають значні труднощі з його реалізацією. Судова практика демонструє неоднозначність у визначенні розміру витрат, що підлягають відшкодуванню, у підходах до оцінки доказів фактичного надання правничої допомоги, а також у застосуванні принципів розумності та співмірності.

Відшкодування витрат на правничу допомогу в цивільному судочинстві є важливим елементом механізму забезпечення права на справедливий суд та реального доступу до правосуддя. У сучасних умовах зростання вартості юридичних послуг, ускладнення процесуального законодавства та посилення змагальності цивільного процесу питання компенсації витрат на адвоката набуває не лише процесуального, а й правозахисного значення.

Нині правове регулювання цього інституту ґрунтується насамперед на положеннях Цивільного процесуального кодексу України, який відносить витрати на правничу допомогу до складу судових витрат (зазвичай це ст. 133, 137, 141 ЦПК України). Закон встановлює загальне правило: витрати на оплату послуг адвоката або іншого фахівця у галузі права покладаються на сторону, яка програла спір, або розподіляються між сторонами пропорційно задоволенню позовним вимогам [5]. Водночас застосування цього правила на практиці нерідко наштовхується на низку питань: які саме послуги вважати правничою допомогою; чи підлягають компенсації послуги помічника адвоката чи кількох представників; як визначити «розумний» розмір винагороди; які документи мають підтверджувати реальність і необхідність витрат.

Сучасною тенденцією є поступовий перехід від формального до змістовного підходу в оцінці витрат на правничу допомогу. Якщо раніше суди часто обмежувалися перевіркою наявності договору з адвокатом і квитанції/акта наданих послуг, то нині ключового значення набуває принцип співмірності. Суди дедалі частіше оцінюють не лише факт сплати чи нарахування гонорару, а й те, чи відповідає його розмір складності справи, тривалості розгляду, обсягу підготовлених процесуальних документів, поведінці сторін, ціні позову та значенню справи для сторони. Такий підхід у цілому відповідає європейським стандартам, за якими компенсації підлягають «необхідні та розумні» витрати, а також загальній ідеї процесуальної економії [1, с. 86].

Разом з тим саме застосування критерію «розумності» породжує найбільше практичних проблем. По-перше, розумність витрат є оціночним поняттям, яке не має уніфікованих кількісних показників. У різних регіонах та в різних категоріях справ суди істотно відрізняються у баченні прийнятного гонорару за підготовку позову, відзиву,

апеляційної чи касаційної скарги. По-друге, суди нерідко зменшують заявлені до стягнення суми, посиляючись на їхню «явну невідповідність» складності справи, але без детальної аргументації, що створює враження дискреційності та непередбачуваності судової практики. По-третє, у справах із невеликою ціною позову (наприклад, про стягнення незначної заборгованості) суди часто вважають, що витрати на адвоката, які перевищують суму позову, не можуть бути покладені на іншу сторону, навіть якщо фактично вони були сплачені [2, с. 164].

Окремої уваги заслуговує проблема доказування фактичного надання правничої допомоги. ЦПК України вимагає підтвердження розміру та факту понесення судових витрат. На практиці це означає, що сторона має надати: договір про надання правничої допомоги (або доручення), документи про оплату (платіжні інструкції, квитанції, акти приймання-передачі послуг), а також іноді – деталізований опис робіт, які виконав адвокат [3, с. 59]. Саме відсутність такого детального опису часто стає підставою для відмови у повному відшкодуванні заявленої суми. Водночас такий підхід не завжди узгоджується з принципом диспозитивності та процесуальної економії: надмірна деталізація може ускладнювати і затягувати розгляд справи [4, с. 115].

Отже, відшкодування витрат на правничу допомогу в цивільному судочинстві є важливим інструментом забезпечення права на справедливий суд та реального доступу до правосуддя, проте його практична реалізація стикається з низкою труднощів, зокрема у визначенні розміру витрат, оцінці їх «розумності» та підтвердженні факту надання послуг. Сучасна тенденція до змістовного підходу та оцінки співмірності витрат із складністю справи та обсягом виконаної роботи відповідає європейським стандартам, однак відсутність єдиних критеріїв та значна дискреційність судів створюють проблеми передбачуваності та однаковості судової практики.

Список використаних джерел

1. Андреева О.В. Окремі проблемні аспекти відшкодування витрат на професійну правничу допомогу у господарському судочинстві. *Право і суспільство*. 2024. № 1, Т. 1. С. 86-93.
2. Гнатів О. Практика фактичного відшкодування витрат на правничу допомогу з реальними у цивільному процесі. *Актуальні проблеми правознавства*. 2020. № 1.4. С. 164-166.
3. Гушилик С. М. Актуальні питання відшкодування витрат на професійну правничу допомогу в господарському судочинстві. *Судова апеляція*. 2019. № 3. С. 59-66.
4. Калюжна А., Моїсеєнко Д. Особливості відшкодування судових витрат на професійну допомогу адвоката в цивільному процесі. *Науковий вісник Ужгородського національного університету*. Серія: Право. 2022. № 71. С. 115-119.
5. Цивільний процесуальний кодекс України від 18.03.2004 № 1618-IV. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1618-15#Text>

УДК 336.225.1

Махова Л.О., адвокат, старший викладач кафедри цивільного, господарського та екологічного права

(Національний технічний університет «Дніпровська політехніка» м. Дніпро, Україна)

СПЛАТА ПДФО ЮРОСОБОЮ ЩОДО НАЙМАНИХ ПРАЦІВНИКІВ ЗА НЕОСНОВНИМ МІСЦЕМ ОБЛІКУ

Отримання в Україні офіційного доходу, супроводжується конституційним обов'язком сплати з нього податок. Це сума, що вираховується із заробітної плати, орендної плати, дивідендів, кешбеку за банківськими операціями, відсотків за депозитом тощо.

Порядок сплати (перерахування) податку на доходи фізичних осіб до бюджету передбачено ст. 168 Податкового кодексу України від 02 грудня 2010 року № 2755-VI (із змінами) (далі – ПКУ), відповідно до п.п. 168.4.1 п. 168.4 якого ПДФО, утриманий з доходів резидентів та нерезидентів зараховується до відповідних бюджетів згідно з Бюджетним кодексом України від 08 липня 2010 року № 2456-VI (із змінами) (далі – БКУ).

Податок на доходи фізичних осіб (ПДФО) є основним податком в Україні, який сплачують фізичні особи з доходів. У 2026 році ставка ПДФО працівника стабільно залишається на рівні 18% від загального доходу, а основною метою цього податку є забезпечення фінансових ресурсів для державного бюджету.

Відповідно до положень Податкового кодексу України та Бюджетного кодексу України, податок на доходи фізичних осіб, що утримується із заробітної плати працівника, є загальнодержавним податком, але зараховується до місцевих бюджетів.

Платниками ПДФО в Україні виступають: *фізична особа* – резидент, яка отримує доходи як з джерела їх походження в Україні, так і іноземні доходи; фізична особа – нерезидент, яка отримує доходи з джерела їх походження в Україні (крім нерезидентів, які отримують доходи в Україні безпосередньо від провадження дипломатичної чи прирівняної до неї міжнародним договором України діяльності); *податковий агент* – юридична особа, самозайнята особа, представництво нерезидента-юридичної особи, інвестор (оператор), що незалежно від організаційно-правового статусу, способу оподаткування та/або форми нарахування доходу (п. 162.1 ПКУ), який зобов'язаний вести податковий облік; нараховувати, утримувати та сплачувати ПДФО до бюджету від імені та за рахунок фізичної особи з доходів, що виплачують такій особі; подавати податкову звітність контролюючим органам; нести відповідальність за порушення зазначених обов'язків (п.п. 14.1.180 ПКУ) [1].

Порядок обліку платників податків і зборів у контролюючих органах регламентується наказом Міністерства фінансів України від 09.12.2011 № 1588 «Про затвердження Порядку обліку платників податків і зборів» (далі – Порядок), зареєстрованим у Міністерстві юстиції України 29.12.2011 за № 1562/20300 (із змінами).

Податковою адресою юридичної особи (відокремленого підрозділу юридичної особи) є місцезнаходження такої юридичної особи, відомості про що містяться у Єдиному державному реєстрі юридичних осіб, фізичних осіб – підприємців та громадських формувань (п.45.2 ПКУ). Об'єктами оподаткування і об'єктами, пов'язаними з оподаткуванням, є майно та дії, у зв'язку з якими у платника податків виникають обов'язки щодо сплати податків та зборів. Такі об'єкти за кожним видом податку та збору визначаються згідно з відповідним розділом ПКУ [2].

З метою проведення податкового контролю, відповідно до п. 63.3 ст. 63 ПКУ, платники податків підлягають реєстрації або взяттю на облік в контролюючих органах:

- *за основним місцем обліку* - за місцезнаходженням юридичних осіб, відокремлених підрозділів юридичних осіб, місцем проживання особи, а також
- *неосновним місцем обліку* - за місцем розташування (реєстрації) їх підрозділів, рухомого та нерухомого майна (власного чи орендованого), об'єктів оподаткування або об'єктів, які пов'язані з оподаткуванням або через які провадиться діяльність.

Якщо у підприємства навіть немає філій чи відокремлених структурних підрозділів, але є фактичні місця роботи найманих працівників в інших регіонах країни, не за місцем юридичної реєстрації суб'єкта господарювання, - виникає обов'язок сплачувати податок саме за їхнім місцем роботи, ведення господарської діяльності підприємством.

При цьому, згідно з п. 63.3 ПКУ та п. 7.1 розд. VII Порядку № 1588 (наказ Мінфіну від 09.12.2011), підприємство реєструється в податковій регіоні як платник за неосновним місцем обліку та повинно: 1) стати на облік у ДПС за кожним неосновним місцем обліку, тобто — за адресою кожного у власності або орендованого приміщення, де працюють наймані працівники; 2) нараховувати та перераховувати ПДФО за таких працівників до місцевого бюджету відповідної територіальної громади, де розташоване це приміщення; 3) подавати звітність (додаток № 4ДФ) із зазначенням коду ДПС за місцем роботи працівників.

У разі неподання, подання з порушенням встановлених строків, подання не в повному обсязі, з недостовірними відомостями або з помилками податкової звітності про суми доходів, нарахованих (сплачених) на користь платника податків, суми утриманого з них податку, а також суми, нараховані (виплачені) фізичним особам за товари (роботи, послуги), якщо такі недостовірні відомості або помилки призвели до зменшення та/або збільшення податкових зобов'язань платника податку та/або до зміни платника податку, застосовуються штрафні (фінансові) санкції відповідно до пункту 119.1 статті 119 ПКУ.

Кошти, отримані від сплати ПДФО, формують дохідну частину відповідного бюджету та спрямовуються на фінансування: *освіти* - у вигляді заробітної плати працівників, тримання та розвитку учбових закладів; *охорони здоров'я* - як фінансування комунальних медичних закладів та направлення коштів на розвиток місцевих програм з охорони здоров'я; *соціального захисту* - в питаннях допомоги малозабезпеченим вразливим верствам населення, соціальної програми розвитку населення; *інфраструктури територіальної громади* - в реалізації ремонту і будівництва доріг, освітлення вулиць, благоустрою територій; *місцевого управління* - утримання органів місцевого самоврядування, реалізація місцевих програм розвитку.

ПДФО є бюджетоутворюючим податком для громад, який становить одну з найбільших часток доходів місцевих бюджетів. Кошти спрямовуються на забезпечення життєдіяльності територіальної громади. Фактично податок із зарплати повертається платнику у вигляді публічних послуг. Сплата ПДФО напряму впливає на розвиток громади. Чим більше офіційних робочих місць і «білих» зарплат — тим більше ресурсів для місцевої інфраструктури та соціальних програм. ПДФО не є цільовим податком, але використовується в межах затверджених бюджетних програм відповідної ради.

Список використаних джерел

1. Податок на доходи фізичних осіб (ПДФО) у 2026 році
Джерело: 7eminar. URL: <https://7eminar.ua/news/6509-podatok-na-doxodi-fizicnix-osib-pdf-o-u-2025-roci>
2. Основне та неосновне місця діяльності платника податків: де стати на облік
Джерело: 7eminar. URL: <https://7eminar.ua/news/6716-osnovne-ta-neosnovne-miscya-diialnosti-platnika-podatkov-de-stati-na>

УДК 342.9

Пікінер М. О., курсант 3 курсу факультету підготовки фахівців для органів досудового розслідування Національної поліції України

(Дніпровський державний університет внутрішніх справ, Дніпро, Україна)

Науковий керівник: Декусар Ганна Геннадіївна, старший викладач кафедри мовної підготовки

(Дніпровський державний університет внутрішніх справ, Дніпро, Україна)

PARTICULARLY IMPORTANT CASES CONCERNING CORRUPTION OFFENSES AND THREATS TO NATIONAL SECURITY

Against the backdrop of today's market economy development and the decentralization of governmental powers, the issue of corruption offenses has become increasingly significant. The activities of officials of private law legal entities, despite their non-state status, can substantially influence economic and socially significant processes, and the commission of corruption acts by such individuals causes harm no less severe than similar illegal activities carried out in public institutions, requiring a detailed study of their legal essence, crimes and the specifics of their classification.

Corruption within institutions in private and public sectors undermines trust in institutions and hampers economic development. Even minor corrupt practices can create long-term negative consequences by distorting competition, diverting resources, and encouraging further unlawful behavior. Therefore, understanding a comprehensive assessment of these offenses and their repercussions is vital for the implementation of effective prevention measures.

Moreover, addressing corruption necessitates not only a solid legal framework but also the application of specialized investigative methods and the professional development of law enforcement officers. Investigators must be equipped with knowledge of financial analysis, evidence collection, and coordination with expert units to ensure that all aspects of corruption cases are properly addressed and prosecuted. This integrated approach strengthens both the quality of investigations and the overall robustness of the judicial and legal structures.

The system of anti-corruption authorities in Ukraine includes units within various law enforcement agencies - the Ministry of Internal Affairs, the Security Service, the Prosecutor's Office, and the Tax Service. In practice, however, these agencies often duplicate each other's powers, focus on less significant administrative or criminal cases, and are not consistently equipped with resources to effectively prevent, detect, stop, and investigate corruption offenses, particularly high-level corruption [1].

The formulation of criminal law provisions in the context of anti-corruption is closely related to the social necessity of criminalizing socially dangerous acts, which indicates their criminal unlawfulness. Criminalization involves identifying dangerous forms of behavior, justifying the appropriateness of applying criminal-legal measures to them, and consolidating relevant norms in legislation by establishing criminal liability [2].

Corruption, as a socio-legal phenomenon, affects society. Its presence is noticeable across economic and political spheres in the abuse of official powers, bribery, kickbacks, and other unlawful actions intended to secure personal benefits at the expense of the state or public resources. Particularly important criminal proceedings concerning such offenses and threats to national security require a high level of professional training of investigators, modern methods of evidence collection and clear coordination among law enforcement agencies and expert units. As noted by Dekusar G.G., the effectiveness of pre-trial investigation largely depends on the legal training and analytical skills of investigators, which ensures the proper use

of evidence, cooperation with expert institutions, and increases the dependability and recognition of evidence under criminal procedure [3].

Corruption within public office adversely impacts the performance of private institutions, generating unequal competition, stimulating informal economic activity, and impeding down investment processes [2]. Under the Law of Ukraine “On Prevention of Corruption,” a corruption offense refers to any act displaying elements of corruption, committed by an individual defined in part 1 of Article 3, for which criminal, disciplinary, or civil liability may be imposed. Characteristic features of such crimes include a high level of social danger and a potential harmful impact on financial system, political institutions, and national defense [1].

Moreover, particularly important cases often involve complex, multi-faceted investigations, where evidence is collected from multiple sources, including financial records, electronic communications, and witness testimonies. Effective handling of such cases requires not only specialized knowledge in criminal law and procedure but also advanced investigative techniques and the ability to coordinate across different jurisdictions and agencies. Strengthening these investigative capacities is critical for ensuring that high-level corruption and threats to national security are properly addressed and that perpetrators are held accountable [3].

Finally, the prevention and investigation of corruption-related crimes also call for the adoption of structured risk assessment and monitoring procedures across governmental and private sectors. Establishing preventive measures, promoting transparency, and enforcing strict compliance standards can significantly curb opportunities for corruption while bolstering public trust in governance and policing. Collaborative actions across legislative, executive, and law enforcement bodies, supported by professional legal training, are essential to mitigate corruption’s impact on national security and societal stability.

References:

1. Dekusar, G. G., Galenko, Yu. P., Pakulova, T. V., Tsaryova, I. V. et al. (2025). “Law enforcement activities”. *Professional English Language Guide for Police*. Dnipro State University of Internal Affairs. Dnipro. 2025. 148 p.
2. Komirchyi P.O. *The Spread of Corruption as a Threat to Ukraine’s National Interests*. Public Organization “All-Ukrainian Center for Combating Corruption and Supporting Law Enforcement Agencies.” URL: <http://anticorruption.com.ua/poshirennya-korupcyi-yak-zagroza-naconalnim-nteresam-ukrayini.html>
3. Dudorov O.O. *Criminal Law Issues of Modern Ukraine (Selected Works)*. Kyiv: Vaite, 2022. 632 p.

УДК: 343.131:343.01(477)

Сисак В.Т., здобувач вищої освіти третього (освітньо-наукового) рівня

Науковий керівник: Лихова С.Я., д.ю.н., професор.

Науковий керівник: Петренко В.В., к.т.н., доцент кафедри технологій машинобудування та матеріалознавства

(Національний університет «Київський авіаційний інститут», м. Київ, Україна)

СУТНІСТЬ КРИМІНАЛЬНО-ПРАВОВОГО КОНФЛІКТУ

Кримінально-правовий конфлікт поєднує в собі елементи соціального протистояння, психологічної напруги та юридичного протиріччя, що відображає його комплексну природу. Злочин у цьому контексті виступає не лише як формальне порушення кримінального закону, але й як прояв зіткнення інтересів між особою, яка вчинила правопорушення, та суспільством, державою чи конкретним потерпілим. Це дає змогу розглядати його не лише крізь призму каральної реакції, а й у площині соціальних та гуманістичних підходів.

Слово «конфлікт» походить від латинського *conflictus* – «зіткнення, сутичка; боротьба», яке є іменниковим утворенням від дієслова *confligere* (букв. «зіштовхуватися, битися») – складеного з префікса *con-* / *com-* («разом, з-») і кореня *fligere* / *fligo* («вдаряти, бити»). Цей латинський корінь у класичному вжитку мав значення зіткнення або боротьби, що й заклало основну семантику сучасного слова. [1]. У середньоанглійській і старофранцузькій мовах утворилися відповідні форми цього слова (середньоангл. *conflict*, старофр. *conflit*), звідки слово перейшло в індоєвропейські мови Західної Європи.

В словниках української мови дається таке тлумачення слова «конфлікт»: «зіткнення протилежних інтересів, думок, поглядів; серйозні розбіжності; гостра суперечка» [2]. В Енциклопедії сучасної України конфлікт трактується як зіткнення протилежних інтересів, поглядів, оцінок, цінностей; як протиріччя, яке виникає між людьми чи колективами через нерозуміння або через протилежність цілей [3].

З філософської точки зору конфлікт розглядається як важко вирішуване протиріччя [4, с. 183]. З психологічної точки зору – як гострий спосіб розв’язання значущих протиріч, що супроводжуються негативними емоціями та почуттями, або як хвороба спілкування [5, с. 106].

Перед тим, як перейти до аналізу поняття «кримінально-правовий конфлікт», варто дослідити, що є соціальним конфліктом. З точки зору соціології, під соціальним конфліктом варто розуміти взаємини з потенційно можливим або реальним суб’єктом на ґрунті певних суперечливо усвідомлюваних переваг, інтересів або цінностей [6, с. 119].

Соціальний конфлікт виникає тоді, коли індивід усвідомлює несумісність власних інтересів з інтересами інших учасників суспільних відносин. Саме загострення таких протиріч і стає підґрунтям конфліктної ситуації. Водночас поняття «суперечність» і «конфлікт» не можна вважати ідентичними. Протилежності чи відмінності між сторонами лише створюють передумови для конфлікту, проте самі по собі його не породжують. Конфлікт набуває реальності лише за умов, коли зіткнення інтересів та цінностей є взаємовиключним і несумісним. У такому випадку протиріччя переходять у стадію відкритого або латентного протиборства.

Кримінально-правовий конфлікт є складним суспільно-правовим феноменом, що виникає у сфері загальнорегулятивних кримінально-правових відносин. За своєю сутністю, це суб’єктивна форма вираження та прояву об’єктивних протиріч, що є результатом зіткнення інтересів особи, яка вчинила злочин, з інтересами потерпілого, суспільства та держави. Його унікальність полягає у специфіці виникнення та

розгортання, а також у мотивації учасників, що виокремлює його з-поміж інших видів конфліктів у сфері публічних правовідносин.

Правовий зміст кримінально-правового конфлікту визначається тим, що він виникає в суспільних відносинах, які охороняються кримінальним законом. Кримінальне право виконує охоронну функцію, захищаючи права і свободи людини, власність, громадський порядок, конституційний устрій та інші суспільні блага від злочинних посягань. Кримінальний закон визначає, які суспільно небезпечні діяння є правопорушеннями, і встановлює покарання за них. Відповідно, кримінально-правовий конфлікт є правовим за своєю природою, оскільки його вирішення спрямоване на відновлення, компенсацію або захист порушених благ і реалізується за допомогою правових засобів.

Розгляд кримінально-правового конфлікту у сфері соціальної взаємодії дозволяє зробити висновок, що його ефективне вирішення потребує не лише юридичного інструментарію, але й психологічного та соціального впливу. Такий підхід підвищує шанси на справжнє відновлення порушених відносин і зміцнення довіри до правосуддя. Таким чином, кримінально-правовий конфлікт є не тільки юридичною категорією, а й соціальною реальністю, що вимагає комплексного підходу до свого аналізу та врегулювання.

Сучасне кримінальне правове законодавство містить низку механізмів, направлених на розв'язання кримінально-правового конфлікту. Зокрема, каральні та альтернативні способи, спрямовані на вирішення кримінально-правового конфлікту та закріплені у відповідних нормах кримінального та кримінального процесуального права України. Значущість відновного правосуддя в сучасній Україні проявляється в реальній можливості ефективного вирішення кримінально-правових конфліктів, що підкреслює необхідність подальших наукових досліджень для оцінки перспектив його широкого впровадження та застосування.

Список використаних джерел

1. Online Etymology Dictionary. (n.d.). Conflict. Retrieved from <https://www.etymonline.com/word/conflict>.
2. Словник української мови: в 11 тт. / АН УРСР. Інститут мовознавства; за ред. І. К. Білодіда. - К.: Наукова думка, 1970- 1980. URL: <https://sum11.com.ua/konflikt/>
3. Енциклопедія Сучасної України. Т. 14: «Кол» – «Кос» / Гол. редкол.: І.М. Дзюба, А.І. Жуковський, М.Г. Железняк та ін.; НАН України, НТШ. Київ: Інститут енциклопедичних досліджень НАН України, 2014 (3136 гасел, 2701 чорно-білих та 336 кольорових ілюстрацій, 14 карт). URL: <https://esu.com.ua/>
4. Філософський енциклопедичний словник. За ред. Шинкарука В.І. Київ: «Абрис», 2002. 751 с.
5. Конфліктологія: навчальний посібник. Герасіна Л.М., Требін М.П., Воднік В.Д. та ін. Харків: Право, 2012. 128 с.
6. Чумиков А. Н. Конфліктологія соціальних відносин як комплексна наукова дисципліна та практична спеціалізація. Соціологічні дослідження. 1997. № 7. С. 117–120.

УДК 347.91

Пікінер М. О., курсант 3 курсу факультету підготовки фахівців для органів досудового розслідування Національної поліції України

(Дніпровський державний університет внутрішніх справ, Дніпро, Україна)

Науковий керівник: Резворович Кристина Русланівна, доктор юридичних наук, доцент, завідувач кафедри цивільно-правових дисциплін

(Дніпровський державний університет внутрішніх справ, Дніпро, Україна)

СУЧАСНА ПРАКТИКА ВІДШКОДУВАННЯ ВИТРАТ НА ПРАВНИЧУ ДОПОМОГУ В ЦИВІЛЬНОМУ СУДОЧИНСТВІ УКРАЇНИ

У сучасному цивільному судочинстві інститут відшкодування витрат на правничу допомогу набуває особливої актуальності, оскільки він забезпечує реалізацію конституційного права на справедливий суд та рівність процесуальних можливостей сторін. Практика Верховного Суду та наукові дослідження 2024–2025 років свідчать про поступовий перехід від формального до змістовного підходу, що враховує складність справи, обсяг наданих адвокатом послуг, ціну позову та значення спору для сторони.

У практиці простежується тенденція диференціювати підхід залежно від стадії процесу та виду провадження. Так, у наказному та спрощеному позовному провадженні, де обсяг процесуальних дій об'єктивно менший, суди частіше обмежують розмір відшкодування, ніж у змагальних і складних спорах (наприклад, сімейних, корпоративних чи спадкових). Це логічно з погляду принципу пропорційності, однак потребує більшої нормативної визначеності: бажано, щоб закон або роз'яснення вищих судів містили орієнтири (хоча б у вигляді переліку критеріїв), на підставі яких суд зменшує чи не зменшує заявлені витрати.

У постанові Верховного Суду від 15 вересня 2021 року у справі № 161/7163/20 було сформульовано важливу правову позицію щодо порядку підтвердження та оцінки витрат на правничу допомогу [1]. Суд наголосив, що компенсації підлягають лише реальні, необхідні та розумні витрати, фактичне несення яких має бути доведено належними доказами. До таких доказів належать договір про надання правничої допомоги, платіжні документи, що підтверджують оплату гонорару, а також детальний опис робіт, виконаних адвокатом. Верховний Суд підкреслив, що відсутність конкретизованого опису послуг не дає можливості встановити обсяг наданої допомоги, її необхідність і відповідність заявленому розміру, тому суди мають право зменшити суму відшкодування.

На тлі інтеграції України до європейського правового простору важливо, що національні суди дедалі частіше звертаються до практики ЄСПЛ, де послідовно підкреслюється: витрати, що підлягають відшкодуванню, мають бути «фактичними, необхідними та обґрунтованими за розміром» [2, с.165].

Практична реалізація інституту відшкодування витрат на правничу допомогу в цивільному судочинстві України станом на 2025 рік демонструє як поступове формування єдиних підходів Верховного Суду, так і низку невирішених проблем. Норми ст. 133–141, 137 ЦПК України визначають загальні засади судових витрат, однак саме судова практика наповнює їх реальним змістом: окреслює критерії «реальності», «необхідності» й «розумності» витрат на адвоката, межі судового розсуду при їх зменшенні, а також питання доказування та доступності правничої допомоги для сторін [4].

Окрему площину сучасної практики становлять питання критеріїв розумності та пропорційності гонорару. Дайджести правових позицій Верховного Суду за 2025 рік фіксують підхід, за яким сума витрат оцінюється з огляду на складність справи,

тривалість розгляду, кількість засідань, обсяг підготовлених процесуальних документів та предмет спору. Наприклад, у одній із справ касаційна інстанція визнала компенсацію 30 000 грн витрат на правничу допомогу у касаційній інстанції такою, що відповідає критеріям реальності й розумності, з урахуванням складності спору та обсягу роботи адвоката. Разом із тим, у постанові від 27.01.2025 у справі № 910/14503/23 (господарська юрисдикція) Верховний Суд погодився зі зменшенням витрат до 2 500 грн, виходячи з явної невідповідності заявленої суми характеру спору, що підкреслює міжгалузеву єдність підходів до оцінки «завищеності» гонорару [6].

Судова практика 2024–2025 рр. також створює більш гнучкі підходи до доказів витрат. Окремі рішення Верховного Суду, які аналізує, зокрема, Національна асоціація адвокатів України, свідчать про пом'якшення формальних вимог: достатнім може визнаватися не тільки детальний погодинний облік, а й узагальнений опис виконаних робіт за справою [5].

Сучасна доктрина загалом підтримує тренд на посилення ролі обґрунтованого судового розсуду у сферах розподілу судових витрат. У працях 2024–2025 рр. підкреслюється, що можливість зменшення суми відшкодування у випадку завищеності витрат на правничу допомогу є необхідним запобіжником проти зловживання правом, але не повинна перетворюватися на механічне «урізання» гонорару без належної мотивації. Інші автори, аналізуючи судові витрати в господарському та цивільному процесі, звертають увагу на те, що компенсації підлягають виключно реально надані послуги, а суд має відрізнити формальне декларування великого обсягу роботи від фактичних процесуальних дій [3, с.64].

Разом з тим, науковці акцентують на системній проблемі доступності правосуддя: високі гонорари адвокатів та обмежені критерії для отримання безоплатної правничої допомоги створюють «прошарок» громадян із низькими, але не мінімальними доходами, які не можуть ані оплатити повноцінну адвокатську підтримку, ані скористатися державною системою БПД. У поєднанні з ризиком відмови в компенсації витрат (через формальні недоліки доказів або зменшення розміру судом) це знижує мотивацію таких осіб звертатися до суду, що суперечить завданню цивільного судочинства забезпечувати ефективний захист прав [7].

Отже, роудеене дослідження підтверджує, що інститут відшкодування витрат на правничу допомогу є невід'ємним елементом реалізації конституційного права на справедливий суд та ефективний захист прав і свобод людини. Його значення полягає не лише у компенсації фактичних витрат сторони, яка виграла справу, але й у забезпеченні рівності процесуальних можливостей сторін, запобіганні зловживанню процесуальними правами та формуванні відповідальної поведінки учасників процесу. На сьогодні спостерігається тенденція до формування більш змістовного, а не формального підходу до оцінки заявлених витрат на правничу допомогу. Судова практика поступово орієнтується на принципи співмірності та розумності, враховуючи складність справи, обсяг наданих адвокатом послуг, ціну позову та значення спору для сторони.

Список використаних джерел

1. Верховний Суд України. Постанова від 15.09.2021 р. у справі № 161/7163/20. Єдиний державний реєстр судових рішень. URL: <https://reyestr.court.gov.ua/Review/99531214>
2. Гнатів О. Практика фактичного відшкодування витрат на правничу допомогу з реальними у цивільному процесі. Актуальні проблеми правознавства. 2020. № 1.4. С. 164-166.
3. Гушилик С. М. Актуальні питання відшкодування витрат на професійну правничу допомогу в господарському судочинстві. Судова апеляція. 2019. № 3. С. 59-66.

4. Цивільний процесуальний кодекс України від 18.03.2004 № 1618-IV. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1618-15#Text>

5. Постанова Верховного Суду від 13.03.2025 у справі № 275/150/22. Єдиний державний реєстр судових рішень. URL: <https://reyestr.court.gov.ua/Review/131364236>

6. Ухвала Святошинського районного суду м. Києва від 27.01.2025 у справі № 910/14503/23. Єдиний державний реєстр судових рішень. URL: <https://reyestr.court.gov.ua/Review/130374581>

7. Постанова Касаційного цивільного суду у складі Верховного Суду від 2025 р. у справі № 757/33206/22-ц. Єдиний державний реєстр судових рішень. URL: <https://reyestr.court.gov.ua/Review/126609915>

УДК 347.95

Красільников В.П., курсант 3 курсу факультету підготовки фахівців для органів досудового розслідування Національної поліції України

(Дніпровський державний університет внутрішніх справ, Дніпро, Україна)

Науковий керівник: Бодирєв Д.А., старший викладач кафедри вогневої підготовки
(Дніпровський державний університет внутрішніх справ, Дніпро, Україна)

ГЕНДЕРНИЙ ПІДХІД У ВОГНЕВІЙ ПІДГОТОВЦІ ПРАВООХОРОНЦІВ: АКТУАЛЬНІ ПРОБЛЕМИ ДЛЯ УКРАЇНИ

Формування та розвиток гендерної рівності мають особливу значущість для сучасної України, зокрема в умовах реформування сектору оборони та приведення підготовки правоохоронців у відповідність до демократичних стандартів. У контексті вогневої підготовки правоохоронців це передбачає забезпечення рівного доступу жінок і чоловіків до якісної підготовки, урахування фізіологічних та психологічних особливостей, а також подолання стереотипів щодо ролі жінок у правоохоронній діяльності. Важливим є вивчення та впровадження передового європейського та міжнародного досвіду гендерно орієнтованої підготовки персоналу, що сприятиме підвищенню професійної готовності правоохоронців, ефективному виконанню службових завдань та належному забезпеченню національної безпеки, фундаментальних прав і свобод особи.

Як зазначає Бодирєв Д. А., сучасні підходи до підготовки поліцейських передбачають урахування міжнародних стандартів та характерних особливостей гендерних аспектів професійної діяльності [1]. Це передбачає забезпечення рівного доступу чоловіків і жінок до вогневої та тактико-спеціальної підготовки, урахування фізіологічних і психологічних особливостей, а також подолання стереотипів щодо ролі жінок у правоохоронних органах, що безпосередньо підвищує ефективність виконання службових завдань та зміцнює довіру громадян до поліції.

Забезпечення рівних можливостей для обох статей і врахування гендерних особливостей стають невід'ємною частиною підготовки сучасного поліцейського. Гендерний підхід у навчанні дозволяє не лише створити рівні умови для професійного зростання, а й підвищити ефективність взаємодії з громадськістю, сприяти демократизації органів правопорядку та формувати більш справедливе та професійне середовище всередині правоохоронних структур [3].

Водночас, важливо враховувати, що гендерні різниці існують і вони можуть впливати на спосіб прийняття рішень, аналіз інформації, підходи до розв'язання проблем та комунікацію з населенням. Урахування цих особливостей під час професійного навчання є ключовим фактором у підвищенні ефективності службової діяльності та зміцненні довіри громади до поліції [4].

Як зазначає Покайчук В. Я., вогнева підготовка правоохоронців сьогодні є ключовим компонентом професійної підготовки, що вимагає застосування сучасних технологій та методик, здатних забезпечити ефективне використання зброї в умовах постійних загроз та воєнного стану в Україні [2]. Поєднання тактичних навичок із врахуванням гендерних особливостей забезпечує комплексну підготовку поліцейських та підвищує їхню спроможність швидко й належним чином реагувати на різні виклики та обставини.

Як зазначає Поливаний В. Д., Жбанчик А. В. Сучасні підходи до проведення тренувань з вогневої підготовки поліцейських має враховувати специфіку сучасних умов, зокрема воєнного стану та вимоги безпеки персоналу, а також інтегрувати

принципи гендерної рівності [5]. Це включає організацію рівних можливостей для чоловіків і жінок, адаптацію вправ та навичок з урахуванням фізіологічних і психологічних особливостей, а також подолання стереотипів щодо ролі жінок у правоохоронних органах.

Таким чином, інтеграція впровадження гендерного підходу у вогневу та тактико-спеціальну підготовки правоохоронців не лише підвищує професійний рівень кадрів, а й сприяє формуванню справедливого, рівноправного та ефективного правоохоронного середовища. Впровадження гендерних принципів стає стратегічним інструментом підвищення безпеки, ефективності служби та зміцнення довіри громадян до органів правопорядку.

Список використаних джерел

1. Бодирєв Д. А. *Міжнародні підходи до вогневої підготовки поліцейських в Україні* : тези доповіді. Міжнародна та національна безпека: теоретичні і прикладні аспекти : матеріали IX Міжнар. наук.-практ. конф. Дніпро : ДДУВС, 2025. – С. 516–617.
2. Покайчук В. Я. *Вогнева підготовка правоохоронців в умовах воєнного стану: гендерні, технологічні та безпекові аспекти* // Міжнародна та національна безпека: теоретичні і прикладні аспекти : матеріали IX Міжнар. наук.-практ. конф. - Дніпро : ДДУВС, 2025. - С. 611–613.
3. Бобро Н. В. *Гендерний підхід у процесі підготовки кадрів для Національної поліції* // Міжнародна та національна безпека: теоретичні і прикладні аспекти : матеріали VIII Міжнар. наук.-практ. конф.- Дніпро : ДДУВС, 2024. - С. 349–350.
4. Цимбалюк В. І., Красько М. І., Омельченко С. Л. *Гендерні аспекти в тактичній підготовці поліцейських: проблеми рівного доступу та адаптації навчальних програм* // Аналітично-порівняльне правознавство, Том 3 № 3, 2025.
5. Поливанюк В. Д., Жбанчик А. В. *Актуальні питання проведення занять з вогневої підготовки поліцейських в умовах воєнного стану* // Аналітично-порівняльне правознавство. - 2024. 0 № 5

УДК 331.21

Махова Л.О., адвокат, старший викладач, кафедри цивільного, господарського та екологічного права

(Національний технічний університет «Дніпровська політехніка», м. Дніпро, Україна)

ПОРЯДОК НАРАХУВАННЯ ТА ВИПЛАТИ ЗАРОБІТНОЇ ПЛАТИ

Заробітна плата є однією з ключових складових трудових відносин та важливим чинником соціально-економічної стабільності працівника. Вона не лише забезпечує матеріальні потреби людини, а й виступає показником визнання її професійного внеску, кваліфікації та відповідальності. В умовах сучасного ринку праці в Україні рівень оплати праці безпосередньо впливає на мотивацію, продуктивність та лояльність працівників до роботодавця.

Для більшості людей зарплата є основним джерелом доходу, що дозволяє забезпечувати базові потреби - житло, харчування, освіти, медичні послуги, а також підтримувати гідний рівень життя. Окрім економічного значення, вона має й психологічний аспект: справедлива та конкурентна оплата праці сприяє відчуттю стабільності, впевненості у майбутньому та професійній самореалізації.

Трудові відносини в Україні регулюються низкою нормативно-правових актів, серед яких основне місце посідає Кодекс законів про працю України (КЗпП України), який визначає права та обов'язки сторін трудового договору, включаючи зобов'язання роботодавця щодо виплати заробітної плати та профільний Закон України «Про оплату праці», згідно з яким заробітна плата - це винагорода, обчислена, як правило, у грошовому виразі, яку за трудовим договором роботодавець виплачує працівникові за виконану ним роботу [1].

Трудове законодавство України ґрунтується на засадах справедливості, захисту прав працівників та рівності сторін. Кожен працівник має право на захист своїх інтересів, включаючи і право на своєчасну виплату зарплати. Відповідно до ст. 115 КЗпП України, працівник має право на отримання заробітної плати не рідше двох разів на місяць з проміжком часу в шістнадцять календарних днів. Остаточний розрахунок за відпрацьований місяць має здійснюватися не пізніше сьомого числа місяця наступного за звітним. Роботодавець зобов'язаний виплачувати заробітну плату у встановлені строки та в повному обсязі. Це право закріплено також у Конституції України, що наголошує на його фундаментальності.

В Україні порядок нарахування та виплати зарплати встановлено законодавчо: належить обчислити заробітну плату за виконану роботу, забезпечити доплату до мінімальної, правильно утримати ПДФО й військовий збір, а також нарахувати ЄСВ.

З 1 січня 2026 року мінімальна заробітна плата в Україні встановлена на рівні 8 647 гривень на місяць та 52 гривень за годину роботи. І це означає, що оплату праці не можна встановлювати нижче цього рівня за повністю відпрацьований місяць чи годину, а якщо фактична оплата нижча — роботодавець повинен здійснити доплату до мінімальної заробітної плати щомісяця.

Нарахування заробітної плати включає: основну зарплату – за виконану роботу згідно з посадою та нормою часу; доплати й надбавки, які передбачені законодавством (за шкідливі умови, вислугу років, за сумлінну працю тощо); винагороди та премії (якщо це передбачено умовами трудового/колективного договору); індексація заробітної плати (за наявності законодавчої вимоги та перевищення порогу інфляції).

Оподаткування заробітної плати у 2026 році здійснюється на рівні та в обсязі: податку на доходи фізичних осіб (ПДФО) - 18% (утримується податковим агентом – роботодавцем з зарплати працівника); військового збору (ВЗ) - 5% (утримується

податковим агентом – роботодавцем з зарплати працівника); єдиного соціального внеску (ЄСВ) - 22% (сплачує роботодавець й не утримується з працівника). Тобто при мінімальній зарплаті 8 647 грн: ПДФО = 1 556 грн., ВЗ = 432 грн., зарплата працівника «на руки» = 6 658 грн., ЄСВ додатково нараховується роботодавцем в розмірі 1 902 грн.

До мінімальної зарплати не включаються: доплати за роботу в несприятливих умовах, виплати за надурочні години, премії святкові, інші додаткові винагороди.

Роботодавець зобов'язаний виплатити зарплату у встановлені строки. Жодні штрафи чи обмеження є не законними та не можуть обмежувати право працівника на повну оплату праці (за виключенням аспекту матеріальної відповідальності працівника за шкоду заподіяну майну роботодавця).

Несвоєчасна виплата заробітної плати є однією з найгостріших проблем, із якими стикаються працівники в Україні. Ця ситуація не лише негативно позначається на матеріальному становищі громадян, а й призводить до погіршення соціального клімату, зниження довіри до роботодавців та державних інституцій [3].

Відповідно до ст. 36 ЗУ «Про оплату праці», за порушення законодавства про оплату праці винні особи притягаються до дисциплінарної, матеріальної, адміністративної та кримінальної відповідальності.

Згідно з вимогами статті 265 КЗпП України юридичні та фізичні особи – підприємці, які використовують найману працю, несуть відповідальність у вигляді штрафу в разі порушення встановлених строків виплати заробітної плати працівникам, інших виплат, передбачених законодавством про працю, більш як за один місяць, виплата їх не в повному обсязі – у трикратному розмірі мінімальної заробітної плати, встановленої законом на момент виявлення порушення [2].

Заробітна плата відіграє важливу роль не лише в житті окремого працівника, а й у розвитку підприємств та економіки держави загалом, адже мотивований і задоволений працівник є запорукою ефективної діяльності будь-якої організації.

Отже, порядок нарахування та виплати заробітної плати в Україні у 2026 році чітко регламентований законодавством і спрямований на забезпечення соціальних гарантій працівників. Встановлений державою розмір мінімальної заробітної плати є обов'язковим для всіх роботодавців і виступає базовим стандартом оплати праці. Нарахування заробітної плати здійснюється з урахуванням посадового окладу, доплат, надбавок та інших передбачених виплат, із обов'язковою доплатою до мінімального рівня у разі потреби.

Система оплати праці в Україні поєднує економічні механізми та правові гарантії, спрямовані на захист прав працівників, забезпечення прозорості розрахунків і відповідальності роботодавців.

Система оплати праці, з одного боку, поєднує державні гарантії та договірну гнучкість, спрямована на забезпечення мінімального соціального захисту працівників, стабільності виплат та можливості матеріального стимулювання ефективної праці. А з іншого боку, маючи законодавчо визначені гарантії та механізми соціального захисту, стикається з проблемами економічної нестабільності, податкового навантаження та тінізації доходів; подальший розвиток потребує балансу між інтересами працівників, роботодавців і держави.

Список використаних джерел:

1. Про оплату праці : Закон України від 24.03.1995 № 108/95-ВР : станом на 01.01.2026 р. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/108/95-vp>
2. Кодекс законів про працю України : Закон України від 10.12.1971 № 322-VIII : станом на 01.01.2026 р. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/322-08>.
3. Інтернет посилання: <https://smu.dsp.gov.ua/forpeople/recomendwartime/iaka-vidpovidalnist-peredbachena-za-porushennia-strokov-vyplaty-zarobitnoi-platy/>

УДК 347.91

Черниш М. В., курсант 3 курсу факультету підготовки фахівців для органів досудового розслідування Національної поліції України

(Дніпровський державний університет внутрішніх справ, Дніпро, Україна)

Науковий керівник: Резворович Кристина Русланівна, доктор юридичних наук, доцент, завідувач кафедри цивільно-правових дисциплін

(Дніпровський державний університет внутрішніх справ, Дніпро, Україна)

ПОРІВНЯЛЬНИЙ АНАЛІЗ ЦИВІЛЬНОГО ПРОЦЕСУАЛЬНОГО ЗАКОНОДАВСТВА УКРАЇНИ ТА ЄС

Цивільне процесуальне законодавство України за останні роки зазнало суттєвих змін, спрямованих на наближення національної правової системи до європейських правових стандартів. Це зумовлено як внутрішніми потребами модернізації судочинства, так і зовнішніми факторами, зокрема зобов'язаннями України у межах імплементації *acquis* ЄС. Порівняння цивільного процесу України з регулюванням у Європейському Союзі дає змогу виявити сильні та слабкі сторони національної моделі, оцінити рівень гармонізації та визначити шляхи подальшого реформування судової системи.

Однією з відмінностей між Україною та Європейським Союзом (далі – ЄС) є характер джерел процесуального права. У Європейському Союзі цивільний процес не є повністю уніфікованим: кожна держава-член зберігає власні національні процесуальні кодекси. Водночас ЄС ухвалює регламенти прямої дії, які встановлюють спільні правила для транскордонних спорів. Найбільш значущими є Регламент № 1215/2012 [1] «Брюссель I bis» щодо юрисдикції та визнання судових рішень, Регламент № 861/2007 [5] щодо європейського малого позову, Регламент № 1896/2006 [6] про європейський судовий наказ та Регламент № 805/2004 [7] про європейський виконавчий документ. Національний цивільний процесуальний кодекс України поки що не має аналогічного наднаціонального рівня регулювання, однак поступово адаптує свої положення до стандартів ЄС.

Важливим аспектом порівняння є принципи цивільного судочинства. Українське законодавство після реформ 2016-2017 років зробило акцент на принципі пропорційності, змагальності, диспозитивності та добросовісності учасників процесу – принципах, характерних для європейської моделі цивільного судочинства. У ЄС акцент ставиться на ефективності, економії процесу, передбачуваності строків та забезпеченні справедливого балансу між правами сторін і повноваженнями суду. Європейський суд з прав людини активно впливає на формування стандартів цивільного процесу, і саме цей вплив суттєво відчутний в українській судовій практиці, зокрема щодо дотримання «розумного строку» та обґрунтованості судових рішень [2, с. 23].

Порівняння інституту підсудності та юрисдикції показує, що українське законодавство закріплює класичну територіальну та альтернативну підсудність, тоді як у ЄС підходи більш гнучкі. Регламент «Брюссель I bis» встановлює складну систему визначення компетентного суду в транскордонних спрах, де основний критерій – місце проживання відповідача, але існує значна кількість спеціальних правил для споживчих, трудових, страхових та договірних спорів. Український ЦПК рухається в цьому напрямі, проте в ньому поки відсутні окремі механізми, які дозволяють ефективно визначати юрисдикцію у справах із європейським елементом, окрім загальних норм міжнародного приватного права [4].

Особливе значення має порівняння процедур спрощеного та наказного провадження. Українське спрощене провадження близьке за логікою до Європейської процедури малого позову: обмеження строків, письмовість, мінімізація судових витрат.

Однак у ЄС ця процедура є уніфікованою для всіх країн і застосовується до транскордонних спорів, тоді як українська модель діє лише в межах національної юрисдикції та ще не має цифрової інтеграції на рівні Європейської платформи електронного правосуддя (e-Justice). Судовий наказ в Україні за змістом частково збігається з Європейським судовим наказом, однак у ЄС процедура більш автоматизована та покликана забезпечувати швидке стягнення без складної перевірки обставин.

Інтерес становить також порівняння системи доказів та електронного правосуддя. В Україні докази визначаються згідно з принципом допустимості, належності та достовірності, а їх подання значною мірою залежить від активності сторін. ЄС акцентує на свободі суду в оцінюванні доказів, процедурній економії та електронному документообігу. Зокрема, платформи e-CODEX та e-Justice забезпечують транснаціональний обмін процесуальними документами, цифрове подання позовів та доказів. Україна імплементує аналогічні підходи через Єдину судову інформаційно-телекомунікаційну систему, але її функціонал поки не досягає рівня інтеграції та стандартизації ЄС. Визнання та виконання рішень є однією з найсуттєвіших відмінностей. У ЄС діє принцип «автоматичного визнання», відповідно до якого судові рішення однієї держави-члена підлягають виконанню на території іншої без необхідності проходження спеціальної процедури (ексекватури). Україна ж використовує класичну модель, де визнання і виконання рішень іноземних судів вимагає окремого провадження, наявності міжнародного договору або принципу взаємності. Це об'єктивно ускладнює транскордонні правовідносини та створює додаткові бар'єри для сторін цивільних спорів [3, с. 29].

У ЄС, попри відсутність повної уніфікації цивільного процесу, діє система наднаціональних регламентів прямої дії, спрямованих на забезпечення ефективного розгляду транскордонних спорів, спрощення доступу до правосуддя та взаємного визнання судових рішень. Український цивільний процес, навпаки, ґрунтується на національному підході, що не передбачає наддержавного регулювання, проте демонструє поступове наближення до європейських стандартів через оновлення процесуальних норм, цифровізацію судочинства, розширення міжнародного співробітництва та імплементацію принципів, закладених у регламентах ЄС. Таким чином, адаптація українського законодавства до *acquis communautaire* є ключовим напрямом вдосконалення, що має забезпечити підвищення ефективності судового захисту, передбачуваності процедур та інтеграції у спільний європейський правовий простір.

Отже, що цивільне процесуальне законодавство України в багатьох аспектах гармонізується з європейськими стандартами, але зберігає низку структурних та процедурних відмінностей. Український процес ще недостатньо орієнтований на цифрову інтеграцію, транскордонні процедури та спрощені механізми виконання рішень. Водночас реформи останніх років – впровадження електронного суду, посилення змагальності, модернізація апеляційного перегляду – свідчать про поступове наближення до європейської моделі ефективного та доступного правосуддя. Подальша гармонізація вимагатиме адаптації національного законодавства до регламентів ЄС, розширення міжнародного співробітництва та впровадження уніфікованих електронних платформ, які забезпечать сумісність процесуальних процедур у транскордонному вимірі.

Список використаних джерел:

1. Regulation (EU) No 1215/2012 of the European Parliament and of the Council of 12 December 2012 on jurisdiction and the recognition and enforcement of judgments in civil and

commercial matters (Brussels I bis). Official Journal of the European Union. 2012. L 351. P. 1–32.

2. Кармаза О.О. До питання діджиталізації судового процесу (на прикладі цивільного процесу України). Сучасний науковий журнал 1 (1). 2023. С. 23-29.

3. Петровський А.В. Інститут спрощених судових процедур у цивільному процесуальному законодавстві європейських країн. Нове українське право. 2023. С. 28-38.

4. Цивільний процесуальний кодекс України : Закон України від 18.03.2004 № 1618-IV. Відомості Верховної Ради України. 2004. № 40-42. Ст. 492.

5. Regulation (EC) No 861/2007 of the European Parliament and of the Council of 11 July 2007 establishing a European Small Claims Procedure. Official Journal of the European Union. 2007. L 199. P. 1–22.

6. Regulation (EC) No 1896/2006 of the European Parliament and of the Council of 12 December 2006 creating a European order for payment procedure. Official Journal of the European Union. 2006. L 399. P. 1–32.

7. Regulation (EC) No 805/2004 of the European Parliament and of the Council of 21 April 2004 creating a European Enforcement Order for uncontested claims. Official Journal of the European Union. 2004. L 143. P. 15–39.

УДК 349.2

**Бойчук М.М., здобувач кафедри адміністративного права ННІ публічного права
(ННІ публічного права, м. Київ, Україна)**

РОЛЬ АДМІНІСТРАТИВНО-ПРАВОВИХ НОРМ У ЗАБЕЗПЕЧЕННІ ДИСЦИПЛІНАРНОЇ ВІДПОВІДАЛЬНОСТІ ТА ДОБРОЧЕСНОСТІ ПОЛІЦЕЙСЬКИХ

Особливе значення адміністративно-правові норми мають у сфері дисциплінарної відповідальності поліцейських. Законодавством визначено вичерпний перелік дисциплінарних стягнень, процедуру проведення службового розслідування, строки притягнення до дисциплінарної відповідальності, а також права поліцейського на захист під час розгляду дисциплінарної справи. Це забезпечує дотримання принципу справедливості, запобігає можливим зловживанням з боку керівництва та гарантує захист прав працівників поліції [1].

Поряд із внутрішніми кадровими процедурами адміністративно-правові норми регламентують взаємодію Національної поліції України з іншими органами державної влади у сфері кадрових питань, зокрема щодо отримання погоджень, направлення на навчання, участі в міжвідомчих програмах і проєктах. Завдяки цьому забезпечується належна координація діяльності державних органів у процесі управління людськими ресурсами.

Важливим складником кадрової політики є адміністративно-правовий механізм захисту прав поліцейських. Працівники поліції наділені правом оскаржувати кадрові рішення як в адміністративному порядку шляхом звернення до вищих органів, так і в судовому порядку в межах адміністративного судочинства. Таким чином, адміністративне право не лише регулює відповідні процедури, а й забезпечує їх законність, підзвітність та контрольованість [2].

Отже, адміністративно-правові норми виступають системоутворюючим елементом правового забезпечення кадрового забезпечення у Національній поліції України. Вони формують цілісний правовий механізм, який поєднує інтереси держави щодо ефективного функціонування правоохоронної системи з правами та законними інтересами її працівників. Їх роль полягає не лише в нормативному регулюванні кадрових процесів, а й у забезпеченні принципів правової визначеності, прозорості, відповідальності та правового захисту в межах кадрової політики.

У контексті розвитку правової системи України та процесів реформування сектору безпеки й правоохоронної діяльності значення адміністративно-правових норм у сфері кадрового забезпечення Національної поліції України неухильно зростає. Вони виконують функцію не лише регуляторного інструменту, а й ефективного засобу впровадження європейських стандартів публічного управління, зокрема принципів верховенства права, недискримінації, відкритості та доброчесності [3, с. 70].

Одним із ключових напрямів, у межах яких адміністративно-правові норми мають особливе значення, є забезпечення доброчесності та прозорості службових правовідносин. Відповідні норми закріплюють антикорупційні вимоги до поліцейських, обов'язок подання декларацій, проходження перевірок на доброчесність, а також дотримання встановлених обмежень щодо сумісництва, запобігання конфлікту інтересів і регулювання поведінки в позаслужбовий час. Юридичну обов'язковість зазначених вимог забезпечують адміністративно-правові акти, які визначають порядок контролю за їх дотриманням та відповідальність за порушення встановлених правил [4, с. 100].

У практичному вимірі адміністративно-правові норми сприяють забезпеченню єдності й стабільності кадрової політики в Національній поліції України. Зокрема,

відомчі нормативно-правові акти адміністративного характеру підлягають однаковому застосуванню на всій території держави, що означає, що правила прийняття на службу, оцінювання службової діяльності, притягнення до дисциплінарної відповідальності чи звільнення є уніфікованими для всіх поліцейських незалежно від регіону або структурного підрозділу. Такий підхід сприяє формуванню високого рівня правової культури в органах поліції та мінімізує ризики суб'єктивізму під час ухвалення кадрових рішень.

Список використаних джерел:

1. Про дисциплінарний статут Національної поліції України: Закон України від 15.03.2018 № 2337-VIII. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2337-19#Text>
2. Кодекс законів про працю України від 10.12.1971 № 322-VIII. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/322-08#Text>
3. Гринь О. О. Адміністративно-правові засади функціонування сектору безпеки та оборони України: дис. ... канд. юрид. наук: 12.00.07. Тернопіль, 2024. 219 с.
4. Адміністративне право України (загальна частина): навчальний посібник / О. І. Остапенко, М. В. Ковалів, С. С. Єсімов та ін.; вид. 2-ге, доп. Львів: СПОЛОМ, 2021. 616 с.

UDC 340.137:347.9

Makhova L.O., lawyer, Senior Lecturer, Department of Civil, Commercial and Environmental Law

(Dnipro University of Technology, Dnipro, Ukraine)

FAMILY MEDIATION

Following the entry into force of the Law of Ukraine “On Mediation”, mediation as a method of dispute resolution has been gaining increasing popularity in Ukraine. The said legislative act defines the legal framework and procedure for conducting mediation as an out-of-court dispute resolution mechanism, establishes the general principles of mediation, determines the legal status of the mediator, as well as his or her rights and obligations, qualification requirements, and other issues related to the procedural and organizational aspects of mediation. The Law provides a legal basis for the application of mediation in various fields of legal relations, including commercial, administrative, criminal, civil, and labor matters, as well as family disputes. Modern society increasingly demonstrates an acute need for alternative dispute resolution mechanisms capable of avoiding protracted and costly litigation and reducing psychological stress. Mediation is particularly relevant in family relations, where the emotional component and the need to preserve human relationships especially in the context of continued co-parenting, mutual support during challenging military and political circumstances, and the prior close personal connection between the parties play a decisive role.

Family disputes constitute one of the most common categories of civil cases. The range of such disputes includes, inter alia, applications for recognition of de facto marital relations; divorce proceedings; division of marital property; determination of a child’s place of residence; recovery of child support (alimony); establishment or contestation of paternity; deprivation of parental rights; establishment of guardianship or custody; adoption, and other related matters. Mediation is an efficient and expeditious means of resolving disputes outside the court system. It is a voluntary and confidential procedure in which a neutral third party assists the parties in reaching a mutually acceptable solution through structured negotiations. According to statistical data, 73% of parents who commence mediation reach agreement on all or part of the disputed issues.

Family disputes are often complex and protracted due to several factors: the inability or unwillingness of the parties to reach agreement on fundamental issues such as divorce, child upbringing and residence, the amount and procedure for payment of child support, and division of property, often caused by deterioration of spousal relations and an unwillingness to compromise; the absence of well-established and uniform judicial practice in particularly complex matters arising in court proceedings concerning division of marital property; certain deficiencies and inconsistencies in family legislation, which result in divergent judicial approaches in similar cases and may lead to years of litigation.

The principal factors motivating couples to participate in family mediation include: the need to resolve issues they are unable to settle independently; the desire to reach joint decisions; the intention to minimize the adverse impact of the dispute on their children; the wish to dissolve the marriage amicably and preserve respectful relations; the aim of reducing legal expenses; the preference for out-of-court settlement; the need for assistance from an impartial third party in discussing financial or property-related matters; the need for both practical and emotional support; and, in some cases, the aspiration for reconciliation.

An important aspect of the current legal framework is that mediation may be initiated at any stage of a family dispute, including the pre-trial phase, such as negotiations prior to filing a claim with the court. Where consensus is achieved, mediation enables the parties to avoid lengthy and costly judicial proceedings.

The mediation process in family disputes typically consists of several stages: Preparation (the parties select a mediator and agree on the time and venue of the session); Opening session (the mediator explains the rules of procedure and assists the parties in presenting their positions); Discussion (the parties articulate their interests and needs, allowing for identification of the underlying causes of the conflict); Negotiation and option generation (the mediator facilitates the exploration of possible compromise solutions); Conclusion of an agreement (if consensus is reached, the terms are recorded in writing).

Family mediation possesses specific characteristics distinguishing it from other types of mediation. Family conflicts are marked by heightened emotional tension: disputes arise in circumstances of strained relations and intense personal experiences. The parties may experience significant psychological distress associated with the breakdown of the family unit. In some instances, a party may seek not only a favorable outcome but also moral or financial compensation due to feelings of resentment or anger.

The nature of family disputes presupposes the necessity of preserving ongoing interdependent relationships between the parties. Each party is often aware of the other's vulnerabilities and may have access to sensitive personal information. Financial dependence may also exist, potentially providing one party with additional leverage. Furthermore, it is essential to consider the best interests of the child, which may not always coincide with the interests or wishes of the parents.

The advantages of mediation in family disputes include: Time and cost efficiency: mediation generally requires less time and fewer financial resources than litigation; Preservation of relationships: mediation facilitates continued constructive communication between the parties; Flexibility: the parties may determine the time and place of sessions and discuss any issues of concern; Confidentiality: mediation is conducted in private, ensuring that sensitive information does not become public; Control over the outcome: unlike court proceedings, where a decision is imposed by a judge, mediation enables the parties themselves to determine the terms of resolution, leading to greater satisfaction with the outcome.

Additional advantages of family mediation include: consideration of each participant's needs; ensuring that the child's voice is heard in matters affecting him or her; joint decision-making and voluntary compliance with mutually agreed terms; improvement of communication and restoration of trust; provision of a safe environment for emotional expression and support. It is essential that mediation be conducted in a structured and well-prepared manner, based on key principles such as respectful communication, voluntariness, individualized approach, procedural proportionality, and party self-determination. Family mediation may be applied in virtually all categories of family disputes, including divorce, division of property, determination of a child's residence, recovery of child support, inheritance matters, and related issues.

The outcome of mediation may include: a mediation settlement agreement (a civil law contract, including one notarized where required); an amicable settlement agreement submitted to the court; agreements concerning full or partial acknowledgment of claims; submission of a motion to leave a claim without consideration; withdrawal of a claim; and other procedural arrangements. The parties may also adopt interim and/or temporary arrangements concerning a parent's participation in a child's upbringing, including periodic visitation, scheduled contact, or joint vacations.

List of references:

1. Про зміст та важливість сімейної медіації. URL: <http://www.sumyjust.gov.ua/novini/pro-zmist-i-vazhlyvist-simeynoyi-mediatsiyi/>
2. Медіація в сімейних спорах. URL: <https://www.hsa.org.ua/blog/mediaciia-v-simeinix-sporax>
3. Lawyer and Mediation / H. Garo, A. Zernova, H. Yermenko, R. Koval, S. Pohorila, V. Polishchuk, O. Pomazanovska, L. Romanadze, M. Saienko, V. Sytyuk. 2022. 112 pp.

Заболотна І.Є., 081-22-1 ІГНС

Науковий керівник: Потіп Микола Миколайович, д.ю.н. професор кафедри Цивільного, господарського та екологічного права
(Національний технічний університет «Дніпровська політехніка» м. Дніпро, Україна)

ПРАВОПОРУШЕННЯ У СФЕРІ ДОРОЖНЬО-ТРАНСПОРТНИХ ПРИГОД ТА ПОЗБАВЛЕННЯ ПРАВА КЕРУВАТИ ТРАНСПОРТНИМИ ЗАСОБАМИ, ЯК ДОДАТКОВЕ ПОКАРАННЯ: СУДОВА ПРАКТИКА УКРАЇНИ ТА ПРАКТИКА ЄСПЛ

Для того, щоб запобігти правопорушенням, які спричиняють суспільну небезпечність державі та правосуддю, у національному законодавстві: в першу чергу, у Кримінальному кодексі України, а саме: ч. 1 ст. 389 КК України (ухилення від виконання покарання у виді позбавлення права керування транспортними засобами), ст. 286 (порушення правил безпеки дорожнього руху або експлуатації транспорту особами, які керують транспортними засобами) (1) та КУпАП: ч. 3 ст. 126 КУпАП (керування автомобілем особою, позбавленою права керування транспортними засобами) (2), встановлено норми, що за певних обставин, забороняють особі керувати транспортним засобом, оскільки дані правопорушення можуть становити велику суспільну небезпеку всьому суспільству та державі в цілому.

Наприклад, на сьогодні, вбачається значна кількість дорожньо-транспортних пригод, причиною, яких є те, що особа керувала транспортними засобами у нетверезому стані. Таке діяння полягає в порушенні правил безпеки дорожнього руху або експлуатації транспорту. Воно може вчинятися шляхом дії або бездіяльності й полягати: 1) у вчиненні дій, заборонених правилами (наприклад, керування транспортним засобом у стані сп'яніння чи без посвідчення водія на право керування транспортним засобом відповідної категорії тощо); 2) у невиконанні дій, які особа може і зобов'язана вчинити відповідно до вимог правил безпеки руху й експлуатації транспорту (не зниження швидкості руху відповідно до дорожньої обстановки, недотримання безпечного інтервалу тощо). Відповідно до ч. 1 ст. 67 КК при призначенні покарання обставиною, яка його обтяжує, визнається, крім інших, вчинення злочину особою, що перебуває у стані алкогольного сп'яніння або у стані, викликаному вживанням наркотичних або інших одурманюючих засобів. *Але судова практика зазначає, що обставина вчинення злочину в стані алкогольного сп'яніння не завжди може бути врахована при призначенні покарання як така, що його обтяжує, у випадку, коли особу, засуджену за ч. 2 ст. 286 КК, і визнано винуватою в порушенні підп. «а» п.2.9ПДР, який забороняє водієві керувати транспортним засобом у стані алкогольного сп'яніння або перебуваючи під впливом наркотичних чи токсичних речовин.* Аналогічний правовий висновок щодо застосування вищезазначеної норми права було сформульовано Верховним Судом України (далі ВСУ) у постанові від 09 лютого 2012 року у справі № 5-28кс11 та від 01 грудня 2016 року у справі №5368кс(15)16. Зокрема, у своїй постанові від 09 лютого 2012 року колегія суддів ВСУ погодила з тим, що суд обґрунтовано визнав доведеним, що ДТП сталась унаслідок дій засудженого, який, перебуваючи у стані алкогольного сп'яніння, порушив вимоги підп. «а» п.2.9, п. 10.1, 12. 1 ПДР й допустив наїзд на пішохода, що спричинило його смерть. Разом з цим ВСУ зробив висновок, що стан алкогольного сп'яніння, у якому засуджений керував транспортним засобом, характеризував лише його певний психофізичний (фізіологічний) стан, який сприяв порушенню ним інших норм правил безпеки дорожнього руху, проте саме порушення підп. «а» п. 2.9 ПДР не було безпосередньою причиною настання суспільно небезпечних наслідків, а отже причинового зв'язку знаслідками, що настали, воно не мало (3).

У постанові Великої палати Верховного суду від 21 серпня 2019 року у справі № 682/956/17 вказано, що керування транспортним засобом у стані алкогольного сп'яніння, хоча і становить порушення вимог підп. «а» п. 2.9 ПДР, однак само по собі не може виступати прямою безпосередньою причиною настання ДТП та її наслідків у вигляді заподіяння потерпілому (потерпілим) тілесних ушкоджень або смерті. Стан сп'яніння не охоплюється об'єктивною стороною (не є кваліфікуючою ознакою) злочину, передбаченого ст. 286 КК, і при призначенні покарання особі може враховуватись як обставина, що обтяжує покарання згідно з п.13 ч. 2 ст.67 КК (4).

У національному законодавстві - позбавлення права керувати транспортними засобами призначається особі як додаткове покарання. У постанові Об'єднаної палати Касаційного кримінального суду Верховного Суду від 04 вересня 2023 року у справі № 702/301/20, зазначено, що відповідно до ч. 1 ст. 55 КК позбавлення права керувати транспортними засобами як додаткове покарання призначається на строк до десяти років. Крім того, позбавлення права керувати транспортними засобами як обов'язкове додаткове покарання передбачено у санкціях всіх частин ст. 286-1 КК, якою передбачено кримінальну відповідальність за порушення правил безпеки дорожнього руху або експлуатації транспорту особами, які керують транспортними засобами в стані сп'яніння. Отже, ні норми Загальної частини КК, ні статті 286, 286-1 КК не містять жодних застережень чи умов застосування додаткового покарання у виді позбавлення права керувати транспортними засобами, у тому числі, зумовлених відсутністю у винного посвідчення водія на право керування транспортними засобами (5).

Відповідно до положень ст. 15 Закону України «Про дорожній рух» від 30 червня 1993 року № 3353-XII право на керування транспортними засобами відповідної категорії підтверджується посвідченням водія транспортного засобу з установленим терміном дії. Забороняється керування транспортними засобами особам, до яких застосовано адміністративне стягнення чи кримінальне покарання у виді позбавлення права керування транспортними засобами, протягом строку позбавлення, а також особам, щодо яких державним виконавцем встановлено тимчасове обмеження у праві керування транспортними засобами (6).

Виходячи із системного аналізу зазначених норм, об'єднана палата вважає, що правова природа додаткового покарання у виді позбавлення права керувати транспортними засобами не зводиться виключно до вилучення посвідчення водія та не вичерпується такою дією, а застосовується на певний період, тривалість якого визначається судом відповідно до санкції відповідної частини статей 286, 286-1 КК, і полягає у забороні керувати транспортними засобами. Так, внаслідок порушення особою, незалежно від наявності чи відсутності у неї посвідчення подія, правил безпеки дорожнього руху або експлуатації транспорту створюється реальна небезпека для життя і здоров'я інших осіб та спричиняється відповідна шкода, а тому додаткове покарання у виді позбавлення права керувати транспортними засобами в окремих випадках є необхідним з метою попередження спричинення такою особою шкоди здоров'ю чи навіть смерті іншим особам через порушення нею правил дорожнього руху в майбутньому, а також для дієвого впливу на сприйняття суспільством, у тому числі іншими водіями. Таким чином, Об'єднана палата Касаційного кримінального суду Верховного Суду зробила висновок, що особі, яку визнано винуватою у вчиненні кримінального правопорушення, передбаченого відповідною частиною статей 286, 286-1 КК, суд може призначити додаткове покарання у виді позбавлення права керувати транспортними засобами незалежно від того, чи мала така особа на момент вчинення кримінального правопорушення отримане у передбаченому законом порядку посвідчення на право керування транспортними засобами (5).

Незважаючи на це, відповідно до правозастосовчої практики в Україні, є деякі обмеження щодо призначення особі додаткового покарання у вигляді позбавлення права

керувати транспортними засобами. Відповідно до постанови Верховного Суду колегії суддів Другої судової палати Касаційного кримінального суду 22 січня 2019 року у справі № 708/40/18, позбавлення права керувати транспортними засобами суд не вправі призначити як додаткове покарання особі, яка не має права керувати транспортними засобами. Як убачається з матеріалів кримінального провадження, засуджена не отримувала посвідчення водія на право керування транспортними засобами відповідної категорії, згідно зі ст. 15 Закону України «Про дорожній рух». Отже, враховуючи вищезазначене, призначення судом першої інстанції засудженій додаткового покарання у виді позбавлення права керувати транспортними засобами на строк 3 роки є помилковим та підлягає виключенню з судових рішень (7).

Щодо практики ЄСПЛ, можна виділити, справу «Байчич проти Хорватії» (Bajić v. Croatia), за якою встановлено покарання, накладене за перевищення швидкості з подальшим визнанням заявника винним у вчиненні кримінального правопорушення за спричинення смертельної дорожньо-транспортної пригоди. Справа стосувалася скарги заявника на те, що він був двічі притягнений до суду та покараний двічі за одне і те ж правопорушення. Зокрема, він спочатку був визнаний винним в провадженні за незначне правопорушення перевищення швидкості, а згодом – у кримінальному провадженні за спричинення ДТП зі смертельними наслідками. В першому провадженні йому був призначений штраф, а в другому він отримав вирок до тюремного ув'язнення (8).

З урахуванням вищезазначеного, підсумовуючи викладене, можемо зазначити, що порушення особами правил безпеки дорожнього руху, спричиняють підвищену суспільну небезпечність всім оточуючим, а тому позбавлення права керувати транспортними засобами як додаткове покарання має вагоме значення для запобігання вчинення правопорушень, які пов'язані з дорожньо-транспортними пригодами. За допомогою даного карального засобу, держава не тільки безпосередньо забороняє особі керувати транспортним засобом, а і покладає обов'язок на певних уповноважених органів роз'яснювати особі наслідки невиконання даного зобов'язання. Щодо порівняння судової практики України з практикою ЄСПЛ, хочемо сказати, що в Україні у чинному кримінальному законодавстві чітко зазначена ст. 67 КК, - обставини, що обтяжують покарання. А тому суд при призначенні остаточного вироку може, спираючись на обтяжуючі обставини, винести більш суворе покарання або разом з основним покаранням призначити і додаткове, в тому числі - позбавлення права керувати транспортними засобами. На відміну від, зазначеної вище справи ЄСПЛ (приклад Хорватії), де особу було спочатку притягнуто до адміністративної відповідальності за порушення правил ПДР, а потім до кримінальної відповідальності, саме у зв'язку зі смертельними наслідками, спричиненим ДТП. Отже, законодавство Хорватії зазначає розглядати вчинене суспільно-небезпечне діяння, як два провадження, які тісно пов'язані по суті справи.

Список використаних джерел

1. Кримінальний кодекс України від 05.04.2001 № 2341-III (Чинний). URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2341-14/conv#n1961>
2. Кодекс України про адміністративні правопорушення від 07.12.1984 № 8073-X (Редакція станом на 07.05.2017). URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/80731-10#Text>
3. Верховний суд. ОГЛЯД судової практики Касаційного кримінального суду у складі Верховного суду у кримінальних провадженнях щодо порушення правил безпеки дорожнього руху експлуатації транспорту особами, які керують транспортними засобами. URL: https://supreme.court.gov.ua/userfiles/media/new_folder_for_uploads/supreme/Oglyad_KKS_DTP.pdf

4. Постанова Великої палати Верховного суду від 21 серпня 2019 року у справі № 682/956/17. URL: <https://reyestr.court.gov.ua/Review/84153042>

5. Постанова Об'єднаної палати Касаційного кримінального суду Верховного Суду 04 вересня 2023 року у справі № 702/301/20. URL: <https://lpd.court.gov.ua/legal-position/9864/document/35448>

6. Закон України “Про дорожній рух” від 30.06.1993р. - № 3353-XII(редакція 12.09.2025р URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/3353-12#Text>

7. Постанова Верховного Суду колегії суддів Другої судової палати Касаційного кримінального суду 22 січня 2019 року у справі № 708/40/18. URL: <https://lpd.court.gov.ua/legal-position/2637/document/2741>

8. Справа «Байчич проти Хорватії» (Bajčić v. Croatia). URL: [https://hudoc.echr.coe.int/eng#{%22itemid%22:\[%22001-204820%22\]](https://hudoc.echr.coe.int/eng#{%22itemid%22:[%22001-204820%22])

Матеріалознавство та технічна естетика

УДК 681.518.54

Слупська Ю.С., PhD., доцент кафедри механічної і біомедичної інженерії.

Заморена Н.В., студентка спеціальності 163 біомедична інженерія

(Національний технічний університет «Дніпровська політехніка», м. Дніпро, Україна)

ОЦІНКА ВИТРИВАЛОСТІ ТА СТАТИЧНОЇ МІЦНОСТІ ЗУБНИХ ІМПЛАНТАТІВ З ЦИРКОНІЮ І ТИТАНУ В ЕКСТРЕМАЛЬНИХ УМОВАХ

Зростання клінічного застосування зубних імплантатів з різних клінічних сплавів вимагає об'єктивної оцінки їх здатності витримувати граничні разові та циклічні навантаження в умовах підвищеного механічного ризику, зокрема пікових оклюзійних перевантажень, укусів твердих об'єктів, ударних та позацентрових навантажень. У роботі проведено оцінку статичної міцності зубних імплантатів із цирконію та титану в нестандартних умовах експлуатації. Формули та дані для розрахунків і побудови діаграм було узятно з літературних джерел.

Метою дослідження є оцінка витривалості зубних імплантатів та визначення їх статичної міцності шляхом математичного розрахунку граничного разового навантаження.

За об'єкт дослідження було обрано два матеріали: титановий сплав Ti-6Al-4V ELI, відомий своєю високою міцністю та стійкістю до зношування, та керамічний діоксид цирконію (ZrO_2), який характеризується біологічною інертністю та високою біосумісністю з організмом.

Втомну довговічність матеріалів можна відобразити як емпіричну залежність між рівнем напруження та кількістю циклів до руйнування, на основі якої виводяться криві витривалості. Криві Веллера дозволяють визначити межу витривалості матеріалу та оцінити його здатність працювати в умовах тривалого циклічного навантаження без втрати цілісності. В таблиці 1 наведено значення напруження для побудови кривих витривалості титану та цирконію, в саме: N – кількість циклів до руйнування, та σ – напруження, яке витримує матеріал.

Таблиця 1

Значення напружень цирконію та титану для побудови кривих витривалості Валлера

N - число циклів	1000 ≈8-9 год	10 000 ≈3-4 дні	100 000 ≈1,2 місяці	1 000 000 ≈1 рік	10 000 000 ≈10 років
σ для цирконію МПа	800	700	600	500	350
σ для титану МПа	850	750	650	600	550

Аналіз отриманих залежностей обох сплавів засвідчив, що зі збільшенням кількості циклів навантаження допустимий рівень напруження для обох матеріалів поступово зменшується, що відповідає типовій втомній поведінці обраних металів. Крива Веллера титанового сплаву розташована вище по всьому діапазону циклів, що свідчить про його здатність витримувати більші напруження при однаковій довговічності. Особливо помітна різниця в області високих значень N (10^6 – 10^7 циклів), де напруження для титану знижується менш інтенсивно, ніж для цирконію, що вказує на вищу межу витривалості та кращу стабільність при тривалому циклічному навантаженні. Результати наведено на рисунку 1.

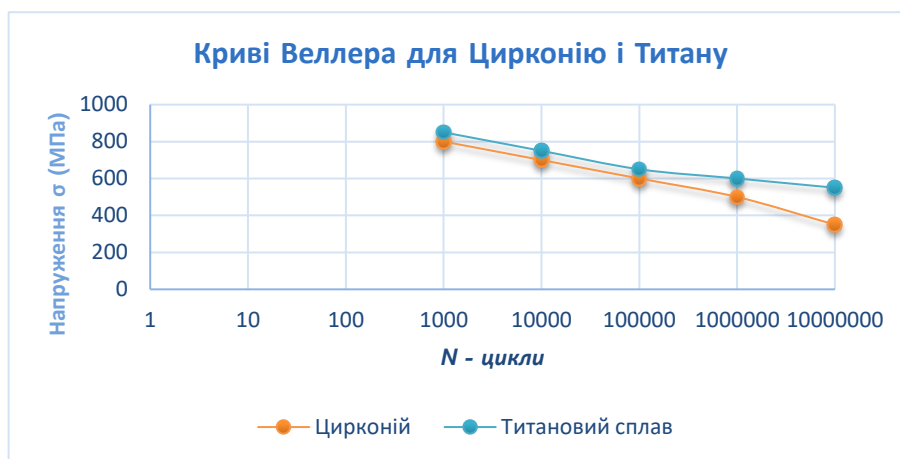


Рисунок 1 – Криві витривалості Веллера для титанових та цирконієвих сплавів при стандартному циклічному навантаженні

Отримані результати стали підґрунтям для подальшого розрахунку граничного разового навантаження з метою комплексної оцінки поведінки імплантатів у режимах як циклічного, так і статичного перевантаження.

Наступним етапом оцінки надійності експлуатації обраних матеріалів є розрахунок статичної міцності зубних імплантатів при максимальному одноразовому навантаженні.

Метою розрахунку є визначення граничного одноразового навантаження, яке здатні витримати імплантати з цирконію та титанових сплавів без руйнування. Розгляд таких навантажень необхідний для оцінки статичної міцності у рідкісних екстремальних випадках (удар, укусу твердого об'єкта, одностороннє перевантаження, різке травмування щелепи) та забезпечує прогнозування безпечної експлуатації матеріалів у наведених як приклад умовах.

Для розрахунку прийнято максимальне зусилля при замиканні щелепи $F_{max} = 480$ Н та довжину плеча $l = 9,5$ мм. Максимальний згинальний момент визначається за формулою $M_{max} = F \cdot l$, звідки отримано значення 4560 Н·мм, що характеризує інтенсивність згинальної дії на імплантат. Момент інерції круглого перерізу визначається за формулою $I = \pi d^4 / 64$ при діаметрі $d = 7,5$ мм; у результаті обчислення $I = 155,3$ мм⁴. Максимальне згинальне напруження розраховується за формулою $\sigma_{max} = M \cdot (c / I)$ при $c = 3,75$ мм; отримане значення становить приблизно 110,1 МПа. Це напруження є граничним для заданого одноразового навантаження та використовується для оцінки запасу міцності. Коефіцієнт запасу статичної міцності визначається за формулою $n = \sigma_0 / \sigma_{max}$ при границі міцності 880 МПа для цирконію та 970 МПа для титану. Для цирконію коефіцієнт запасу становить близько 8,0, для титанового сплаву – приблизно 8,8.

Аналіз результатів. Проведені розрахунки статичної міцності показали, що при максимальному одноразовому навантаженні ($F = 480$ Н) рівень напружень у зубному імплантаті ($\sigma = 110,1$ МПа) залишається значно нижчим за граничні характеристики досліджуваних матеріалів. Розраховані коефіцієнти запасу міцності ($n = 8,0$ для ZrO_2 та $n = 8,8$ для $Ti-6Al-4V$ ELI) свідчать про високу механічну надійність конструкції навіть за умов можливих екстремальних навантажень.

Отримані результати узгоджуються з механічними властивостями матеріалів. Вищі показники міцності та модуля пружності титанового сплаву забезпечують ефективний опір згинальним напруженням, тоді як цирконієвий матеріал, незважаючи на більш крихкий характер руйнування, характеризується достатньою жорсткістю та високою біосумісністю. Діаметр імплантата, прийнятий у розрахунку, сприяє зниженню концентрації напружень і стабілізації напружено-деформованого стану системи.

Таким чином, навіть за умов пікового одноразового навантаження рівень робочих

напружень не досягає критичних значень, що підтверджує можливість безпечної експлуатації імплантатів із досліджуваних матеріалів. Отримані дані доповнюють результати оцінки їх витривалості при циклічній дії навантажень.

Висновки.

1. Проведені розрахунки статичної міцності показали, що при максимальному одноразовому навантаженні рівень напружень у зубних імплантатах є значно нижчим за границю міцності титанового сплаву Ti-6Al-4V ELI та керамічного діоксиду цирконію (ZrO₂). Ці сплави мають значний запас статичної міцності при максимальному одноразовому навантаженні.
2. Рівень робочих напружень у досліджуваних умовах залишається суттєво нижчим за границю міцності імплантатів. Отримані значення коефіцієнтів запасу міцності свідчать про високу механічну надійність досліджуваних матеріалів та їх здатність витримувати короточасні екстремальні навантаження без руйнування конструкції.
3. Порівняльний аналіз механічних характеристик продемонстрував, що титановий сплав характеризується більшою пластичністю та втомною стійкістю, тоді як цирконій має високу жорсткість, корозійну стійкість і біосумісність, що забезпечує його ефективне використання у стоматологічній імплантології. Механічні властивості титану та цирконію забезпечують їхню надійність в довготривалій експлуатації.
4. Таким чином, результати дослідження підтверджують, що імплантати з Ti-6Al-4V ELI та ZrO₂ мають достатній запас міцності для функціонування навіть у несприятливих умовах навантаження. Отримані результати підтверджують доцільність використання цих матеріалів у клінічних умовах та узгоджуються з оцінкою їх втомної витривалості.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. A Critical Review of Dental Implant Materials with an Emphasis on Titanium versus Zirconia // Materials. 2015. Vol. 8, № 3. P. 932–958. DOI: https://www.mdpi.com/1996-1944/8/3/932?utm_source.com
2. Трощенко В. Т. Деформування та руйнування металів при малоциклового навантаженні. Київ : Наукова думка, 1981. 343 с.
3. Peter C., Shah K., Simon L. Et al. Comprehensive Evaluation of Titanium, Zirconia, and Ceramic Dental Implant Materials: A Comparative Analysis of Mechanical and Esthetic Properties // Cureus. 2024. Vol. 16. DOI: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/38894756/>
4. Roark R. J., Young W. C. Roark's Formulas for Stress and Strain. 6th ed. New York : McGraw-Hill, 1989. 763 с.
5. Писаренко Г. С., Квітка О. Л., Уманський Е. С. Опір матеріалів : підручник / за ред. Г. С. Писаренка. Київ : Вища школа, 1993. 655 с.

УДК: 616.314-089.23-089.87

Слупська Ю.С., PhD., доцент кафедри механічної і біомедичної інженерії.
(Національний технічний університет "Дніпровська політехніка", м. Дніпро, Україна)

АНАЛІТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ НАВАНТАЖЕНОГО СТАНУ ЕНДОДОНТИЧНОГО ІНСТРУМЕНТА Н-ФАЙЛ У КОРЕНЕВОМУ КАНАЛІ

Механічна обробка кореневого каналу супроводжується складним напруженим станом ендодонтичного інструмента. Інструмент типу Н-файл характеризується агресивною ріжучою геометрією, що забезпечує ефективне видалення дентину, проте сприяє концентрації напружень у матеріалі.

Зі збільшенням глибини проникнення інструмента в канал зростає довжина контактної поверхні, сила тертя та сумарне осьове навантаження. Максимальні навантаження виникають в апікальній частині, що підвищує ризик механічного руйнування [1].

Кількісне аналітичне моделювання дозволяє оцінити характер зміни сил і напружень та визначити потенційно небезпечні ділянки роботи інструмента.

Мета роботи - розробити аналітичну модель зміни осьового навантаження Н-файлу залежно від глибини проникнення у кореневий канал та оцінити еквівалентний напружений стан інструмента з урахуванням комбінованої дії осьової сили і крутного моменту.

1. Аналітична залежність осьового навантаження

Перед побудовою аналітичної залежності прийнято такі припущення:

1. Робоча частина Н-файлу моделюється як суцільний круглий стрижень змінного контакту.
2. Матеріал інструмента є ізотропним і працює в межах пружної деформації.
3. Контакт із дентином розглядається як розподілене тертя вздовж довжини занурення.
4. Площа контакту пропорційна глибині проникнення.
5. Питомий опір різанню в апікальній частині зростає через зменшення діаметра каналу.

Прийmemo, що приріст осьового навантаження пропорційний довжині контакту та локальному питомому опору, що дозволяє записати:

$$\frac{dF}{dx} = k_1 + k_2 x \quad (1)$$

де, k_1 - коефіцієнт базового контактного опору,

k_2 - коефіцієнт зростання контактної взаємодії в апікальній зоні.

Після інтегрування отримано рівняння:

$$F(x) = F_0 + kx + \alpha x^2 \quad (2)$$

де, $F_0 = 0.6$ Н- початкова сила;

$k = 0.06$ Н/мм - лінійний коефіцієнт приросту;

α - коефіцієнт нелінійного зростання навантаження ($\alpha = 0,0025$ Н/мм² - коефіцієнт нелінійного зростання навантаження);

x - глибина проникнення (0–20 мм).

Отримана залежність є аналітичною апроксимацією реального процесу та може бути уточнена на основі експериментальних даних.

Нелінійний доданок враховує посилення контакту в апікальній частині каналу [2].

Залежність (2) графічно представлена на рис. 1.

На рисунку зображено дві криві: лінійну модель $F = F_0 + kx$ та уточнену модель з квадратичним доданком.

Як видно з рис. 1, у початковій ділянці каналу обидві моделі практично збігаються. У зоні глибше 15 мм спостерігається прискорене зростання сили за рахунок квадратичного члена. Це підтверджує підвищене механічне навантаження в апікальній частині.

2. Розрахунок напружень

Нормальне осьове напруження визначено:

$$\sigma(x) = \frac{F(x)}{A} \quad (3)$$

де площа поперечного перерізу

$$A = \frac{\pi d^2}{4} \quad (4)$$

Для виконання кількісної оцінки напруженого стану необхідно задати геометричні та механічні параметри інструмента. Вихідні дані для розрахунку наведені в табл. 1.

Таблиця 1 – Вихідні параметри розрахункової моделі

Параметр	Значення
Діаметр робочої частини, d	0,30 мм
Діапазон глибини проникнення, x	0–20 мм
Крутний момент, M	0,3 Н·мм
Границя текучості матеріалу (NiTi), σ_y	900 МПа
Модуль пружності, E	35 ГПа

Розрахунки виконано для типового інструмента розміру ISO 30 із робочою довжиною 25 мм.

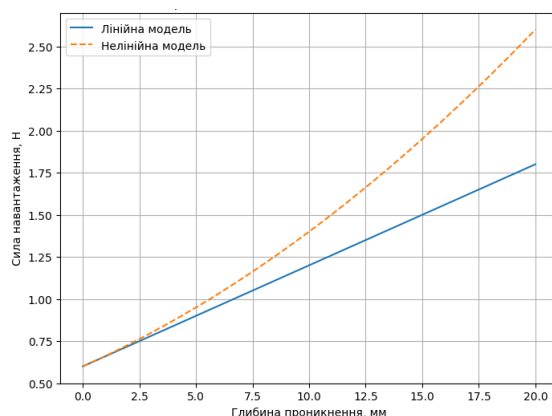


Рис. 1 – Порівняння лінійної та уточненої нелінійної моделей зміни осьового навантаження

Для діаметра робочої частини $d = 0.30$ мм отримано $A = 7.07 \cdot 10^{-8} \text{ м}^2$.

Оскільки H-файл працює також на кручення, враховано дотичне напруження:

$$\tau = \frac{Tr}{J} \quad (5)$$

де T - крутний момент;
 $J = \frac{\pi d^4}{32}$ - полярний момент інерції.
 Еквівалентне напруження за критерієм Мізеса:

$$\sigma_{\text{екв}} = \sqrt{\sigma^2 + 3\tau^2} \quad (6)$$

Розрахунок проведено для найбільш навантажених точок на зовнішній поверхні інструмента ($r = d/2$), де дотичні напруження від крутного моменту сягають максимуму. Графік зміни еквівалентного напруження наведено на рис. 2.

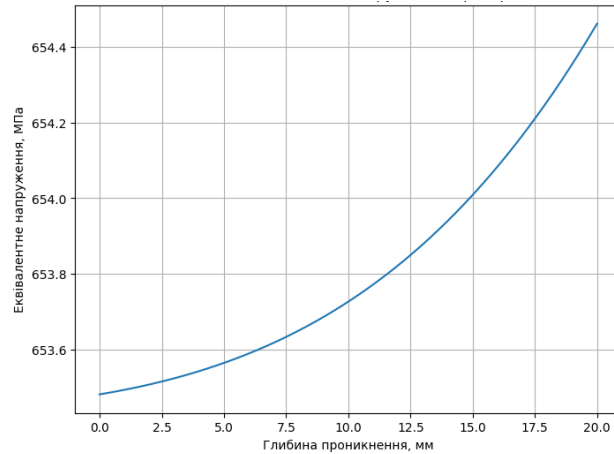


Рис. 2 – Залежність еквівалентного напруження від глибини проникнення

На рисунку подано графік зміни еквівалентного напруження за критерієм Мізеса. Згідно з рис. 2, еквівалентне напруження зростає зі збільшенням глибини проникнення та досягає максимального значення в апікальній зоні. Врахування крутного моменту призводить до істотного підвищення розрахункового рівня напружень порівняно з чисто осьовою схемою.

3. Оцінка запасу міцності

Коефіцієнт запасу міцності визначено як

$$n(x) = \frac{\sigma_y}{\sigma_{\text{екв}}(x)} \quad (7)$$

де σ_y - границя текучості матеріалу інструмента.

Графічна залежність $n(x)$ представлена на рис. 3.

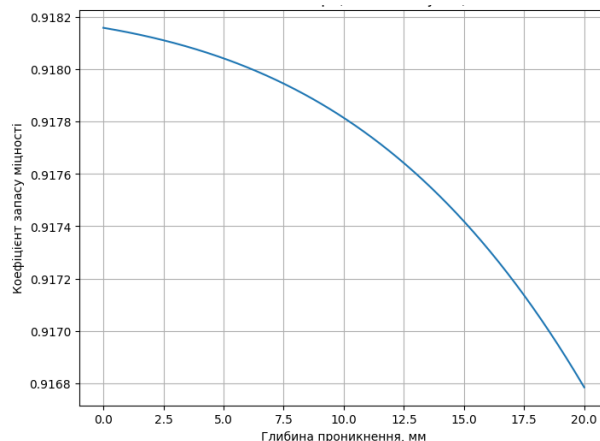


Рис. 3 – Зміна коефіцієнта запасу міцності залежно від глибини

На рисунку показано спадання коефіцієнта запасу міцності в напрямку до апікальної частини каналу.

Із зростанням глибини проникнення коефіцієнт запасу міцності зменшується. Мінімальні значення відповідають зоні максимального комбінованого навантаження, що підтверджує підвищений ризик механічного перевантаження в апікальній частині.

Аналіз отриманих результатів (рис. 3) показує, що при заданому крутному моменті $M = 0.3 \text{ Н} \cdot \text{мм}$ значення коефіцієнта запасу міцності n становить менше одиниці ($n \approx 0.917 \dots 0.918$). Це вказує на те, що еквівалентні напруження в матеріалі NiTi перевищують границю текучості σ_y . Таким чином, інструмент працює в зоні пластичних деформацій, що суттєво підвищує ризик втомного руйнування або раптового зламу інструмента безпосередньо в каналі [3-4].

Результати дослідження

1. Отримано аналітичну залежність зміни осевого навантаження (1).
2. Побудовано порівняння лінійної та нелінійної моделей (рис. 1).
3. Визначено еквівалентний напружений стан з урахуванням крутіння (рис. 2).
4. Оцінено коефіцієнт запасу міцності по довжині каналу (рис. 3).
5. Встановлено, що апікальна частина є зоною максимального механічного ризику.

Висновки

1. Осьове навантаження Н-файлу зростає пропорційно глибині проникнення з тенденцією до нелінійного збільшення в апікальній зоні.
2. Комбінована дія осевої сили та крутного моменту суттєво підвищує еквівалентні напруження.
3. Коефіцієнт запасу міцності зменшується у напрямку до кінцевої частини каналу.
4. Аналітичне моделювання дозволяє інженерно обґрунтувати необхідність зниження прикладеного зусилля в завершальній фазі обробки.
5. Встановлено, що при поєднанні осевої сили та стандартного крутного моменту коефіцієнт запасу міцності падає нижче критичної межі ($n < 1$). Це обумовлює необхідність суворого контролю навантаження: для запобігання поломки Н-файлу в апікальній третині каналу рекомендовано зменшувати амплітуду вертикальних рухів та уникати надмірного тиску на інструмент у завершальній фазі обробки.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Терапевтична стоматологія: Підручник для студентів стоматологічного факультету вищих медичних навчальних закладів IV рівня акредитації /За ред. Анатолія Ніколішина – Вид.2-ге, виправлене і доповнене. – Вінниця: Нова Книга, 2012. – 680 с.
2. Власенко А.З., Стрелковський К.М. за ред. Фліса П.С. «Зуботехнічне матеріалознавство». - Київ «Здоров'я» 2004. - 332 с.
3. ДСТУ EN ISO 3630-4:2022 Стоматологія. Інструменти для кореневих каналів. Частина 4. Допоміжні інструменти (EN ISO 3630-4:2009, IDT; ISO 3630-4:2009, IDT). ДП «Український науково-дослідний і навчальний центр проблем стандартизації, сертифікації та якості» (ДП «УкрНДНЦ»).
4. Рожко М.М., Неспрядько В.П. Ортопедична стоматологія.– К.: Книга плюс, 2003.– 486с.

УДК 669.017

Ліхацький І.Ф., аспірант спеціальності 136 Металургія**Науковий керівник: Ворон М.М., к.т.н., ст. досл.***(Фізико-технологічний інститут металів та сплавів НАН України, м. Київ, Україна)*

ОБМЕЖЕНІСТЬ ІНТЕГРАЛЬНИХ ТЕРМОДИНАМІЧНИХ КРИТЕРІЇВ ПРИ ПРОГНОЗУВАННІ ФАЗОВОГО СТАНУ AL-ВМІСНИХ БАГАТОКОМПОНЕНТНИХ СПЛАВІВ

Високоентропійні та складноконцентровані сплави (High-Entropy Alloys, HEA; Complex Concentrated Alloys, CCA) сформували практично корисну, але методологічно складну область матеріалознавства: перехід від «одного базового елемента з домішками» до композицій із кількома головними компонентами, що різко ускладнює прогноз фазового стану та мікроструктури. У ранніх підходах до дизайну HEA/CCA широко застосовували інтегральні (усереднені) параметри, що описують систему одним набором чисел: конфігураційна ентропія змішування (ΔS_{mix}), ентальпія змішування (ΔH_{mix}), параметр невідповідності атомних розмірів (δ), концентрація валентних електронів (VEC), а також комбінований критерій (Ω), який характеризує співвідношення ентропійного та ентальпійного внесків у вільну енергію змішування. Ці параметри зручні для швидкого «скринінгу» складів, однак накопичений досвід показав: у багатьох випадках вони переоцінюють схильність до утворення простих твердих розчинів і не здатні надійно відтворити реальні передумови фазоутворення та кінцевий фазовий склад, особливо для литих Al-вмісних багатокомпонентних систем.

Ключове методологічне обмеження інтегральних критеріїв полягає в тому, що вони побудовані на усередненому складі та на рівноважній логіці, тоді як реальне фазоутворення в литих HEA/CCA є локальним і часто кінетично контрольованим процесом. Уже класичні роботи, що запропонували «правила» для відбору складів за $\Delta H_{\text{mix}} - \Delta S_{\text{mix}} - \delta$, фактично базувалися на статистичному узагальненні експериментів і є емпіричними [1]. Подальший розвиток підходів показав, що навіть коли глобальні параметри потрапляють у «сприятливі» інтервали, система може формувати інтерметаліди, розшаровуватися або давати багатозфазну структуру через локальні міжатомні взаємодії та неоднорідність складу [2].

Перша причина обмеженості інтегральних критеріїв – «ефект усереднення»: розрахунок ΔH_{mix} , δ , VEC тощо для номінального або середнього складу не містить інформації про локальні склади фаз, які й визначають тип ґратки, схильність до упорядкування та хімічної сегрегації. У багатокомпонентних сплавах навіть помірна мікросегрегація здатна змінити локальний VEC та локальні ентальпійні переваги настільки, що частина об'єму матеріалу стабілізує одну фазу, а інша – іншу. Це особливо важливо для Al-вмісних систем, де алюміній часто діє як «структурний перемикач», зміщуючи баланс між ГЦК та ОЦК/B2-типами ґраток і підсилюючи хімічну неоднорідність.

Друга причина – ігнорування короткодіапазонного порядку (short-range order, SRO) та схильності до впорядкування. Інтегральні параметри трактують сплав як ідеальний випадковий твердий розчин, однак у реальних концентрованих багатокомпонентних системах ентальпійні внески можуть стимулювати утворення локально впорядкованих кластерів, що знижують ефективну конфігураційну ентропію і відкривають шлях до появи впорядкованих фаз (наприклад, B2 у Al-вмісних сплавах, особливо з високою концентрацією алюмінію). У такій ситуації «висока ΔS_{mix} » перестає бути гарантією стабільності простої ґратки: система може мінімізувати енергію через локальний порядок або утворення інтерметалідів, навіть якщо δ та ΔH_{mix} в «дозволенних» межах [2].

Третя причина – відсутність кінетики кристалізації в більшості параметричних моделей. Для литих НЕА/ССА критичною є конкуренція швидкості тверднення, дифузійної рухливості компонентів, дендритної кристалізації та ліквідації. Навіть якщо рівноважний стан теоретично допускає один твердий розчин, швидко або неоднорідне тверднення фіксує хімічні градієнти, які потім «розкриваються» як фазове розділення при охолодженні чи подальшій термообробці. Відомий клас робіт, присвячених помилковим прогнозам однофазних твердих розчинів, показав, що некоректність часто виникає через інтерметалідні фази, для яких передумови більшості існуючих інтегральних моделей не виконуються; відповідно, «правила» можуть систематично промахуватися саме в тих випадках, які технологічно найважливіші [3].

Четверта причина – принципова нелінійність багатокомпонентних взаємодій. Часто ΔH_{mix} для багатокомпонентної системи обчислюють як суму/зважену комбінацію бінарних ентальпій. Така схема зручна, але вона не гарантує відтворення реальної термодинаміки, оскільки в концентрованих системах багаточастинкові взаємодії, зміни електронної структури, магнітні внески та короткодіапазонний порядок можуть суттєво модифікувати енергетичний стан системи. Саме тому в більш фундаментальних підходах критерії однофазності для НЕА/ССА формулюють із урахуванням стабільності відносно конкурентних фаз і реальних енергій змішування, а не лише «геометрично-ентропійних» дескрипторів; зокрема запропоновано більш строгі критерії для прогнозу однофазних НЕА на основі фізичних міркувань та перевірки на широких наборах даних [4].

Окремо слід підкреслити специфіку Al-вмісних багатокомпонентних сплавів. Алюміній поєднує два ефекти: (1) він істотно змінює електронну концентрацію (а значить – тенденцію до ГЦК/ОЦК/B2), (2) часто має сильні ентальпійні взаємодії з перехідними металами, що підсилює як упорядкування, так і ймовірність фазового розділення. Для ССА на основі алюмінію характерна ситуація, коли інтегральні критерії «дозволяють» твердий розчин, але реальна структура формується як комбінація твердого розчину з інтерметалідами та/або фазами, стабілізованими локальним складом і кінетикою тверднення. Практика дизайну ССА на основі алюмінію демонструє, що для інженерно релевантних литих сплавів автори змушені поєднувати параметричний підхід із CALPHAD та експериментальною перевіркою фазоутворення, оскільки одних лише інтегральних критеріїв недостатньо для прогнозу фазового складу [5]. Аналогічно, у ширшому огляді композиційного дизайну та термообробки таких ССА акцентується необхідність зв'язати склад, технологію та фазові перетворення через модельні й експериментальні інструменти (CALPHAD, термообробка, аналіз мікроструктури), що фактично є визнанням обмеженості «простих числових критеріїв» як самодостатнього джерела прогнозу структури [6].

Отже, інтегральні термодинамічні критерії доцільно розглядати як інструмент первинного відбору композицій, але не як метод достовірного прогнозування фазового стану литих Al-вмісних багатокомпонентних сплавів. Методологічно коректна стратегія має бути багаторівневою: (1) параметричний відбір (ΔH_{mix} , δ , VEC, Ω) як швидкий фільтр, (2) термодинамічне моделювання рівноваги та метастабільності (CALPHAD) з оцінкою конкурентних фаз, (3) урахування локального порядку/упорядкування (за потреби – DFT або інші підходи), (4) обов'язкова експериментальна валідація з аналізом локального складу фаз. Такий підхід узгоджується з сучасним розумінням НЕА/ССА, де «більше ніж ентропія» визначає фазоутворення, а результуюча мікроструктура є продуктом спільної дії термодинаміки та кінетики.

Список використаних джерел:

1. Guo S., Liu C. T. Phase stability in high entropy alloys: Formation of solid-solution phase or amorphous phase // Progress in Natural Science: Materials International. 2011. Vol. 21, No. 6. P. 433–446. DOI: [https://doi.org/10.1016/S1002-0071\(12\)60080-X](https://doi.org/10.1016/S1002-0071(12)60080-X)

2. Guo S., Hu Q., Ng C., Liu C. T. More than entropy in high-entropy alloys: Forming solid solutions or amorphous phase // *Intermetallics*. 2013. Vol. 41. P. 96–103. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.intermet.2013.05.002>.
3. Tsai M.-H., Li J.-H., Fan A.-C., Tsai P.-H. Incorrect predictions of simple solid solution high entropy alloys: Cause and possible solution // *Scripta Materialia*. 2017. Vol. 127. P. 6–9. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.scriptamat.2016.08.024>.
4. Troparevsky M. C., Morris J. R., Kent P. R. C., Lupini A. R., Stocks G. M. Criteria for predicting the formation of single-phase high-entropy alloys // *Physical Review X*. 2015. Vol. 5, No. 1. Article 011041. DOI: <https://doi.org/10.1103/PhysRevX.5.011041>.
5. Chaskis S., Stachouli E., Gavalas E., Bouzouni M., Papaefthymiou S. Microstructure, phase formation and heat-treating of novel cast Al–Mg–Zn–Cu–Si lightweight complex concentrated aluminum based alloy // *Materials*. 2022. Vol. 15, No. 9. Article 3169. DOI: <https://doi.org/10.3390/ma15093169>.
6. Chaskis S., Tiktopoulos C., Gavalas E., Bouzouni M., Tsiolis F., Papaefthymiou S. Compositional design, microstructure, and thermal processing of aluminum-based complex concentrated alloys // *Crystals*. 2025. Vol. 15, No. 1. Article 88. DOI: <https://doi.org/10.3390/cryst15010088>.

УДК 681.518.54

Слупська Ю.С., PhD., доцент кафедри механічної і біомедичної інженерії.

Монахова К.В., студентка спеціальності 163 Біомедична інженерія

(Національний технічний університет «Дніпровська політехніка», м. Дніпро, Україна)

АНАЛІЗ ПРОЦЕСІВ РУЙНУВАННЯ ТИТАНОВИХ ІМПЛАНТАТІВ НА ОСНОВІ МІКРОСТРУКТУРНОГО АНАЛІЗУ

Руйнування імплантатів під циклічним навантаженням - це багатоетапний процес. Навіть у межах пружності багаторазове навантаження накопичує мікропластичні деформації. Це призводить до появи мікротріщин, які згодом зливаються у макротріщини та спричиняють повне руйнування виробу.

Структура матеріалу визначає характер руйнування. Завдяки високій пластичності титан поглинає частину енергії через деформацію. Розрахунки дозволяють не лише оцінити запас міцності імплантатів, а й змодельовати механізм їхнього пошкодження [1].

Геометрія моделі імплантату (циліндрична форма).

Діаметр: $d=7,5$ мм.

Довжина (плече згину): $l=9,5$ мм.

Сила, яка імітує жувальний тиск: $F=160$ Н (робоче навантаження)

Таблиця 1 - Границя витривалості та границя міцності Ti-6Al-4V

Параметр	
Границя витривалості (σ_{-1})	530 МПа
Границя міцності (σ_0)	970 МПа
Модуль пружності	112 ГПа

Втомна міцність при симетричному циклі навантаження. Розрахунок згинального напруження.

Максимальний згинальний момент:

$$M_{max}=F \cdot l=160 \cdot 9,5=1520 \text{ Н} \cdot \text{мм} \quad (1)$$

Момент опору перерізу: $I=\pi d^4/64=\pi \cdot 7,5^4/64 \approx 155,32 \text{ мм}^4$

Формула згинального напруження:

$$\sigma = M_{max} \cdot c / I, \quad c = d/2 = 3,75 \text{ мм} \quad (2)$$

Коефіцієнт запасу за втомою:

$$n=\sigma_{-1} / \sigma_{max} \quad (3)$$

Для титанового сплаву:

$$n = 530/36,7 \approx 14,44 \quad (4)$$

На відміну від цирконію, сплав Ti-6Al-4V поєднує високу пластичність із витривалістю до циклічних навантажень, хоча залишається вразливим до втоми в зонах концентрації напружень.

Як видно з рис. 1, мікроструктура сплаву складається з α -фази (світлі ділянки) та β -фази (темні включення). Така двофазна структура після термомеханічної обробки

забезпечує оптимальний баланс міцності та опір згинанню, що підтверджується високим коефіцієнтом запасу ($n = 14,44$) і даними моделювання.

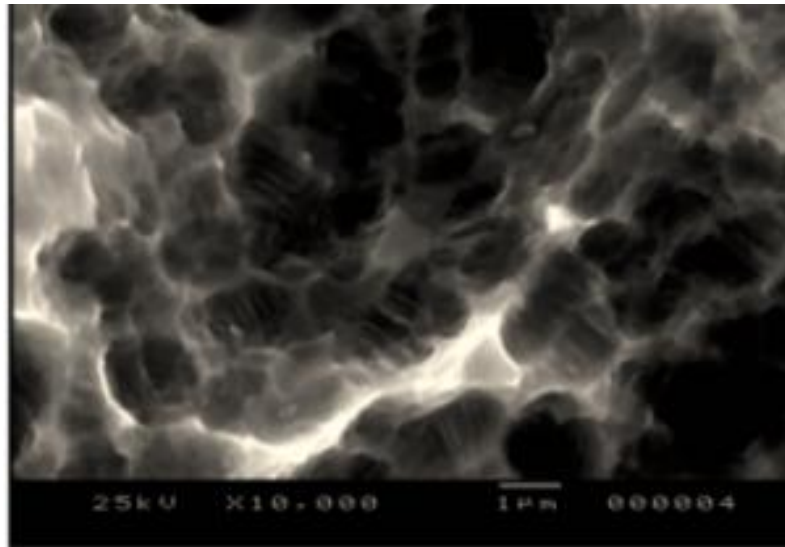


Рисунок 1 – Внутрішня мікроструктура титанового імплантату
(https://www.researchgate.net/publication/318092488_Scanning_Electron_Microscope_Analysis_of_Titanium_Alloy_Orthodontic_Implants)

На рис. 2 зафіксовано локальні деформації α -фази, що свідчать про накопичення пластичності. Такі зміни характерні для несиметричного циклу з високим середнім напруженням та амплітудою. Формування мікродислокацій у структурі створює осередки для подальшого зародження мікротріщин [2-3].

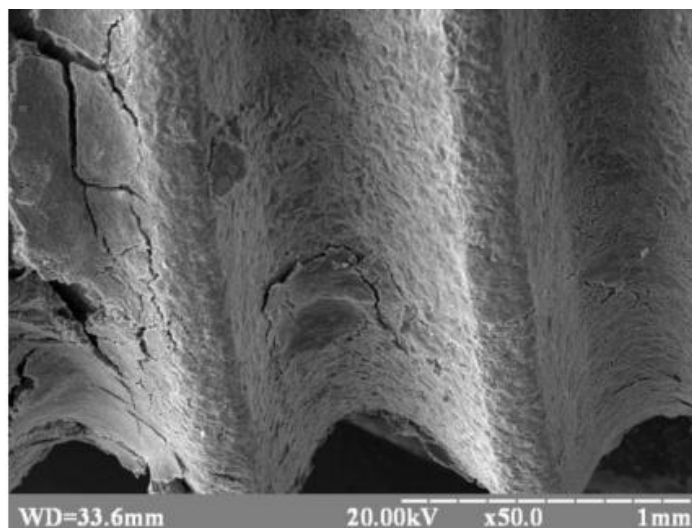


Рисунок 2 – Зміна структури після навантаження

На рис. 3 представлена фрактографічна картина втомного зламу титану. Радіальні «ступені» на поверхні підтверджують циклічне поширення тріщини під дією навантажувальних імпульсів. Такий характер руйнування узгоджується з розрахунками: матеріал витримує пікові напруження, проте руйнується внаслідок втомних процесів.

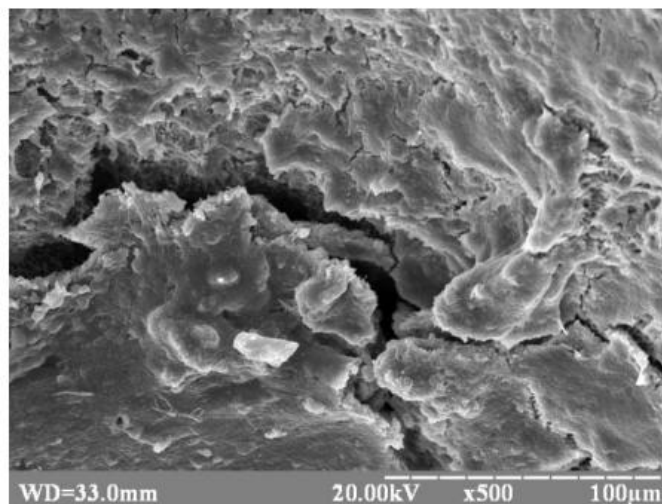


Рисунок 3 – Поверхня втомного зламу

Висновок. Результати мікроструктурного аналізу підтверджують, що попри високу циклічну тривкість, у титанових сплавах відбувається накопичення дислокаційних дефектів. Цей процес ініціює зародження мікротріщин, особливо в зонах концентрації напружень: на ділянках зміни перерізу, у різбових з'єднаннях та в зоні інтерфейсу «імплантат-кістка». Отримані дані корелюють із результатами теоретичних розрахунків, верифікуючи запропоновану модель руйнування.

Завдяки поєднанню високої пластичності та опору втомлюваності, титан зберігає структурну стабільність навіть при значних амплітудах навантаження. Проведене моделювання свідчить про гомогенний розподіл напружень у матеріалі, що суттєво мінімізує ризики раптового механічного руйнування конструкції.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Макеев В.Ф., Ступницький Р.М. Теоретичні основи ортопедичної стоматології (навчальний посібник). – Львів: ЛНМУ імені Данила Галицького, 2010, - 394 с.
2. Власенко А.З., Стрелковський К.М. за ред. Фліса П.С. «Зуботехнічне матеріалознавство». - Київ «Здоров'я» 2004. - 332 с.
3. Перехрестов В. І. Практичні методи електронної мікроскопії: навч. посібник. Суми: Сумський державний університет, 2014. – 241с.

УДК 622.673:539.4+624.21

Колосов Д.Л., д.т.н., зав. каф. механічної та біомедичної інженерії
 Онищенко С.В., к.т.н., доц. каф. механічної та біомедичної інженерії
 (Національний технічний університет «Дніпровська політехніка», м. Дніпро, Україна)

ВСТАНОВЛЕННЯ ВПЛИВУ ПАРАМЕТРІВ СТРУКТУРНО-ВАНТОВИХ ШАРУВАТИХ КОМПОЗИТНИХ ТЯГОВИХ ОРГАНІВ НА ЇХНІЙ НАПРУЖЕНО-ДЕФОРМОВАНІЙ СТАН МЕТОДАМИ ЧИСЕЛЬНОГО МОДЕЛЮВАННЯ

Вступ. Структурно-вантові композитні конструкції можуть використовуватися як тягові та транспортувальні елементи в шахтних підйомних установках, конвеєрах або як вантові канати у капітальних спорудах. Умови експлуатації та конструкція таких композитних конструкцій можуть відрізнятися в різних умовах. Однак ця композитна структура має свої унікальні переваги в промисловому застосуванні.

У статті [1] досліджено напружено-деформований стан (НДС) тягового елемента з розривами тросів армування композитних вант. У роботі [2] враховується нелінійність деформації матеріалу оболонки в зоні розриву троса. У цих статтях питання залежності НДС пружної оболонки в композитній ванті від її конструкції не досліджувалося.

Основний зміст роботи. Осьове навантаження на трос сприймається гвинтовими стренгами. Сила розтягу гвинтових стренг нахилена до осі каната, відповідно до осі дії його сили розтягу, що показано на рис. 1 для однієї стренги. Скручування троса в процесі навантаження каната призводить до обертання поверхні взаємодії між тросами та пружною оболонкою, що показано на рис. 2 шляхом прикладання до оболонки крутних моментів однакової величини.

На рис. 2 видно, що кожна частина оболонки, яка має пару отворів для тросів у нескінченно широкому канаті, утворює повторюваний елемент (рис. 3), розглянемо його. На рис. 4 показано розподіл нормальних напружень σ_x у ньому.

Врахуємо, що переміщення, пов'язані з обертанням поверхонь взаємодії пружного матеріалу оболонки, призводять до асиметричних переміщень його частинок. Під час таких переміщень матеріал у площині симетрії зразка не рухається в напрямку осі x . Розглянемо тільки зразок матеріалу в частині, яка взаємодіє лише з тросом поблизу точки 0 координатної осі. Залишимо задані переміщення для всіх поверхонь, окрім поверхні, яка належала площині симетрії. Результат розв'язку показано на рис. 5.

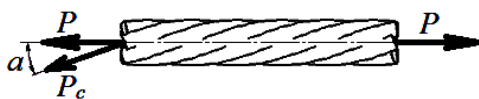


Рис. 1. Схема навантаження каната та сили розтягу каната, де P – сила навантаження, P_c – сила навантаження на стренгу, a – кут скручування стренги

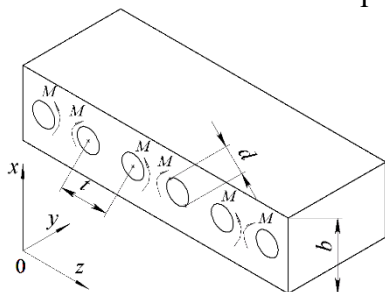


Рис. 2. Схема крутних моментів на поверхнях взаємодії пружної оболонки з тросами армування композитного тягового органа, де x , y та z – осі координат, d – діаметр троса, b – товщина стрічки, t – крок укладання тросів, M – крутний момент

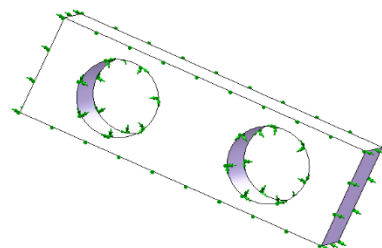


Рис. 3. Модель регулярно повторюваного елемента пружної оболонки композитного тягового елемента

Конструктивно, композитні тягові органи відрізняються типами, діаметрами тросів армування та геометричними параметрами пружної оболонки. За допомогою інструментів САПР визначено закономірність переміщень вздовж торця зразка $x = 0$ та $x = t$ у напрямку осі y . Результати показано на рис. 6.

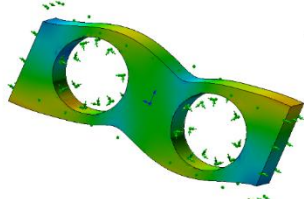


Рис. 4. Розподіл нормальних напружень σ_x у регулярно повторюваному елементі пружної оболонки

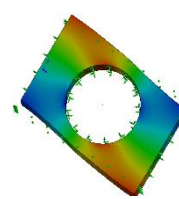


Рис. 5. Модель половини регулярно повторюваного елемента пружної оболонки

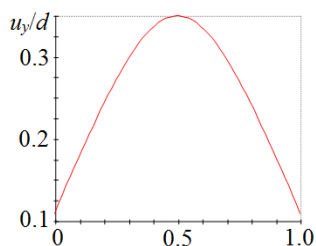


Рис. 6. Переміщення у зразку вздовж поверхонь $x = 0$ та $x = t$ у напрямку осі y

Збільшення розміру пружної оболонки призводить до збільшення ваги каната та зменшення його довговічної довжини. Використання композитних тягових органів з пружними оболонками збільшеної маси як головних канатів підйомних машин не є доцільним, окрім випадків використання в якості балансувальних канатів.

Розглянемо залежність моменту, що створюється розподіленими напруженнями, для випадку малої товщини пружної оболонки каната. Визначимо момент, вважаючи, що напруження рівномірно розподілене по одиниці ширини зразка. У випадках, коли товщина оболонки каната $b = 1.2d$, та крок укладання тросів $t > 1.7d$, врівноважуючий момент обертання троса одиничної довжини визначається наступною залежністю

$$M_b = 0.172 \cdot t^2.$$

Жорсткість на зміщення при обертанні троса

$$G_b = \frac{M_b}{0.1 \cdot \pi}.$$

Оскільки врівноважуючий момент дорівнює моменту, який призводить до повороту троса одиничної довжини на кут $0,1\pi$, то робота (енергія) деформації є добутком

$$E = 0.1 \cdot \pi \cdot M_b.$$

Висновки. Залежно від конструкції композитного тягового органа, його сили навантаження та властивості еластомера, частина енергії деформації оболонки втрачається. Зменшити негативну додаткову втрату енергії можна використовуючи еластичні матеріали оболонки з малими значеннями гістерезису.

Перелік посилань:

1. Belmas, I., Bilous, O., Tantsura, H., Sai, O., Gupalo, J. (2022). Impact of rope breakage on the stress state of a rubber-cable rope. *Computer science and computer engineering*. (48). 42–52. DOI: 10.36910/6775-2524-0560-2022-48-07
2. Belmas, I., Kolosov, D., Onyshchenko, S., Bilous, O., Tantsura, H. (2023). Influence of Nonlinear Shear Modulus Change of Elastomeric Shell of a Composite Tractive Element with a Damaged Structure on its Stress State. *Inżynieria Mineralna*, 1(1(51)). 147–154. DOI: 10.29227/IM-2023-01-18

УДК 616.314-089; 620.193

Слупська Ю.С., PhD., доцент кафедри механічної і біомедичної інженерії.
Романець М.Р., студентка спеціальності 132 Матеріалознавство
(Національний технічний університет "Дніпровська політехніка", м. Дніпро, Україна)

РОЗРАХУНКОВО-ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНА ОЦІНКА ВТРАТИ МАСИ ЕНДОДОНТИЧНИХ ІНСТРУМЕНТІВ У МОДЕЛЬНИХ СЕРЕДОВИЩАХ

Сучасна стоматологія потребує використання високотехнологічних металевих інструментів, здатних ефективно функціонувати в умовах вологого та хімічно агресивного біологічного середовища. Популярні ендодонтичні файли з нержавіючої сталі під час лікування постійно контактують зі слиною, кров'ю та іригаційними розчинами. Це неминуче викликає корозію, яка послаблює інструмент і значно підвищує ризик його раптової поломки всередині зуба. Саме тому дослідження корозійної стійкості є критично важливим для забезпечення безпечного лікування [1].

Важливим критерієм оцінки стійкості металу до такого руйнування є втрата його маси - показник, що точно відображає інтенсивність корозії. Цей метод є стандартним у багатьох галузях, включаючи медицину. Вимірювання втраченої маси та аналіз дефектів допомагають прогнозувати термін служби інструмента і встановлювати безпечні межі його використання. Тому цей аналіз є обов'язковим етапом при розробці та застосуванні ендодонтичного обладнання [2].

Дослідження проводили на трьох інструментах: K-FILE зі сталі 20X18H9T, Н-файл зі сталі 08X18H10T та PATHFINDER CS зі сталі 10X17H13M2T.

Для імітації умов ротової порожнини в експерименті було використано три модельні середовища з різним рівнем агресивності: дистильована вода - як нейтральне контрольне середовище; 0,1 % розчин NaCl - для імітації руйнівної дії хлорид-іонів; 0,1 % розчин молочної кислоти - для відтворення впливу кислотного середовища.

Базовим параметром для оцінки корозійної стійкості стала експериментально зафіксована втрата маси інструментів після 168 годин (7 діб) їхньої витримки у зазначених розчинах. Проте для побудови графічних залежностей і виконання статистичного аналізу були необхідні дані про втрату маси також на інших етапах експозиції - через 1, 3, 5 та 10 діб.

З цією метою проміжні та додаткові значення обчислювали за допомогою формули (1) [3]. Застосування методу лінійної екстраполяції мало на меті виключно демонстрацію ймовірних тенденцій деградації на ранніх етапах короткочасного корозійного впливу. Відповідно, розрахункові показники для періоду у 240 годин є лише теоретичним відображенням початкової кінетики процесу і не призначені для довгострокового прогнозування експлуатаційного ресурсу інструментів.

$$\Delta m_t = \frac{t}{168} \cdot \Delta m_{168} \quad (1)$$

де Δm_t – змодельована втрата маси на момент часу t , год;

Δm_{168} – фактична втрата маси за 168 годин (експериментальне значення);

t – момент часу, для якого здійснюється розрахунок (24, 72, 120, 168, 240 год).

Отримані розрахункові дані (таблиця 1, рисунок 1) ілюструють, що підвищення агресивності розчину та збільшення часу експозиції закономірно прискорюють руйнування металу, що цілком відповідає електрохімічним законам корозії. Однак суттєва розбіжність в інтенсивності деградації між зразками зумовлена специфікою їхнього хімічного складу: легуючі домішки (Ni, Mo, Ti) по-різному впливають на

формування та стабільність захисного пасивного шару.

Ці висновки повністю підтверджуються мікроскопічним дослідженням поверхні, зробленим за допомогою растрової електронної мікроскопа. Візуалізація інструментів після експозиції (рисунок 2) зафіксувала комплексний характер деградації у вигляді локальних пітингових заглиблень та мікротріщин, що корелює з гравіметричними та розрахунковими даними.

Таблиця 1

Змодельовані втрати маси при різному часі експозиції

Інструмент	Середовище	Початкова маса, мг	Втрати маси, мг				
			24	72	120	168	240
K-FILE	Дистильована вода	654,0	0,1	0,3	0,5	0,7	1
K-FILE	0.1% NaCl	655,2	0,2286	0,6857	1,143	1,6	2,2857
K-FILE	0.1% молочна кислота	659,0	0,4	1,2	2	2,8	4
Н-файл	Дистильована вода	668,4	0,114	0,343	0,571	0,8	1,143
Н-файл	0.1% NaCl	670,5	0,257	0,771	1,2857	1,8	2,5714
Н-файл	0.1% молочна кислота	672,0	0,443	1,33	2,214	3,1	4,43
PATHFINDER CS	Дистильована вода	642,7	0,057	0,1714	0,2857	0,4	0,5714
PATHFINDER CS	0.1% NaCl	644,0	0,114	0,343	0,5714	0,8	1,143
PATHFINDER CS	0.1% молочна кислота	646,5	0,2286	0,6857	1,143	1,6	2,2857

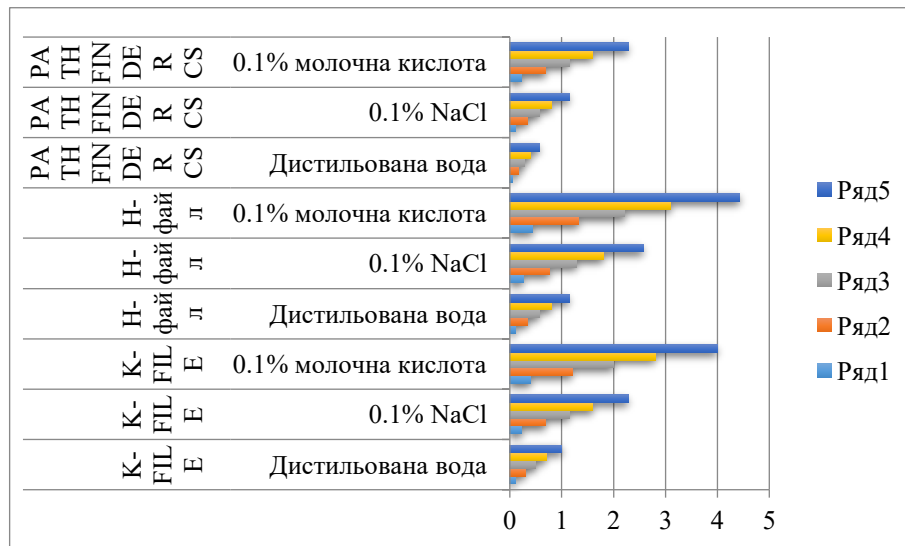


Рисунок 1 – Графік порівняння інтенсивності втрати маси інструментів у Microsoft Excel

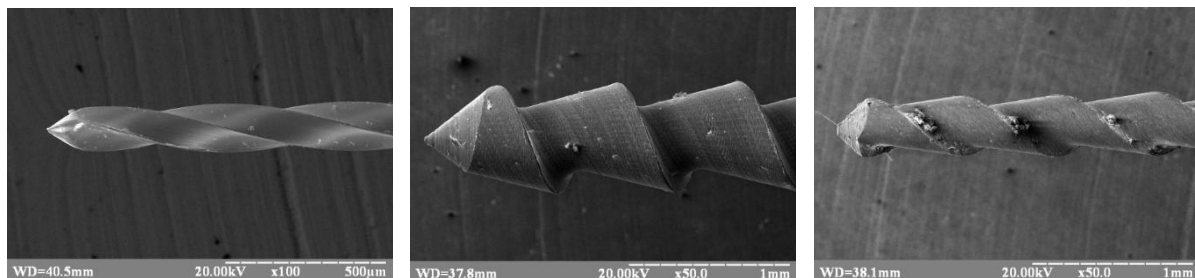


Рисунок 2 – Результати мікроскопічного дослідження інструментів після експлуатації: а - K-FILE; б - Н-файл; в - PATHFINDER CS

Помірну інтенсивність руйнування виявив K-FILE. У хлоридному середовищі на його поверхні зафіксовано зародження точкової корозії, тоді як молочна кислота спровокувала глибшу деградацію - появу тріщин та ушкоджень, подібних до міжзернових (максимальна втрата маси 2,8 мг). Крім того, формування темного (імовірно, оксидного) нальоту узгоджується з теоретичною втратою у 4 мг за 240 годин. Така локальна руйнація пасивної плівки та активація міжкристалітних границь є характерною для аустенітних сталей з недостатньою стабілізацією карбідів у кислому середовищі, що становить загрозу для експлуатаційної надійності файлу.

Найбільшу вразливість до локалізованої корозії показав H-файл. Попри відносну стабільність у дистильованій воді та помірний пітинг у розчині NaCl, його найінтенсивніша деградація відбулася саме в молочній кислоті. Втрата маси у цьому середовищі сягнула 3,1 мг, що яскраво підтверджує схильність цього інструмента до прискореного локального руйнування в умовах кислотного впливу.

Найменший ступінь корозійного ураження продемонстрував PATHFINDER CS. Втрата його маси у воді становила лише 0,4 мг, а в розчині NaCl - 0,8 мг із появою лише поодиноких неглибоких дефектів. Навіть агресивна дія молочної кислоти не порушила загальної структурної цілісності поверхні (втрата маси 1,6 мг) та не викликала утворення глибоких тріщин, що доводить надійну пасивацію цього матеріалу.

Висновки. Кількісна оцінка втрати маси внаслідок корозійного впливу виступає об'єктивним індикатором інтенсивності деградації сплавів. Цей параметр є одним із ключових для визначення експлуатаційної довговічності, функціональної стабільності та безпеки багаторазового застосування інструментарію під час ендодонтичних втручань.

За результатами дослідження, найвищий рівень резистентності до агресивних середовищ продемонструвала марка сталі 10X17H13M2T (PATHFINDER CS). Її виняткова корозійна стійкість доводить доцільність та безперечну перевагу використання саме цього матеріалу для виготовлення стоматологічних файлів.

Ці дані доводять критичну важливість обґрунтованого підбору сплаву для ендодонтичного інструментарію. Отримані дані дозволяють прогнозувати його експлуатаційний ресурс та рекомендувати найбільш надійні і корозійностійкі матеріали для безпечної клінічної практики.

Список використаних джерел

1. Corrosion rates of stainless-steel files in different irrigating solutions [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/12196218/>
2. Exact calculation of corrosion rates by the weight-loss method [Електронний ресурс]. https://www.researchgate.net/publication/360630080_Exact_calculation_of_corrosion_rates_by_the_weight-loss_method
3. Хімічна корозія та захист металів: навч. посібник / за ред. М. В. Кіндрачука. – Харків, 2019. – 256 с.
4. Перехрестов В. І. Практичні методи електронної мікроскопії: навч. посібник. Суми: Сумський державний університет, 2014. – 241с.

УДК 621.791.72

Соколовський М.В., доктор філософії, молодший науковий співробітник відділу №77

Бернацький А.В., к.т.н., с.д., завідувач відділу №77

(Інститут електрозварювання ім. Є.О. Патона НАН України)

ЛАЗЕРНЕ НАПЛАВЛЕННЯ КОНСТРУКТИВНИХ ЕЛЕМЕНТІВ НА ТОНКОСТІННІ ДЕТАЛІ З ВИСОКОЛЕГОВАНИХ КОРОЗІЙНОСТІЙКИХ СТАЛЕЙ

У багатьох галузях промисловості використовуються тонкостінні корпусні деталі, у конструкції яких наявні функціональні елементи, які за своїми характеристиками (геометрією; хімічним складом; механічними характеристиками тощо) значно відрізняються від вказаної деталі та призначені для виконання різного комплексу певних відповідальних завдань (наприклад, бобишки; армуючі пояси; напливи; функціональні площадки і т. інш.). Такі функціональні елементи використовуються у різних деталях ракетобудівної, хімічної, харчової, медичної, оборонної та інших галузей промисловості.

В даний момент ці елементи наносяться за допомогою технологій SMT, STT, аргоно-дугового наплавлення, мікроплазмового наплавлення тощо. Однак, використання цих технологій має значну частку браку через високий шанс появи таких дефектів, як наскрізного проплавлення, (пропалу) тонкостінної деталі, термічних деформацій тощо. Через це вивчення процесів, що відбуваються у зоні обробки, а саме у тонкостінній основі та наплавленому порошку, під час лазерного наплавлення на тонкостінну основу з високолегованої корозійностійкої сталі, для розробки технології виготовлення цих конструктивних елементів потребує вдосконалення технологічних підходів та є одним з актуальних завдань сучасних проблем прикладного матеріалознавства та технологій обробки матеріалів.

Метою даної роботи було встановлення закономірностей впливу параметрів процесу лазерного наплавлення металу на структуроутворення, геометрію та рівень експлуатаційних характеристик одержаних об'ємних елементів, а також відпрацювання комплексу технологічних заходів для контрольованого формоутворення об'ємних елементів на тонкостінних корпусних та функціональних деталях відповідальних конструкцій.

Після попереднього аналізу існуючих літературних джерел, що висвітлюють сучасний стан досліджень щодо лазерного наплавлення на тонкостінну основу було визначено матеріалознавчі проблеми, пов'язані з використанням концентрованих потоків енергії у вигляді лазерного наплавлення під час наплавлення порошку на тонкостінну основу та сформульовано базові проблеми технологічного процесу, котрі повинні бути подолані для забезпечення якісного лазерного наплавлення на тонкостінну основу.

В результаті проведених досліджень, було визначено, що:

1. Для одержання конструктивних елементів виробів із заданою геометрією та властивостями, запобігання утворення дефектів проплаву та прогину при лазерному наплавленні порошку високолегованої аустенітної сталі на тонкостінні деталі з високолегованої корозійностійкої сталі AISI 316L товщиною до 1,5 мм, необхідно забезпечити рівномірний розподіл поглинутої теплової енергії і достатню швидкість її відведення від тонкостінної основи. Доведено, що при лазерному наплавленні з величиною погонної енергії $E_p=45\ldots75$ Дж/мм та густиною потужності $Q = 30\ldots45$ кВт/см², потрібно для більш ефективного тепловідведення використовувати підкладки з термопастою, закріплення деталі в

максимальній кількості точок та застосовувати рівномірний газовий захист наплавленого металу, що остигає, до температур нижче 600 °С;

2. При лазерному наплавленні конструктивних елементів на тонкостінні деталі товщиною до 1,5 мм з використанням порошку AISI 316L та при величині погонної енергії $E_p=45\ldots75$ Дж/мм, найбільш впливовим чинником на геометрію наплавлених шарів є потужність лазерного випромінювання. Перевищення величини потужності лазерного випромінювання вище рівня у 2,75 кВт або зниження швидкості наплавлення до рівня, нижчого за 1 м/хв приводить до стрімкого зростання величини проплавлення тонкостінної основи і підвищує ризик пропалювання тонкостінної основи;
3. При веденні процесу лазерного наплавлення конструктивних елементів з високолегованої корозійностійкої сталі AISI 316L товщиною на тонкостінні деталі до 1,5 мм на рекомендованому рівні технологічних режимів ($E_p=45\ldots75$ Дж/мм, $Q = 30\ldots45$ кВт/см²), зразки можна вважати тривкими проти пітінгової (кількість точок пітінгу не перевищує 1000/м²) та міжкристалітної корозії (кількість корозійних точок, котрі спричиняють руйнування по границях зерен, не перевищує 30/м²).
4. При лазерному наплавленні конструктивних елементів з високолегованої корозійностійкої сталі AISI 316L товщиною на тонкостінні деталі до 1,5 мм при використанні запропонованих технологічних режимів ($E_p=45\ldots75$ Дж/мм, $Q = 30\ldots45$ кВт/см²), після витримки матеріалу в температурах, вищих за 600-800 °С протягом 2 год, спостерігається зниження величин твердості з HV 184-205 при 25-600°C до HV 175-183 при 800°C та HV 166-168 при 1000°C.

Практичним результатом проведеної роботи стали розроблені та відпрацьовані технологічні рекомендації щодо використання комплексу технологічних прийомів лазерного наплавлення, для формоутворення об'ємних елементів на тонкостінних корпусних та функціональних деталях відповідальних конструкцій з високолегованих корозійностійких сталей хімічної, харчової, ракетно-космічної, авіаційної, приладобудівної та інших галузей промисловості. Розроблені технологічні рекомендації пройшли дослідно-промислову апробацію при відпрацюванні технології лазерного наплавлення площадок для штуцерів та бандажних поясів різного розміру.

УДК 621.791.725

Юрченко Ю.В., провідний інженер, аспірант спеціальності 132 Матеріалознавство
Бернацький А.В., к.т.н., старший дослідник, завідувач відділу

(Відділ «Спеціалізована високовольтна техніка та лазерне зварювання», Інститут електрозварювання ім. Є.О. Патона Національної академії наук України, м. Київ, Україна)

ВПЛИВ ПАРАМЕТРІВ ЛАЗЕРНОГО ЗВАРЮВАННЯ НА РОЗМІРИ СТРУКТУРНИХ СКЛАДОВИХ КОРОЗИЙНОСТІЙКОЇ СТАЛІ AISI 304

Зварювання, як один з основних способів з'єднання деталей із корозійностійких сталей, суттєво впливає на їхню мікроструктуру та експлуатаційні властивості [1]. Тому оптимізація параметрів лазерного зварювання є актуальним завданням для отримання якісних зварних з'єднань з необхідною мікроструктурою та механічними властивостями.

Для дослідження мікроструктури було виконано стикові зварні з'єднання зразків зі сталі AISI 304 розміром $300 \times 200 \times 1,5$ мм. Лазерне зварювання виконувалося з однаковою погонною енергією 60 Дж/мм та величиною розфокусування лазерного випромінювання на трьох режимах, де P – потужність лазерного випромінювання, V – швидкість зварювання, ΔF – величина розфокусування лазерного випромінювання: 1) $P=1,5$ кВт; $V=1,5$ м/хв; $\Delta F=0$ мм; 2) $P=2,5$ кВт; $V=2,5$ м/хв; $\Delta F=0$ мм; 3) $P=3,5$ кВт; $V=3,5$ м/хв; $\Delta F=0$ мм (далі Зразок 1, Зразок 2, Зразок 3 відповідно). В якості захисного газу використовувався високочистий аргон з витратою $Q_{\text{корінь}} = 10$ л/хв, $Q_{\text{сопло}} = 25$ л/хв, $Q_{\text{хвіст}} = 20$ л/хв. В результаті лазерного зварювання були отримані стикові зварні з'єднання наведені на рис. 1.

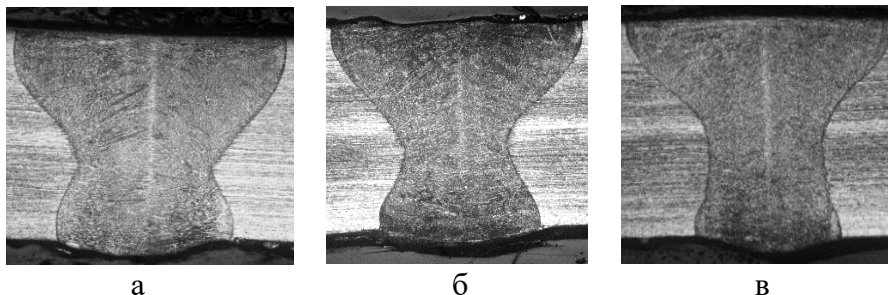


Рисунок 1 – Загальний вигляд стикових зварних з'єднань, $\times 50$: а) Зразок 1; б) Зразок 2, в) Зразок 3

Усі три зразки характеризуються дисперсною литою структурою металу шва з формуванням трьох характерних зон: центральної комірчастої, зони стовбчастих кристалітів та зони округлих зерен біля лінії сплавлення. Водночас між ними спостерігаються суттєві кількісні та морфологічні відмінності.

Зразок 1 має найбільш розвинену центральну смужку комірчастої структури, де розміри комірок досягають 5–18 мкм, а ширина смужки є максимальною серед усіх зразків (до 50 мкм у верхній частині шва). Зона стовбчастих кристалітів виражена чітко, з відносно більшими розмірами кристалітів. Смужка округлих зерен біля лінії сплавлення має середню ширину 25–30 мкм і виявляється локально.

Зразок 2 відрізняється найбільш дрібнодисперсною центральною структурою: розміри комірок зменшуються до 2,5–8 мкм, а стовбчасті кристаліти мають найменшу ширину 2,5–5 мкм. Водночас зона округлих зерен біля лінії сплавлення сягає 30–37 мкм та є найширшою серед усіх зразків, що свідчить про більш інтенсивні процеси перекристалізації в приповерхневій області шва.

Зразок 3 характеризується найменшою шириною центральної комірчастої смужки, яка становить 15–25 мкм з подальшим звуженням та її частковим зникненням у нижній

частині шва, що не спостерігалось у зразках 1 і 2. Розміри комірок займають проміжне положення з розміром 5–10 мкм. Зона округлих зерен є найвужчою (10–25 мкм) і додатково характеризується високим балом зерна №8–10, що вказує на більш дрібнозернисту та однорідну структуру поблизу лінії сплавлення.

У всіх трьох зразках лінія сплавлення чітко окреслена по всій висоті зварного з'єднання та характеризується взаємним затіканням металу шва й основного металу, однак інтенсивність і протяжність цього явища суттєво відрізняються.

Для зразка 1 ($P=1,5$ кВт; $V=1,5$ м/хв) характерне стабільне затікання металу шва в основний метал по всій висоті шва. Максимальна глибина затікання спостерігається в середній, найвужчій частині шва та становить 63–75 мкм, тоді як у верхній частині вона зменшується до 35–38 мкм, а в нижній частині зберігається на рівні до 25 мкм. У зразку 2 ($P=2,5$ кВт; $V=2,5$ м/хв) затікання є найбільш інтенсивним у центральній частині шва, де його глибина досягає 75–83 мкм, що є максимальним значенням серед усіх досліджених зразків. У верхній частині шва затікання зменшується до 34–37,5 мкм, а в нижній частині майже не проявляється і локально становить лише близько 10 мкм. Зразок 3 ($P=3,5$ кВт; $V=3,5$ м/хв) характеризується менш інтенсивним і більш локалізованим затіканням. У середній частині шва його величина становить 62–70 мкм, що є співставним зі зразком 1, проте у верхній частині шва затікання різко зменшується до 10–13 мкм, а в нижній частині повністю відсутнє.

У досліджуваних зразках фазовий склад металу шва є подібним і представлений аустенітною матрицею з наявністю незначної кількості δ -фериту, однак його вміст має чітку тенденцію до зменшення від зразка 1 до зразка 3.

У зразку 1 зафіксовано найвищий вміст δ -фериту на рівні 1,7–1,8%, що свідчить про більш виражені умови кристалізації, сприятливі для його утворення. Для зразка 2 характерний проміжний рівень δ -фериту в межах 1–1,4%, що вказує на часткове зниження феритної складової порівняно зі зразком 1. Зразок 3 відрізняється мінімальним вмістом δ -фериту з часткою лише 0,8–0,9%, що свідчить про переважання аустенітної фази та більш повну аустенітну стабілізацію металу шва. У всіх трьох зразках структура зони термічного впливу (ЗТВ) є подібною та візуально не відрізняється від структури основного металу. Аустенітне зерно має стабільний розмір, що відповідає №8–9 за шкалами ДСТУ 8972:2019, як безпосередньо біля лінії сплавлення, так і на віддаленні від неї, що свідчить про відсутність суттєвого перегріву та росту зерна.

Для зразків 1 і 2 ширина ЗТВ є однаковою та становить 600–900 мкм, тоді як у зразку 3 вона є дещо вужчою і більш рівномірною з розміром приблизно 600–650 мкм з однієї сторони шва і 600–700 мкм з іншої.

Фазовий склад ЗТВ у всіх випадках ідентичний фазовому складу основного металу і представлений аустенітною матрицею з невеликим вмістом δ -фериту. При цьому кількість δ -фериту має тенденцію до зменшення від зразка 1 до зразка 2: у зразку 1 вона становить 0,3–0,4%, у зразку 2 – до 0,2%, а у зразку 3 має проміжні значення 0,2–0,3%.

Важливою спільною ознакою для всіх зразків є збереження яскраво вираженої структури прокату як у металі ЗТВ, так і в основному металі, що підтверджує мінімальні структурні перетворення під дією тепла джерела зварювання.

Таким чином, досягнуто формування якісного зварного з'єднання з мінімальними структурними змінами в ЗТВ, а оптимальні мікроструктурні та фазові показники, з точки зору дисперсності структури, стабільності аустеніту та локалізації теплового впливу, реалізовані у зразку 3.

Список використаних джерел:

1. Lisiecki A., Kurc-Lisiecka A. Automated laser welding of AISI 304 stainless steel by disk laser. *Archives of Metallurgy and Materials*. 2018. Vol. 63, no. 4. P. 1663–1672. URL: <https://doi.org/10.24425/amm.2018.125091>

UDC: 616.314-089.23-089.87

Slupska Yu.S., Assoc. Prof. of the department of mechanical and biomedical engineering, PhD.

(Dnipro University of Technology, Dnipro, Ukraine)

MICROSTRUCTURAL CHANGES IN THE SURFACE OF THE «PULP EXTRACTOR» TOOL (1Kh18N9 STEEL) AFTER EXPOSURE TO LACTIC ACID

Dental instruments during operation come into contact with biological environments that often have increased acidity. This leads to the activation of corrosion processes, especially in cases of prolonged use. 1Kh18N9 steel, used for the manufacturing of the Pulp Extractor tool, is an austenitic stainless steel with high chromium and nickel content. Despite the presence of a protective oxide film, it exhibits a tendency toward localized corrosion in organic acid solutions (specifically lactic acid).

The study of microstructural changes in the surface of dental instruments in an acidic environment allows for:

- assessing their reliability during operation;
- explaining the mechanisms of damage that lead to brittleness and fracture;
- developing recommendations for selecting materials with higher corrosion resistance.

It is particularly relevant to investigate the effect of lactic acid, which forms in the oral cavity as a result of microflora activity and acts as an aggressive factor for metals.

The aim of the work is to establish characteristic microstructural changes in the Pulp Extractor tool (1Kh18N9 steel) after exposure to 0.1% lactic acid at various exposure periods.

Samples of the studied tool were immersed in a 0.1% lactic acid solution for 1, 5, and 10 days. After exposure, the surface was examined using metallographic analysis [1].

Results of Microstructural Analysis. Fig. 1 shows the Pulp Extractor (1KH18N9) after 1 day of exposure to lactic acid.

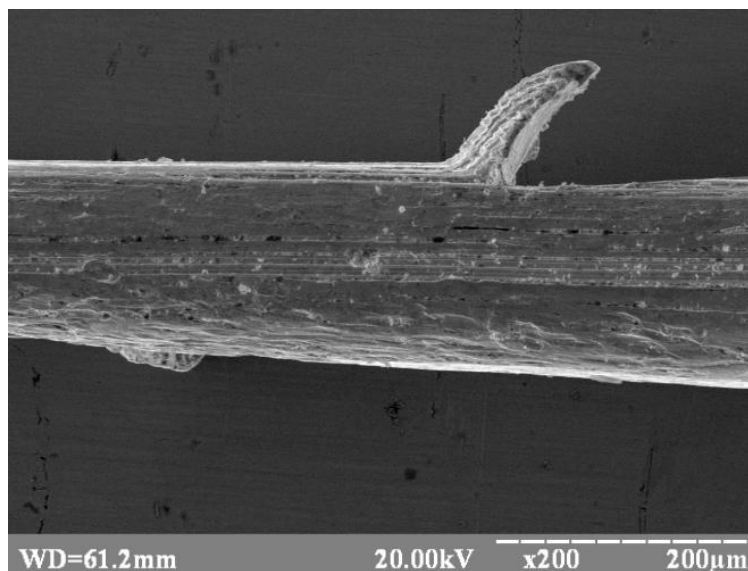


Fig. 1 – Pulp Extractor (1KH18N9) after 1 day of exposure to lactic acid

The surface appears relatively smooth, but the first local defects are already visible. These include individual small pits and minor areas of tarnishing. The passivation film has lost its integrity at isolated points, marking the onset of the pitting corrosion process. The nature of the

defects indicates localized destruction: the damage is limited to small areas rather than spreading uniformly across the entire surface.

Fig. 2 shows the Pulp Extractor (1KH18N9) after 5 days of exposure to lactic acid.

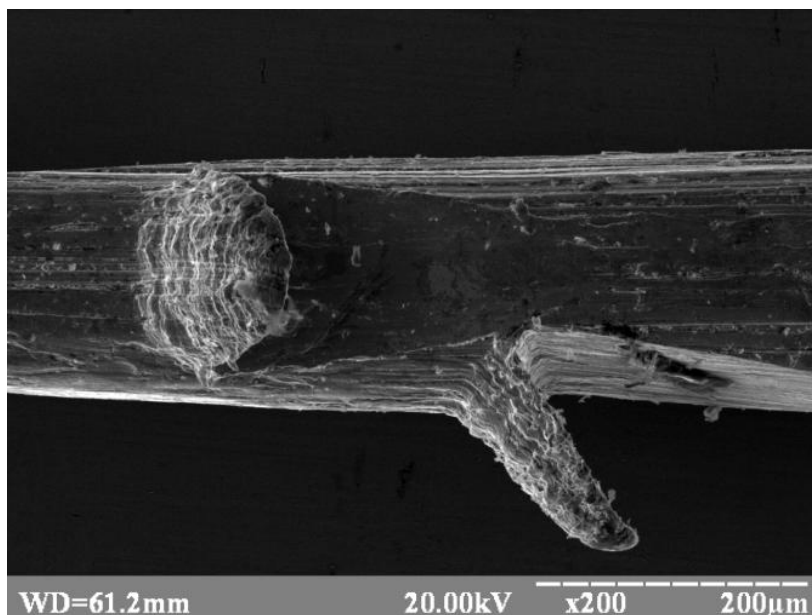


Fig. 2 – Pulp Extractor (1KH18N9) after 5 days of exposure to lactic acid

A significant increase in the number of defects is observed: the surface is covered with a system of more pronounced pits that occasionally merge into clusters. The contours of the pits are irregular, indicating an aggressive progression of the process. The first micro-cracks appear, radiating from the centers of local corrosion. Compared to the previous stage, the area of damaged sections increases several-fold, indicating active destruction of the steel in the acidic environment.

Fig. 3 shows the Pulp Extractor (1Kh18N9) after 10 days of exposure to lactic acid.

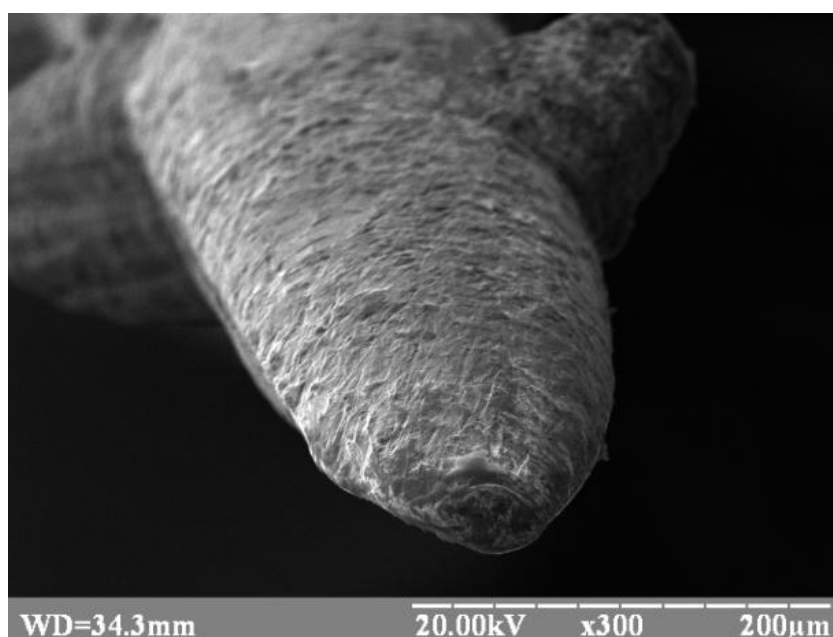


Fig. 3 – Pulp Extractor (1KH18N9) after 10 days of exposure to lactic acid

Global development of corrosion is recorded: the surface features numerous deep pits merging with each other to form extensive damaged zones. In certain areas, branching cracks are traced, cutting deep into the material. Dark deposits of corrosion products are present on the surface, forming a continuous coating. This indicates that the localized corrosion process has transitioned into a phase of active material destruction [2,3].

The results obtained confirm that the 1Kh18N9 steel within the Pulp Extractor tool has insufficient resistance to the action of lactic acid. Primary centers of destruction appear after the first day. By the 5th day, the number and depth of pits increase, and by the 10th day, corrosion covers practically the entire studied surface.

The mechanism of destruction is explained by the depassivation of the steel in the presence of hydrogen ions, which penetrate the defective areas of the film. This leads to the localization of anodic processes and the rapid spread of damage [4].

Thus, lactic acid creates conditions for progressive pitting and crevice corrosion, which reduces the mechanical strength of the instrument and increases the risk of its fracture during clinical application.

Conclusions

1. The Pulp Extractor instrument (1KH18N9 steel) exhibits high sensitivity to the corrosive action of lactic acid.
2. During the 1–10 day exposure period, a gradual escalation of defects occurs: from individual pits to deep corrosive cavities and cracks.
3. At later stages, a coating of corrosion products forms, which further accelerates material degradation.
4. The obtained results indicate the limited application of 1Kh18N9 steel for instruments contacting acidic environments and justify the necessity of transitioning to steels with higher corrosion resistance.

REFERENCES

1. Korol, M. D. *Materials Science in Dentistry: Educational Manual for Students of Dental Faculties*. – Vinnytsia: NOVA KNIGA, 2008. – 240 p.
2. Kostenko, S. B., Hasyuk, P. A., Foros, A. I., Kenuk, A. T., Penzelyk, I. V. *Materials Science and Dental Equipment: Educational and Methodical Manual for Practical Classes in Materials Science for 2nd Year Students of the Dental Faculty*. 2nd edition / S. B. Kostenko, P. A. Hasyuk, A. I. Foros, A. T. Kenuk, I. V. Penzelyk. – Uzhhorod: PP “AUTDOR-SHARK,” 2019. – 143 p.
3. Savvova, O. V., Voronov, H. K., Fesenko, O. I., Pylypenko, O. I. *Basics of Biomaterials Science: Educational Manual* / O. V. Savvova, H. K. Voronov, O. I. Fesenko, O. I. Pylypenko; Kharkiv National University of Municipal Engineering named after O. M. Beketov. – Kharkiv: Kharkiv National University of Municipal Engineering named after O. M. Beketov, 2023. – 202 p.
4. Antoniuk, V. S., Tymchyk, H. S., Bondarenko, Y. Y. *Methods and Tools of Microscopy* – Kyiv: NTUU “KPI,” 2013. – 336 p.

УДК 669.14.018.8:621.771

¹Лакша В.М., аспірант спеціальності 132 Матеріалознавство

¹Бекетов О.В., д.т.н., доцент, декан факультету Інформаційних технологій та механічної інженерії

¹Опанасенко А.А., аспірант спеціальності 132 Матеріалознавство

²Лаухін Д.В., д.т.н., професор, в.о. завідувача кафедри конструювання технічної естетики і дизайну

²Пачьковський А.О., аспірант спеціальності 132 Матеріалознавство

¹Начально-науковий інститут Придніпровська державна академія будівництва та архітектури Українського державного університету науки та технологій, м.Дніпро, Україна

²Національний технічний університет «Дніпровська політехніка, м. Дніпро, Україна

АНАЛІЗ ТЕХНОЛОГІЧНИХ СХЕМ ВИРОБНИЦТВА НИЗЬКОВУГЛЕЦЕВИХ НИЗЬКОЛЕГОВАНИХ СТАЛЕЙ З ФОРМУВАННЯМ БЕЙНІТНОЇ СТРУКТУРИ

Формування мікроструктури низьковуглецевих низьколегованих сталей визначається хімічним складом та технологічними параметрами виробництва. Кінцева структура є визначальним фактором формування механічних властивостей металопрокату [1].

Одним із найбільш ефективних методів отримання структур проміжного типу є гаряча прокатка з прискореним охолодженням. У процесі обробки сляби нагрівають до температур 1150–1250 °С з подальшою деформацією та контрольованим охолодженням, що дозволяє пригнічувати перлітне перетворення та формувати бейнітну структуру [2].

Залежність швидкості охолодження від умов обробки наведена на рис. 1, що демонструє можливість керування структуроутворенням за рахунок зміни технологічних параметрів.

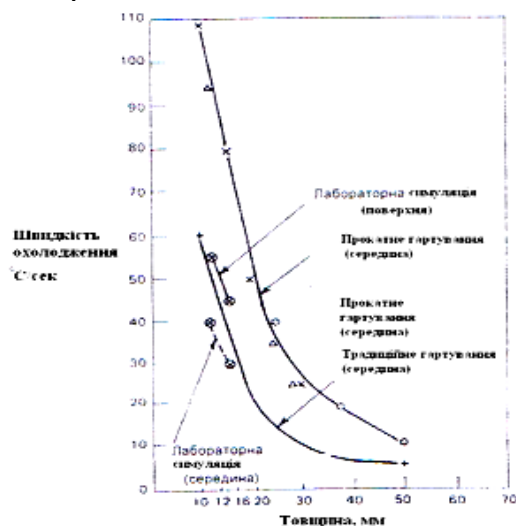


Рис. 1 – Ступінь охолодження для прокатного гартування, традиційного гартування та лабораторної симуляції

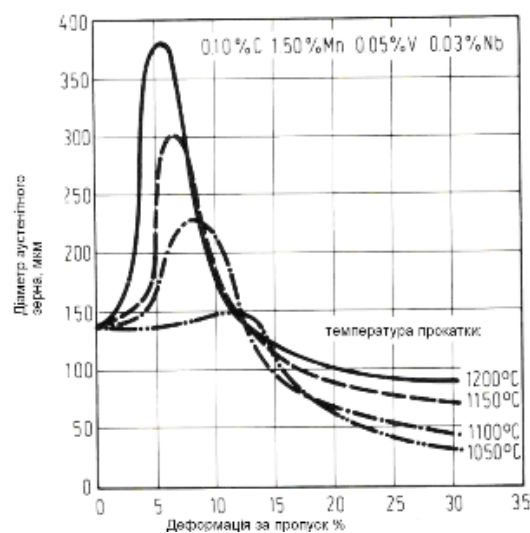


Рис. 2 – Розмір рекристалізованого аустенітного зерна при попередній прокатці сталі з мікродомішками

Контрольована прокатка є одним із ключових методів термомеханічної обробки, що поєднує пластичну деформацію з фазовими перетвореннями. Проведення прокатки в міжкритичному температурному інтервалі дозволяє отримати дрібнозернисту структуру з покращеними механічними властивостями [3].

Процеси рекристалізації під час гарячої деформації суттєво впливають на розмір зерна аустеніту. Як показано на рис. 3, контроль параметрів прокатки дозволяє досягти значного подрібнення зерна.

Зміни мікроструктури в процесі прокатки представлені на рис. 2, що ілюструє еволюцію структурних складових при багатопрхідній деформації.

Використання прискореного охолодження після прокатки дозволяє сформувати мікроструктуру, що складається з фериту та бейніту. Як показано на рис. 4, режими охолодження суттєво впливають на кінцевий структурний стан сталі.

Властивості сталі після прокатки та подальшої термічної обробки суттєво залежать від швидкості охолодження та температурних режимів. Експериментальні дані щодо механічних характеристик сталі наведені в таблиці 1, що підтверджує вплив інтенсивності охолодження на рівень міцності матеріалу.

Таблиця 1 – Властивості загартованої з прокатки та відпущеної сталі

Товщина, мм	Швидкість охолодження, °C/с	$\sigma_{0.2}$, кгс/мм ²	σ_B , кгс/мм ²
10	110	53	62
20	50-60	45	56
30	25-3	40	52

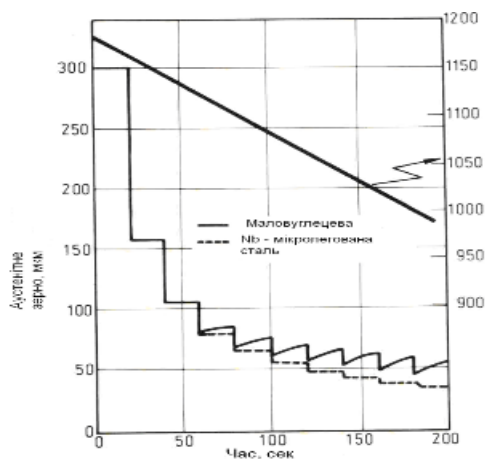


Рис. 3 – Зміння мікроструктури під час попередньої прокатки

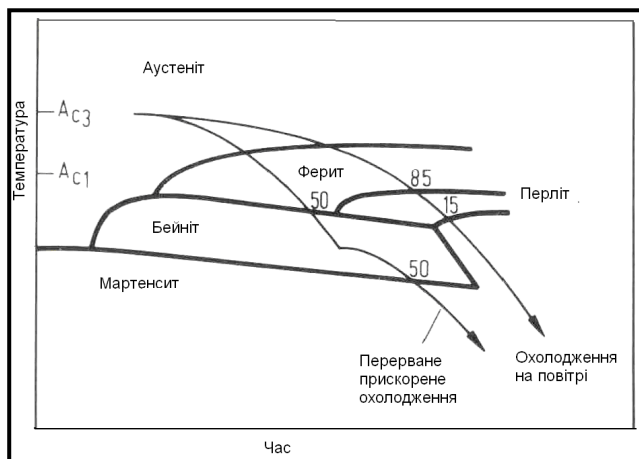


Рис. 4 – Режимы охолодження

Встановлено, що підвищення швидкості охолодження сприяє подрібненню зерна та формуванню дрібнодисперсних бейнітних колоній (~1 мкм), що забезпечує підвищення міцності та в'язкості сталі.

Висновки

Показано, що формування бейнітної структури у низьковуглецевих низьколегованих сталях визначається умовами прокатки та швидкістю охолодження.

Встановлено, що контрольована прокатка у поєднанні з прискореним охолодженням забезпечує подрібнення зерна та формування структури з підвищеними механічними властивостями.

Визначено, що прискорене охолодження є ключовим фактором формування бейнітної структури та ефективним засобом оптимізації технологічного процесу.

Список використаних джерел:

1. Kutz M. Mechanical Engineers. Handbook. Third edition. Vol. 1. John Wiley & Sons, 2006. 1340 p.

2. Krauss G. Steels. Processing, Structure and Performance. ASM International, metals park: Ohio, 2006. 593 p.
3. Roberts W., Sandberg A., Siwecki T., Werlefors T. Steels Technology and Applications. ASM, Metals Park: Ohio, 1984. P. 67-84.
4. Zener C., Pickering F. Physical metallurgy and the design of steels. London: LTD. Materials science series, 1978. 184 p.
5. Ohtani H., Okaguchi S., Fujitiro Y., Ohmori Y. Morphology and propitious of Low-carbon bainite. Metallurgical transactions. 1990. Vol.21 A. P. 877-888.

УДК 669.017:539.4

¹Бекетов О.В., д.т.н., доцент, декан факультету Інформаційних технологій та механічної інженерії

¹Нестеренкин О.О., аспірант спеціальності 132 Матеріалознавство

¹Кузнецов С.В., аспірант спеціальності 132 Матеріалознавство

¹Мамчур Д.І., аспірант спеціальності 132 Матеріалознавство

²Мосейченко Д.В., аспірант спеціальності 132 Матеріалознавство

¹Начально-науковий інститут Придніпровська державна академія будівництва та архітектури Українського державного університету науки та технологій, м.Дніпро, Україна

²Національний технічний університет «Дніпровська політехніка, м. Дніпро, Україна

ОСОБЛИВОСТІ ЗСУВНОГО МЕХАНІЗМУ ФОРМУВАННЯ СТРУКТУРИ НИЗЬКОВУГЛЕЦЕВИХ НИЗЬКОЛЕГОВАНИХ СТАЛЕЙ

Формування структури сталей визначається перебігом фазових перетворень, що відбуваються під впливом температурних та технологічних умов. Основними структурними складовими в низьковуглецевих сталях є ферит, перліт, бейніт та мартенсит, формування яких залежить від швидкості охолодження та ступеня переохолодження аустеніту [1].

Як показано на діаграмі ізотермічного розпаду аустеніту (рис. 1), зі збільшенням швидкості охолодження відбувається перехід від дифузійних до бездифузійних механізмів перетворення.

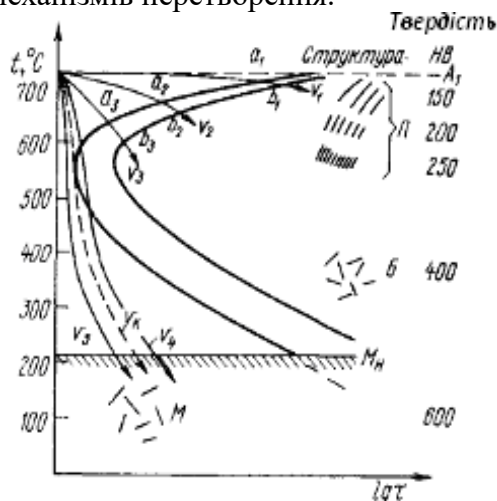


Рисунок 1 – Діаграма ізотермічного розпаду аустеніту з кривими охолодження

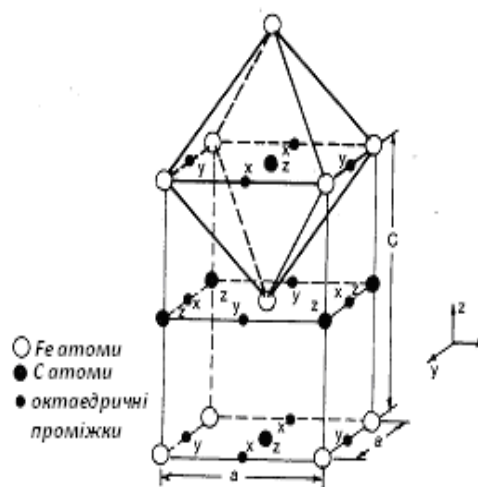


Рисунок 2 – Об'ємноцентрована тетрагональна структура мартенситу в Fe-C сплавах

При досягненні критичних швидкостей охолодження реалізується мартенситне перетворення, яке відбувається за зсувним механізмом. У процесі цього перетворення кристалічна ґратка аустеніту перебудовується з гранецентрованої у об'ємноцентровану тетрагональну структуру без дифузії атомів, що супроводжується значними внутрішніми напруженнями [2].

Схема зсувного механізму формування мартенситу наведена на рис. 3. Вона демонструє характер переміщення атомів та утворення нових фазових областей за рахунок локальних зсувів кристалічної ґратки.

Мартенситне перетворення має бездифузійний характер та протікає в інтервалі температур, починаючись при температурі M_H . Подальше охолодження призводить до збільшення частки мартенситу, що може бути описано за допомогою мартенситних кривих (рис. 4).

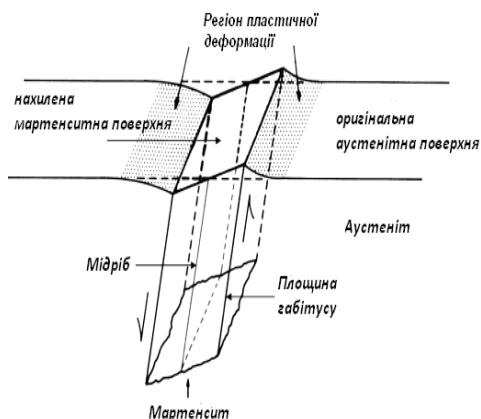


Рисунок 3 – Схема зсувного механізму формування мартенситу

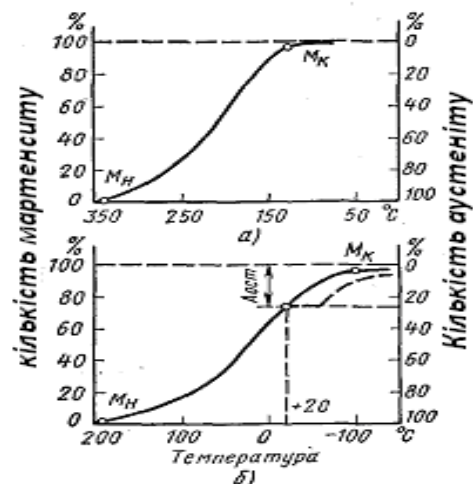


Рисунок 4 – Мартенситні криві для сталей різного вмісту вуглецю

Особливістю зсувного механізму є його автокаталітичний характер, що полягає у тому, що утворення перших кристалів мартенситу сприяє появі нових за рахунок локальних полів напружень.

У випадку неповного перетворення аустеніту формується залишковий аустеніт, кількість якого залежить від хімічного складу та режимів охолодження. Як показано на рис. 5, підвищення вмісту вуглецю призводить до зниження температури початку мартенситного перетворення та збільшення частки залишкового аустеніту.

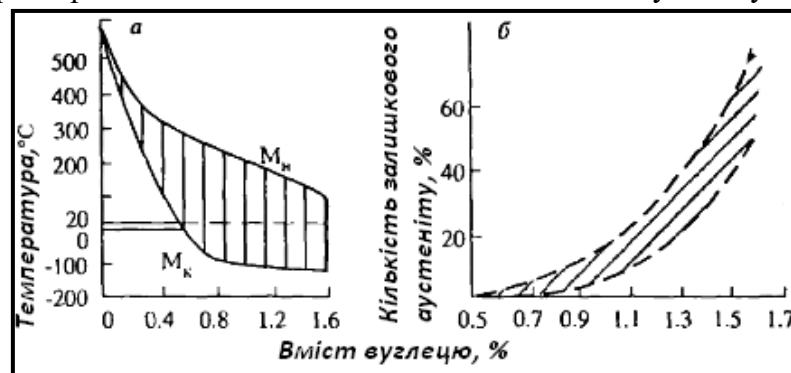


Рисунок 5 – Вплив вмісту вуглецю на температури мартенситного перетворення

Наявність залишкового аустеніту суттєво впливає на механічні властивості сталей. З одного боку, він підвищує ударну в'язкість та сприяє гальмуванню розвитку тріщин, з іншого — може викликати зниження розмірної стабільності через фазові перетворення під час експлуатації [3].

Таким чином, контроль фазових перетворень та вмісту залишкового аустеніту є важливим інструментом керування структурою та властивостями низьковуглецевих низьколегованих сталей.

Список використаних джерел:

1. Zener C., Pickering F. Physical Metallurgy and the Design of Steels. 1978.
2. Krauss G. Steels: Processing, Structure and Performance. ASM, 2006.
3. Caballero F. G. et al. Acta Materialia, 2007.
4. Herring D. Retained Austenite, 2005.
5. DeCooman B. Current Opinion in Solid State Materials Science, 2004.

УДК 539.42:620.178

¹Лаухін Д.В., д.т.н., професор, в.о. завідувача кафедри конструювання технічної естетики і дизайну

¹Зіннер В.А., аспірант спеціальності 132 Матеріалознавство

²Бекетов О.В., д.т.н., доцент, декан факультету Інформаційних технологій та механічної інженерії

²Тиквенко П.А., аспірант спеціальності 132 Матеріалознавство

²Радько О.В., аспірант спеціальності 132 Матеріалознавство

¹Національний технічний університет «Дніпровська політехніка, м. Дніпро, Україна

²Начально-науковий інститут Придніпровська державна академія будівництва та архітектури Українського державного університету науки та технологій, м.Дніпро, Україна

ОСОБЛИВОСТІ МЕХАНІЗМІВ РУЙНУВАННЯ НИЗЬКОВУГЛЕЦЕВИХ НИЗЬКОЛЕГОВАНИХ СТАЛЕЙ

У сучасному матеріалознавстві важливим напрямом є дослідження процесів руйнування матеріалів та встановлення зв'язку між їх мікроструктурою і механічними властивостями. Особливу роль у цьому відіграє фрактографічний аналіз, який дозволяє визначити механізм руйнування за характером поверхні зламу [1].

На рис. 1 наведено характерні поверхні руйнування низьковуглецевих низьколегованих сталей, що дозволяє ідентифікувати основні механізми руйнування.

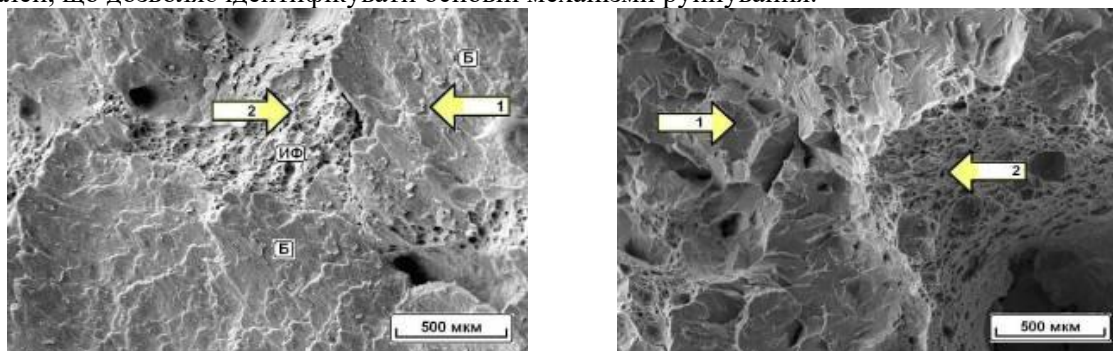


Рисунок 1 – Загальний вигляд поверхонь зламів низьковуглецевих мікролегованих сталей

Аналіз показує, що руйнування може відбуватись за двома основними механізмами: квазікрихким сколом та в'язким руйнуванням шляхом злиття мікропор. Квазікрихкий механізм характеризується поширенням тріщини по кристалографічних площинах, що призводить до утворення характерних сходинок зламу, тоді як в'язке руйнування супроводжується формуванням ямкового рельєфу.

Загальні закономірності зміни механізмів руйнування представлені на діаграмі (рис. 2), де виділено області крихкого, квазікрихкого та в'язкого руйнування.

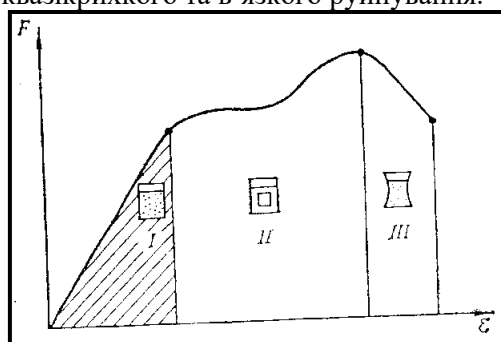


Рисунок 2 – Діаграма руйнування: I – крихке; II – квазікрихке; III – в'язке

Крихке руйнування реалізується при наявності складного напружено-деформованого стану та характеризується високою швидкістю поширення тріщини. Кількісний опис напруженого стану здійснюється за допомогою системи рівнянь (1), яка дозволяє визначити поле напружень у вершині тріщини.

$$\begin{aligned}\sigma_{xx} &= \frac{K_1}{\sqrt{2\pi r}} \cos \frac{\theta}{2} \left(1 - \sin \frac{\theta}{2}, \sin \frac{3}{2} \theta \right); \\ \sigma_{yy} &= \frac{K_1}{\sqrt{2\pi r}} \cos \frac{\theta}{2} \left(1 + \sin \frac{\theta}{2}, \sin \frac{3}{2} \theta \right); \\ \sigma_{zz} &= \mu(\sigma_{xx} + \sigma_{yy}), \tau_{zy} = \tau_{yz} = 0; \\ \tau_{xy} &= \frac{K_1}{\sqrt{2\pi r}} \sin \frac{\theta}{2} \left(\cos \frac{\theta}{2}, \cos \frac{3}{2} \theta \right); \\ K_1 &= \sigma_{yy} \sqrt{2\pi r}.\end{aligned}\quad (1)$$

У рамках даного підходу використовується коефіцієнт інтенсивності напружень, що визначає характер розподілу напружень незалежно від умов навантаження (1).

Подальший розвиток тріщини супроводжується формуванням складного напруженого стану, який може бути описаний співвідношеннями (2) та (3), що враховують головні напруження у зоні руйнування.

$$\sigma_{0,2} = \sigma_T = \sigma_y - \sigma_z \quad (2)$$

де: σ_y , σ_z – мінімальне та максимальне головні напруги.

$$\sigma_y = \sigma_T + \sigma_z \quad (3)$$

Геометрія напруженого стану та фронт зростаючої тріщини представлені на рис. 3 та рис. 4.

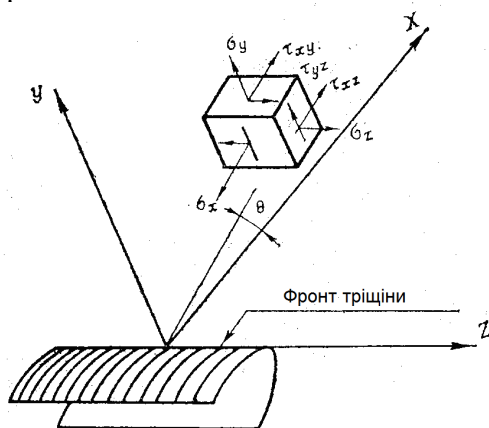


Рисунок 3 – Система координат і поле напружень у вершині тріщини

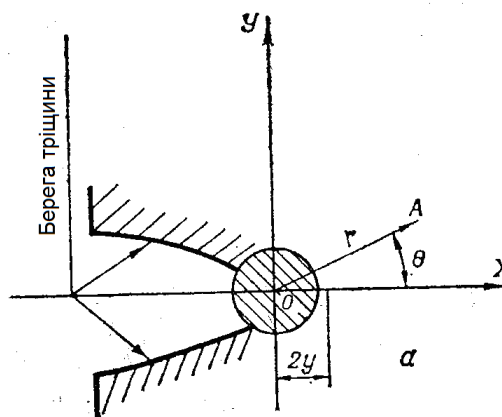


Рисунок 4 – Фронт зростаючої тріщини

Квазікрихке руйнування характеризується наявністю зони локалізованої пластичної деформації перед фронтом тріщини. Саме наявність цієї зони визначає можливість переходу від квазікрихкого до крихкого механізму руйнування.

В'язке руйнування відбувається при розвитку пластичної деформації по всьому перерізу зразка та супроводжується формуванням волокнистої структури зламу. При цьому підвищення опору руйнуванню може супроводжуватись зниженням границі міцності та плинності матеріалу.

Список використаних джерел:

1. Evkin, A., Lykhachova O. Energy barrier as a criterion for stability estimation of spherical shell under uniform external pressure. *Int. J. Solids Struct.* 2017. P. 14-23.
2. Бекетов О. В. Теоретичні основи формування субструктури переохолодженого аустеніту та механічних властивостей мікролегованих будівельних сталей: дис. ... док. техн. наук: 05.02.01 / ДВНЗ «Придніпровська державна академія будівництва та архітектури». Дніпро, 2020. 340 с.

УДК 620.22:620.18

**Пілюгін Є.Д., асистент кафедри конструювання технічної естетики і дизайну,
аспірант спеціальності 132 Матеріалознавство**

**Лаухін Д.В., д.т.н., професор, в.о. завідувача кафедри конструювання технічної
естетики і дизайну**

(Національний технічний університет «Дніпровська політехніка, м. Дніпро, Україна)

СТРУКТУРНІ ОСОБЛИВОСТІ БУДОВИ МІЖФАЗНИХ ГРАНИЦЬ МІЖ МАТРИЦІЄЮ ТА ВОЛОКНАМИ В КОМПОЗИТНІЙ АРМАТУРІ

У сучасному будівництві спостерігається активне впровадження композитних матеріалів, зокрема композитної арматури, що обумовлено її високою корозійною стійкістю, малою густиною та достатнім рівнем механічних властивостей [1]. Водночас експлуатаційна надійність таких матеріалів значною мірою визначається їх мікроструктурою, характером армування та хімічним складом складових фаз. У зв'язку з цим актуальним є дослідження внутрішньої структури композитної арматури та встановлення її зв'язку з експлуатаційними властивостями.

Метою роботи є дослідження мікроструктурних особливостей композитної арматури із застосуванням оптичної та растрової електронної мікроскопії, а також аналіз елементного складу за допомогою енергодисперсійного рентгенівського аналізу (EDX).

Об'єктом дослідження є процес формування та розвитку мікроструктури композитної арматури на основі полімерної матриці, армованої волокнами. Для дослідження мікроструктури використовували оптичний мікроскоп, що дозволив оцінити загальну морфологію матеріалу, розподіл волокон та наявність дефектів. Встановлено, що структура композитної арматури є неоднорідною та характеризується наявністю волокон, орієнтованих переважно вздовж осі виробу, що забезпечує підвищену міцність при розтягненні. При цьому спостерігаються локальні дефекти у вигляді пор та зон недостатнього просочення матрицею, що можуть виступати концентраторами напружень.

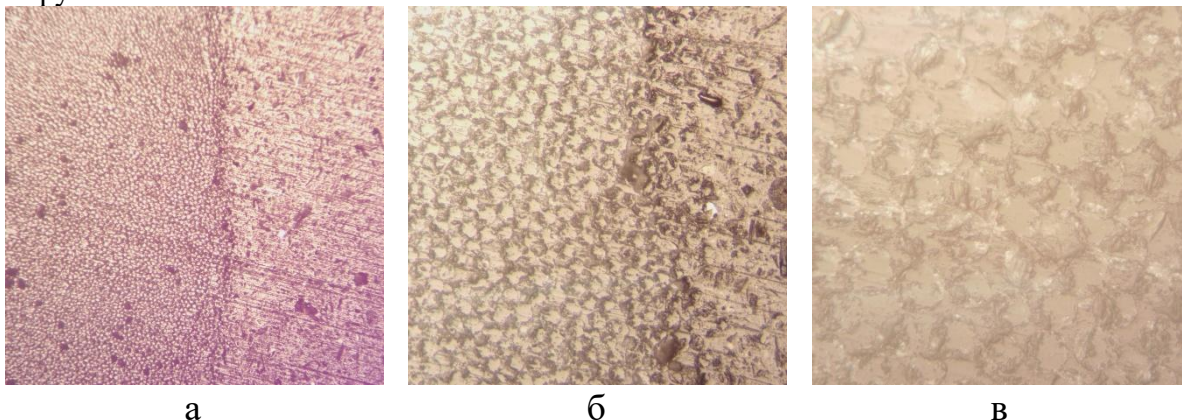
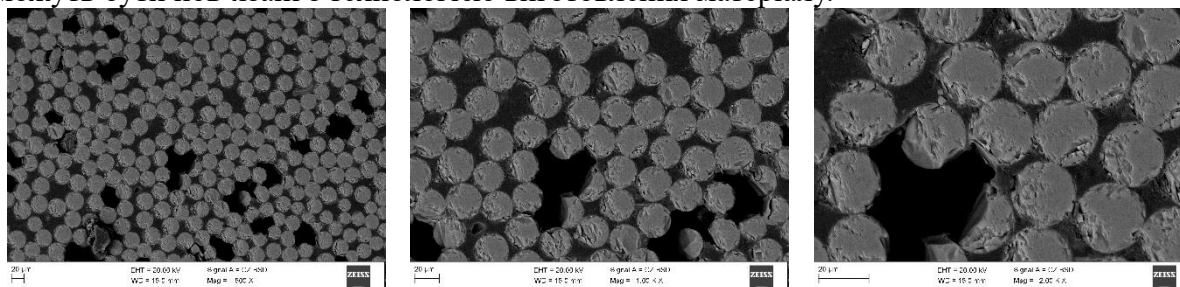


Рисунок 1 – Мікроструктура композитної арматури (оптична мікроскопія) а) 100х
б) 200х, в) 500х

Більш детальний аналіз проводили за допомогою растрової електронної мікроскопії (SEM), що забезпечило можливість дослідження міжфазної взаємодії між волокнами та матрицею. Результати SEM-досліджень показали, що волокна мають рівномірну морфологію та добре змочуються полімерною матрицею. Спостерігається щільний контакт між волокнами та матрицею без виражених дефектів або зон відшарування, що свідчить про високу якість міжфазного зчеплення та ефективну передачу навантаження між складовими композиту.

Для визначення елементного складу було використано енергодисперсійний рентгівський аналіз. За результатами EDX-аналізу встановлено, що основними елементами волокон є Si, O, Ca та Al, що характерно для скловолокна, тоді як матриця представлена вуглецевмісними компонентами. Також виявлено незначні домішки, що можуть бути пов'язані з технологією виготовлення матеріалу.



а

б

в

Рисунок 2 – Мікроструктура композитної арматури (SEM), а) 500х б)1000х в)2000х

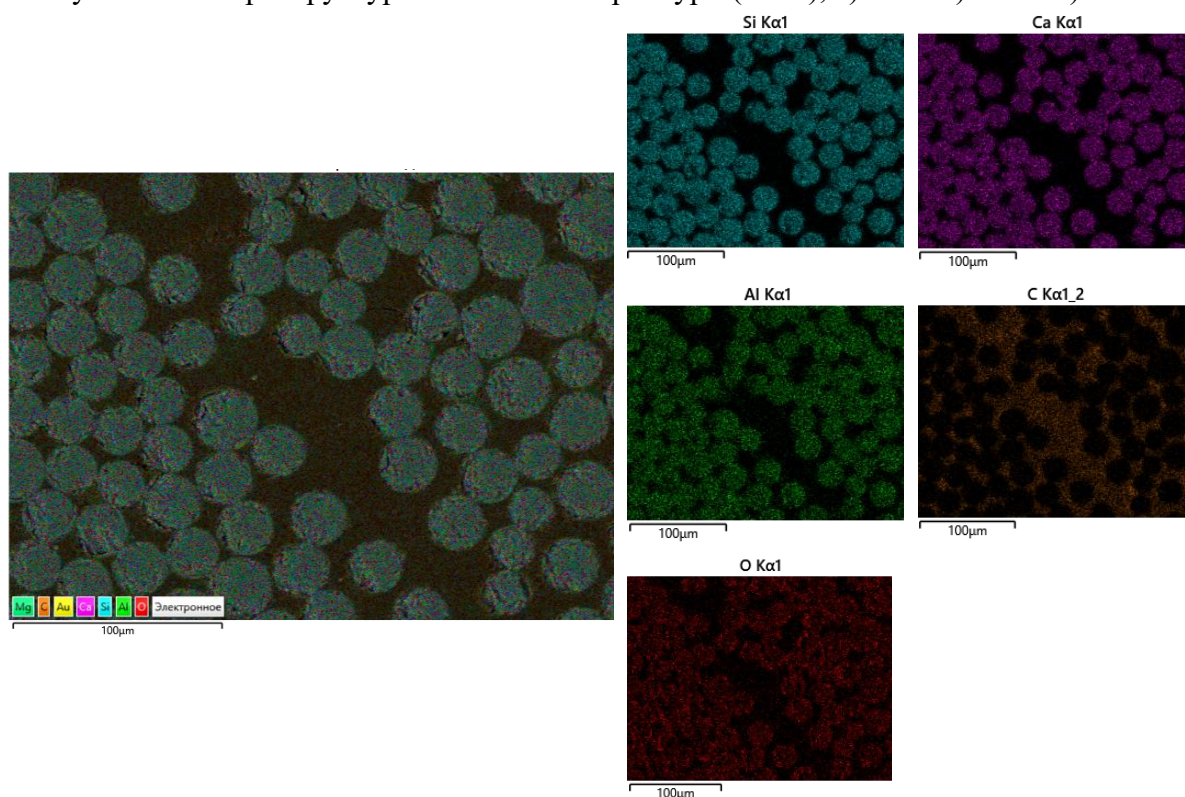


Рисунок 3 – EDX-аналіз, мапа розповсюдження хімічних елементів в зразку

Отримані результати свідчать, що мікроструктурна неоднорідність та наявність дефектів можуть суттєво впливати на механічні властивості композитної арматури та її довговічність. Встановлено, що якість міжфазної взаємодії між волокнами та матрицею є одним із ключових факторів, що визначає експлуатаційні характеристики матеріалу.

Таким чином, проведене дослідження дозволяє оцінити структурні особливості композитної арматури та визначити основні фактори, що впливають на її міцність і надійність, що може бути використано для оптимізації технології її виготовлення.

Список використаних джерел:

1. Пілюгін Є.Д., Ротт Н.О. (2024) Перспективи застосування композитної арматури в будівельній галузі №107 62-68 р. <https://doi.org/10.30977/BUL.2219-5548.2024.107.0.62>

УДК 656.13:159.944

Колеснікова Т.М., доцент, к.т.н. кафедри автомобільного транспорту
(Національний технічний університет «Дніпровська політехніка», м. Дніпро, Україна)
Москаленко А.С., асистент кафедри автомобільного транспорту (Національний
технічний університет «Дніпровська політехніка», м. Дніпро, Україна)

ЕРГОНОМІЧНІ АСПЕКТИ КОГНІТИВНОГО НАВАНТАЖЕННЯ ВОДІЯ ПРИ ВИКОРИСТАННІ ПРОЄКЦІЙНИХ ДИСПЛЕЇВ (HUD)

Вступ. Розвиток інтелектуальних транспортних систем призвів до впровадження технологій доповненої реальності (AR), зокрема Head-Up Displays (HUD). Основною ергономічною метою HUD є мінімізація часу на перенесення погляду з дороги на приладову панель. Проте надмірне насичення лобового скла графічною інформацією створює ризик когнітивного перевантаження та виникнення ефекту «дистантного засліплення».

Актуальність дослідження. Сучасні HUD-системи проєктують не лише швидкість, а й навігаційні підказки, сповіщення зі смартфонів та дані з систем допомоги водію (ADAS). Наукова проблема полягає у визначенні «точки перегину», де допомога перетворюється на деструктивний фактор, що відволікає увагу

Об'єкт дослідження — процес сприйняття візуальної інформації водієм в умовах використання проєкційного дисплея.

Предмет дослідження — ергономічні параметри (яскравість, щільність контенту, фокусна відстань), що впливають на когнітивне навантаження.

Методологія та показники. Для оцінки когнітивного навантаження доцільно використовувати інтегральний показник, що базується на часі реакції (T_r) та кількості помилок при ідентифікації об'єктів на дорозі.

Математично рівень когнітивного ресурсу, що витрачається, можна описати формулою:

$$C_L = \sum_{i=1}^n \frac{I_i * \omega_i}{D_f}$$

Де:

C_L - когнітивне навантаження (Cognitive Load)

I_i - інтенсивність інформаційного потоку i -го типу

ω_i - коефіцієнт складності сприйняття (вага інформації)

D_f - фокусна відстань віртуального зображення (в ідеалі вона має бути близькою до нескінченності, щоб око не перефокусовувалося)

Математична модель когнітивного запиту системи (R_q) визначається як:

$$R_q = \sum_{i=1}^n (I_i * \alpha_i) \frac{1}{L_{vis}}$$

Де:

I_i - інтенсивність інформаційного потоку i -го типу

α_i - коефіцієнт пріоритетності (від 0.1 для мультимедіа до 1.0 для критичних попереджень);

L_{vis} - рівень видимості (контрастність відносно фону дороги).

Ергономічні аспекти та результати аналізу

1. Акомодаційна втомлюваність: Якщо віртуальне зображення фокусується безпосередньо на склі (відстань ~ 1 м), а дорога — на відстані 50+ м, м'язи ока постійно працюють на перефокусування. Це призводить до зорової втоми вже через 40–60 хвилин керування. Ергономічний стандарт рекомендує фокусну відстань HUD не менше 2.0–2.5 м.
2. Ефект «Inattentional Blindness»: Дослідження показують, що при високій яскравості HUD водій може «бачити» об'єкт на дорозі крізь проєкцію, але мозок його не ідентифікує, оскільки зайнятий зчитуванням текстових даних.
3. Критерій Хіка (Hick's Law): Час реакції водія (T) зростає логарифмічно залежно від кількості елементів вибору на екрані:

$$T = a + b \log_2(n+1)$$

Де n — кількість візуальних елементів на проєкції. Згідно з розрахунками, критична кількість елементів для HUD не повинна перевищувати $n=5$, після чого час реакції зростає експоненціально, що недопустимо в умовах швидкісного руху.

Таблиця 1 – Вплив фокусної відстані

Фокусна відстань	Час реакції (мс)	Рівень втоми
0.8 м	450-600	Високий
2.5 м	200-300	Середній
7.5 м	<100	Низький

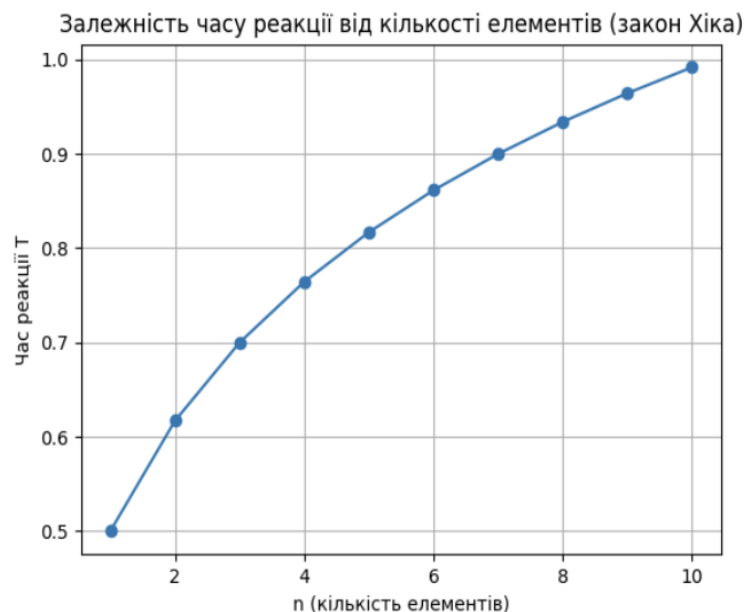


Рисунок 1 –Графік залежності (закон Хіка)

Висновки та рекомендації Для мінімізації ризиків запропоновано наступні ергономічні вимоги:

1. Кількість елементів $n \leq 5$
2. Фокусна відстань ≥ 2.5 м.
3. Яскравість: 3000-5000 кд/м².
4. Блокування другорядної інформації у критичних ситуаціях

Список використаних джерел:

1. ДСТУ ISO 15008:2015. Дорожній транспорт. Ергономічні аспекти інформаційно-керувальних систем. Вимоги до подання зорової інформації в автомобілі та методи випробування (ISO 15008:2009, IDT). — К. : Держспоживстандарт України, 2016. — 34 с.
2. Поліщук О. С., Ковцун С. В. Системи доповненої реальності в управлінні сучасним автотранспортом: ергономічний аспект // *Вісник Харківського національного автомобільно-дорожнього університету*. — 2024. — Вип. 104. — С. 112–118.
3. Wickens, C. D. Engineering Psychology and Human Performance / C. D. Wickens, J. G. Hollands, S. Banbury, R. Parasuraman. — 4th ed. — Psychology Press, 2022. — 520 p.

UDK [622.673+624.5]:539.4

Kolosov D., Dr. Sci. (Eng.), Head of the Department of Mechanical and Biomedical Engineering

Antonova K., Junior Research Fellow of the Department of Mechanical and Biomedical Engineering

(Dnipro University of Technology, Dnipro, Ukraine)

ANALYTICAL MODELING OF RIGID FIBER INTERACTION IN AN ORTHOTROPIC COMPOSITE ROPE

The ropes are used for suspension of spans in bridge structures with long spans. This solution is more technological and allows reducing the construction time [1]. In [2], a method of analytical calculation of a cable-stayed structure is suggested. The use of SCAD software is suggested for selection of rational parameters of elements of a cable-stayed bridge in [3].

The main elements of a cable-stayed bridge are span structures held by stay ropes. According to the standard [4], wires with a diameter of 3 to 30 mm must be used in stay ropes. Gaps between the wires must be filled. Ropes are affected by the environment, wires corrode, and wind loads affect them. It is possible to protect ropes from environmental influences by using ropes covered with elastic material (rubber, polyurethane). Such composite ropes can be multi-layered. It is possible to use several cables with sufficiently smaller diameters as reinforcing elements. Such cables are made of wire of a smaller diameter. Accordingly, the use of a wire with a much smaller diameter than that established by the standard [4] for cable manufacturing partially compensates the increase of stay rope weight caused by regular arrangement of wires in the suggested composite stay rope. By selecting the amount of cable layers, it is possible to give the rope a shape that reduces rope resistance to wind loads.

Reliability of stay ropes determines reliability of the entire structure. Replacing one cable with a system of parallel cables provides an opportunity to select the amount of cables. By choosing the amount of cables, it is possible to ensure a sufficient level of reliability of a rope as a system with parallel connection of elements, in which reliability of the system is higher than reliability of the least reliable element. Covering the rope cables with elastic materials significantly affects the distribution of potentials, the flow of current between the cables in a case of applying voltages to some of them. Breakage in cable continuity also affects the indicated quantities. Monitoring the electrical internal resistance of a stay rope allows detecting the presence of breakages in cables of a rope automatically and continuously. The above allows increasing reliability of a cable-stayed bridge.

For implementation of cable-stayed bridges with composite stay ropes, it is necessary to develop a methodology for their calculation. Its use allows solving the urgent problem of designing cable-stayed bridges with composite ropes.

Known works do not investigate the influence of the mutual arrangement of parallel, regularly arranged layers and layers of reinforcing fibers.

Depending on the purpose, a tractive element can have a different amount of cables (fibers) and their placement scheme. Fibers are placed with a constant spacing in order to maintain uniform distribution of forces in the cross-section. They are connected into a complete tractive element within a different material. The distribution of forces among the cables depends on the specified factors.

The suggested orthotropic stay rope as a composite structure has a system of reinforcing fibers of the same diameter regularly placed in two orthogonal planes. The regularity of placing the fibers when determining the character of their interaction allows considering the interaction of only four fibers with conditional numbers within the selected prism (Fig. 1).

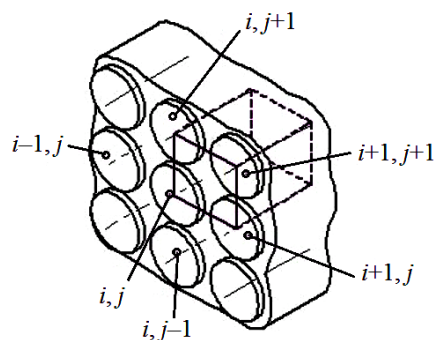
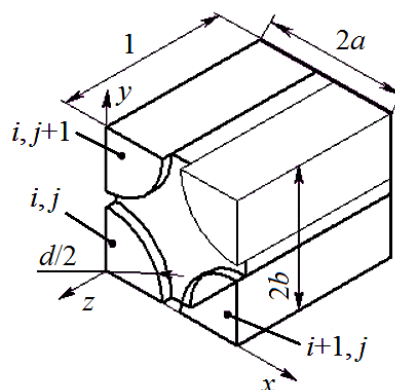


Fig. 1. A part of a rubber-cable stay rope

Tensile rigidity of reinforcing fibers significantly exceeds the corresponding indicator for material that connects them into a single rope. Within the scope of the problem of determining the influence of an elastic material on interaction character of fibers, we consider them as rigid rods of constant cross-section. One arbitrary fiber, marked in Fig. 1 as i, j is the one, which is considered shifted along its axis by a unit value. Regularity of fiber placement allows assuming that deformations of parts of elastic material located symmetrically to the axis of the i, j^{th} fiber are symmetrical. Taking advantage of deformation symmetry, a fourth part of the prismatic rope shape symmetrical to three other adjacent elements of the prismatic rope is highlighted in the figure. Let's refer the resulting prism to the Cartesian coordinate system (Fig. 2).


 Fig. 2. A highlighted fourth part of interaction of the i, j^{th} cable with adjacent cables

The interaction character of cables caused by transmission of tensile forces by them is determined by distribution of shear stresses in elastic material. Mutual displacement of fibers of an orthotropic rubber-cable stay rope is accompanied by occurrence of shear deformation in the elastic shell. Shear stresses are inversely proportional to the distance between the shifted massifs of material. In order to minimize rope mass, the fibers are placed with minimum, technologically determined distances.

For analytical solution of the problem, we assume a number of simplifications. Since the tractive element is loaded mainly by tensile forces, we consider only their influence. Tensile resistance of cables is much greater than the resistance of elastic shell material. Let's assume that the elastic shell is only under shear stress. Tractive elements work under loads that cause only proportional deformations. We solve the problem as a linear one.

Let the multilayer fiber composite have systems of parallel fibers regularly placed with the spacing a in layers and the spacing of layer placement is b . The amount of layers is N . The layers are numbered j (from one to N). There are M fibers with numbers i (from one to M) in each layer.

Let's conditionally cut out from the composite a part of prismatic shape of an arbitrary i, j^{th} fiber together with a matrix of small length. There is a rectangle $a \times b$ at the base of the prism (Fig. 3).

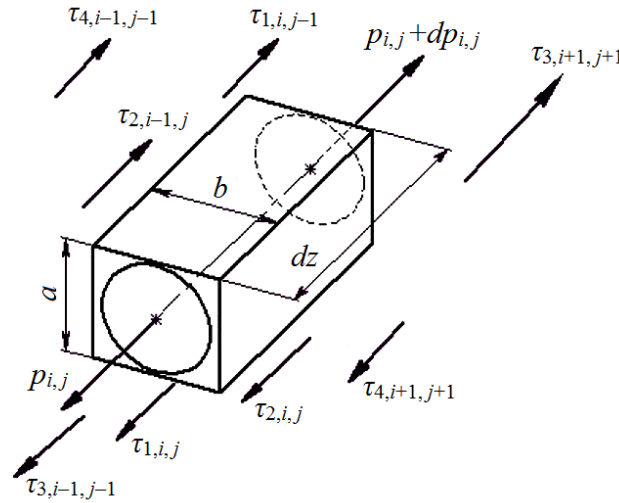


Fig. 3. Part of a composite matrix with a short fiber

Let's direct z -axis parallel to the fibers. Let's formulate the equilibrium condition of a matrix part

$$dP_{i,j} + \left(\begin{aligned} &b(\tau_{1,i,j-1} - \tau_{1,i,j}) + a(\tau_{2,i-1,j} - \tau_{2,i,j}) + \\ &+ (2\sqrt{a^2 + b^2} - d)(\tau_{3,i-1,j-1} - \tau_{3,i+1,j+1} + \tau_{4,i-1,j+1} - \tau_{4,i+1,j-1}) \end{aligned} \right) dz = 0, \quad (1)$$

where $\tau_{\rho,i,j}$ is average tangential stress in shell material between the fibers of one layer $\rho = 1, 2$ with the same numbers in adjacent layers, of diagonally located fibers relative to the current i, j^{th} cable with $\rho = 3, 4$.

The known values of characteristic indicators and the accepted form of solution allow determining displacements of cables to solve the homogeneous system of equations

$$u_{i,j} = \left(\begin{aligned} &\sum_{m=1}^{M-1} \sum_{n=1}^{N-1} \left(A_{m,n} e^{\beta_{m,n} z} + B_{m,n} e^{-\beta_{m,n} z} \right) \cos(\mu_m (i-0.5)) \cos(\chi_n (j-0.5)) + \\ &+ \sum_{m=1}^{M-1} \left(A_{m,m} e^{\beta_{m,m} z} + B_{m,m} e^{-\beta_{m,m} z} \right) \cos(\mu_m (i-0.5)) + \\ &+ \sum_{n=1}^{N-1} \left(A_{n,n} e^{\beta_{n,n} z} + B_{n,n} e^{-\beta_{n,n} z} \right) \cos(\chi_n (j-0.5)) \end{aligned} \right) + \frac{Pz}{EF} + \delta, \quad (2)$$

where $A_{m,n}, B_{m,n}, A_{m,m}, B_{m,m}, A_{n,n}, B_{n,n}$ are arrays of constant coefficients; δ is displacement of a tractive element as a rigid body.

The distribution of forces between fibers is

$$p_{i,j} = E F \left(\sum_{m=1}^{M-1} \sum_{n=1}^{N-1} \left[\left(A_{m,n} e^{\beta_{m,n} z} - B_{m,n} e^{-\beta_{m,n} z} \right) \beta_{m,n} \times \right. \right. \\ \left. \left. \times \cos(\mu_m(i-0.5)) \cos(\chi_n(j-0.5)) \right] + \sum_{m=1}^{M-1} \left(A_{m,m} e^{\beta_{m,m} z} - B_{m,m} e^{-\beta_{m,m} z} \right) \beta_{m,m} z \cos(\mu_m(i-0.5)) + \right. \\ \left. + \sum_{n=1}^{N-1} \left(A_{n,n} e^{\beta_{n,n} z} - B_{n,n} e^{-\beta_{n,n} z} \right) \beta_{n,n} z \cos(\chi_n(j-0.5)) \right) + P. \quad (3)$$

Expressions in Eq. 2, 3, and a possibility of determining tangential stresses in an elastic matrix based on the known values of coefficients, make it possible to determine a stress-strain state of a stay rope taking into account its composite structure. Since the mechanical properties and stay rope design are different and regular in orthogonal directions, the stay rope as a composite structure is orthotropic.

Conclusion. Orthotropic ropes are more suitable for operating conditions of cable-stayed bridges. The considered studies of ropes in permanent structures, in particular cable-stayed bridges, do not allow determining a stress-strain state of a multilayer tractive element (stay rope), taking into account a character of its interaction with the structure.

A model is created, a method for calculating a stress-strain state of an orthotropic composite tractive element is developed, with comprehensive consideration of its design, mechanical properties of its components, and given conditions for connection to the structure. The method allows determining its stress-strain state at a design stage of the permanent structure based on structural parameters and mechanical properties of composite rope components and conditions of its interaction with the structure, thereby increasing reliability and operational efficiency of the structure, in particular, a cable-stayed bridge.

The ability to provide continuous automatic control of cable breakages allows increasing reliability of a cable-stayed structure by making technical decisions justified for this situation.

It is established that the zone of disturbance of a stress-strain state along the rope length depends on a ratio of shear rigidity of elastic shell material located between the cables and tensile rigidity of cables. The character of disturbance zone distribution across the stay rope cross-section depends on the amount of reinforcing elements and their relative location.

The stay rope model is constructed using the principles of mechanics of an elastic body, and solved analytically. The obtained results, within the boundaries of a linear problem, are sufficiently reliable.

References

- [1] Hapchenko S.A. (2013). Calculation of cable-stayed structures by numerical method. *A collection of scientific papers (mechanical engineering, construction) of PoltNTU*, 4(39). Vol.1. 64–70.
- [2] Storozhenko L.I., Yermolenko D.A. (2017). Calculation of a stress-strain state of cable-stayed structures. *Collection of scientific works of the Ukrainian State University of Railway Transport*, 174. 33–42.
- [3] Morhun A.S., Soroka M.M., Met I.M. (2016). Features of calculation of "cable-stayed bridge" structures by means of CAD. *Visnyk of the Vinnytsia Polytechnic Institute*, 4. 7–11.
- [4] DSTU-N B EN 1993-1-11:2012 Eurocode 3. Design of steel structures. Part 1-11. Design of structures with tension components (EN 1993-1-11:2006, IDT). [Valid from 01.07.2013]. Official Publication. Kyiv: State Committee for Technical Regulation and Consumer Policy, 28 p.

УДК 622.673:539

Колосов Д.Л., д.т.н., зав. каф. механічної та біомедичної інженерії

Черниш П.В., аспірант каф. механічної та біомедичної інженерії

(Національний технічний університет «Дніпровська політехніка», м. Дніпро, Україна)

НАПРУЖЕНО-ДЕФОРМОВАНІЙ СТАН ГУМОТРОСОВОГО КАНАТА З ТРОСАМИ РІЗНОЇ ЖОРСТКОСТІ ПРИ ОСЬОВОМУ РОЗТЯГУ

Вступ. Плоскі гумотросові канати застосовуються як тягові органи підйомних машин. Їх застосуванню в машинах для переміщення на значні висоти, включно і в глибоководному підйомі, може сприяти розробка каната змінної за його довжиною міцністю. Змінної міцності такої, що забезпечує рівність запасів міцності по усіх перерізах каната. Такій умові може задовольняти канат змінної ширини – зі змінною кількістю тросів однакового діаметру в ньому.

Маса одиниці довжини каната зростає зі зростанням відстані перерізу каната до корисного вантажу. Змінність маси каната на його одиничній довжині можна досягти за рахунок різної конструкції тросів його армування. Таку зміну конструкції можна здійснити, наприклад, наступним чином. В тросах центральну стренгу включити до конструкції каната на деякій довжині. В районі закінчення стренги трос стиснути спеціальним затискувачем. Він унеможливить розкручування стренги троса. В канаті застосувати троси, перерізи зміни конструкції яких, розташувати в різних перерізах каната. Таким чином маса каната буде змінна по довжині.

У разі розташування кінців тросів з середньою стренгою в одному кінці каната, його міцність в цій частині буде максимальна. Різні довжини частин тросів з середньою стренгою забезпечать зменшення питомої маси одиниці довжини каната в перерізах більш близьких до перерізу приєднання до нього вантажу.

Змінна по довжині конструкція тросів призводить до зміни їхніх механічних характеристик. Зміна жорсткості тросів на розтяг в різних перерізах гумотросового каната призводить до наявності в перерізі каната тросів з різними механічними характеристиками, що впливає на напружений стан каната.

Стан питання та постановка задачі дослідження. Питання впливу розривів тросів в гумотросових канатах на розподіл сил по їх ширині для різних умов розглядалося в багатьох роботах. В них не розглядалося питання сумісного впливу на тягову спроможність каната декількох чинників, таких як використання тросів змінної жорсткості, криволінійна форма твірної барабана підйомної машини, розриви тросів. Не розглядалося питання і скручування каната при розриві троса.

Тягові елементи працюють в межах дії лінійного закону Гука. Це дозволяє розділити загальну задачу на окремі з визначення напружено-деформованого стану каната від впливу зовнішніх чинників. Зовнішніми чинниками будемо вважати опуклу робочу поверхню барабана підйомної машини та наявність в конструкції гумотросового каната троса, жорсткість якого відмінна від жорсткості інших тросів. Тому встановлення максимальних кількісних показників напружено-деформованого стану каната комбінованої конструкції з ушкодженим тросом відмінною від основних тросів та змінною за його довжиною жорсткістю на прямолінійній ділянці, є актуальною науково-технічною задачею.

Основний зміст роботи. Нормальні перерізи каната з тросами різної жорсткості, плоскі до подовжнього розтягу, залишаються плоскими і після нього. В гумі каната напруження зсуву не виникають. Сила розтягу каната розподіляється поміж тросами, як поміж паралельними стрижнями – пропорційно їх жорсткостям. Розрив троса

призводить до викривлення перерізу каната. В гумовій оболонці гумотросового каната виникають дотичні напруження. Вони призводять до перерозподілу сил поміж тросами.

Показники напружено-деформованого стану гумотросового каната з однотипними тросами визначається за відомими залежностями. Так переміщення тросів u , сили їх навантаження p , максимальні кути зсуву гуми поміж тросами каната a безмежної довжини $(-\infty < x < \infty)$ з одним тросом, що має розрив неперервності в перерізі $(x = 0)$, можна визначити за наступними виразами

$$u_i = \frac{P}{M E F} \left(\frac{\sum_{m=1}^{M-1} e^{-\beta_m x} \cos(\mu_m(i-0,5)) \cos(\mu_m(j-0,5))}{\sum_{m=1}^{M-1} \cos^2(\mu_m(j-0,5)) \beta_m} + x \right), \quad (1)$$

$$p_i = \frac{P}{M} \left(\frac{-\sum_{m=1}^{M-1} e^{-\beta_m x} \cos(\mu_m(i-0,5)) \cos(\mu_m(j-0,5)) \beta_m}{\sum_{m=1}^{M-1} \cos^2(\mu_m(j-0,5)) \beta_m} + x \right), \quad (2)$$

$$a_i = \frac{u_i - u_{i+1}}{h}, \quad (3)$$

де i – номер троса; E, F – відповідно, приведений модуль пружності на розтяг та площа

поперечного перерізу троса; $\beta_m = \sqrt{2 \frac{G b k_G}{(h-d) E F} [1 - \cos(\mu_m)]}$; $\mu_m = \frac{\pi m}{M}$; M –

кількість тросів в канаті; h – відстань поміж тросами; b – товщина каната; d – діаметр троса; G – модуль зсуву матриці; k_G – коефіцієнт впливу форми гуми, розташованої поміж тросами, на жорсткість її зсуву; j – номер ушкодженого троса.

Відзначимо, у виразі (3) фактично визначено тангенс кута зсуву гумової оболонки. Кути зсуву при цьому малі. Тангенси малих кутів, практично, дорівнюють самим кутам. Вираз (3) визначає кут зсуву.

Залежності (1) – (3) побудовані на основі математичної моделі взаємодії системи регулярно укладених тросів як жорстких шарів, розташованих поміж шарами гуми, в яких виникають лише напруження зсуву. Вони не можуть бути використані в інженерній практиці для визначення напружено-деформованого стану каната з тросами різної жорсткості. Моделі каната з жорсткими шарами різної жорсткості не дозволяють отримати вирази для визначення показників напруженого стану каната в замкненому вигляді, що ускладнює їх використання в інженерній практиці.

Візьмемо за основу модель каната як шаруватої конструкції з шарами, що мають однакові механічні характеристики. Шар, що відповідає тросу іншої жорсткості на розтягнення (в нашому випадку меншої), приймемо попередньо zdeформованим – стиснутим незмінною по довжині троса силою. Величину сили приймемо рівній різниці сил, що призведуть до однакових подовжень тросів різної жорсткості при розтягу каната без ушкодження тросів розрахунковим зусиллям. В результаті навантаження каната розрахунковим зусиллям його перерізи будуть плоскими. Усі троси навантажені рівними зусиллями. Це дозволяє використати відому розрахункову модель гумотросового каната, як композитного матеріалу шаруватої побудови з жорсткими та м'якими шарами.

Розглянемо канат безмежної довжини $(-\infty < x < \infty)$. Будемо вважати, що в ньому в перерізі $(x = 0)$ ушкоджено трос меншої жорсткості. Надамо цьому тросу номер j . Опустимо проміжні перетворення. Остаточно маємо вирази для внутрішніх сил розтягу тросів та їх переміщень

$$p_i = \frac{P}{M} \left(- \frac{\Omega \sum_{m=1}^{M-1} \left[\left(\cos(\mu_m(j-0,5)) + D_m \Omega \right) e^{-\beta_m x} \beta_m + D_m \Omega \right] \cos(\mu_m(i-0,5))}{\sum_{m=1}^{M-1} \left[\left(\cos(\mu_m(j-0,5)) + D_m \Omega \right) \beta_m + D_m \Omega \right] \cos(\mu_m(j-0,5))} - \frac{1}{M} \sum_{m=1}^{M-1} \cos(\mu_m(j-0,5)) \cos(\mu_m(i-0,5)) + \cos^2(\mu_m(j-0,5)) + \Omega \right), \quad (4)$$

$$u_i = \frac{P}{M E F} \left(\frac{\Omega \sum_{m=1}^{M-1} \left[\left(\cos(\mu_m(j-0,5)) + D_m \Omega \right) e^{-\beta_m x} + D_m \Omega \right] \cos(\mu_m(i-0,5))}{\sum_{m=1}^{M-1} \left[\left(\cos(\mu_m(j-0,5)) + D_m \Omega \right) \beta_m + D_m \Omega \right] \cos(\mu_m(j-0,5))} - \frac{x}{M} \sum_{m=1}^{M-1} \cos(\mu_m(j-0,5)) \cos(\mu_m(i-0,5)) + \cos^2(\mu_m(j-0,5)) + \Omega x \right), \quad (5)$$

де Ω – відношення меншої жорсткості троса до жорсткості основних тросів каната;

$D_m = \frac{2}{M} \sum_{m=1}^{M-1} \varepsilon_i \cos(\mu_m(i-0,5))$; ε_i – відносна деформація троса меншої жорсткості.

Відносна деформація троса меншої жорсткості визначається залежністю

$$\varepsilon_i = - \frac{2\Omega}{M} \sum_{m=1}^{M-1} \cos(\mu_m(j-0,5)) \cos(\mu_m(i-0,5)). \quad (6)$$

Залежності (4) та (5) дозволяють визначати внутрішні (умовні) навантаження тросів та їх переміщення в канаті з ушкодженим тросом меншої жорсткості. Відомі переміщення та вираз (3) дозволяють визначати максимальні кути зсуву матеріалу гумової матриці.

Висновки. Отримані в замкненому вигляді аналітичні залежності дозволяють визначати максимальні кількісні показники напружено-деформованого стану каната комбінованої конструкції з ушкодженим тросом відмінної від основних тросів та змінної за його довжиною жорсткістю на прямолінійній ділянці.

Підприємництво та торгівля

Бойко О.О., аспірант спеціальності 051 Економіка

Науковий керівник: Гармідер Л.Д. д-р. екон. наук, завідувачка кафедри економіки та права

(Навчально-науковий інститут «Український державний хіміко-технологічний університет» Українського державного університету науки і технологій, м. Дніпро, Україна)

ВНУТРІШНІ ЧИННИКИ ВПЛИВУ НА ПРИЙНЯТТЯ РІШЕНЬ В БУДІВЕЛЬНОМУ БІЗНЕСІ

Для бізнесу у сфері виробництва продукції та надання послуг на ринку цивільного будівництва ключовим є баланс між обмеженими ресурсами на задоволення попиту споживачів та жорсткими вимогами ринку. Тому ефективність управлінських рішень для підтримки такого балансу є критичним фактором забезпечення конкурентоспроможності підприємства та стійкості його на ринку. У сучасних умовах глобалізації, цифровізації економіки та нестабільності ринків зростає значення чинників, які впливають на формування та реалізації управлінських бізнес-рішень. Виходячи з цього ефективно прийняття в підприємницькій діяльності управлінських рішень передбачає ідентифікацію та врахування відповідних чинників, що впливають та прийняття таких рішень. Слід відзначити, наявність великої кількості чинників та відповідно множину існуючих систематизацій (груп) таких чинників. Поширеним є підхід щодо поділу чинників впливу на дві групи: внутрішні (керовані, суб'єктивні) та зовнішні (некеровані, об'єктивні).

Внутрішні чинники діють всередині суб'єкта господарювання, на них власники бізнесу або менеджери можуть впливати безпосередньо (суб'єктивні фактори). Тобто це чинники, які контролюються, регулюються та пов'язані з управлінськими процесами, ресурсами, організаційною культурою, особистими та професійними якостями тих, хто приймає рішення [1]: *мета та завдання*: чітко визначені цілі та стратегічна мета, на досягнення яких спрямоване рішення. Рішення мають відповідати місії та планам розвитку суб'єкта господарювання; *ресурси*: наявність коштів, кваліфікованих кадрів, технологій, обладнання та часу; *організаційна структура*: рівень бюрократії, система підпорядкування та розподіл повноважень; *інформаційне забезпечення*: якість, своєчасність отримання даних всередині бізнес-структури, швидкість передачі інформації; *корпоративна (організаційна) культура*: цінності, традиції та готовність команди до змін; *особистість особи, яка приймає рішення (ОПР)*: освіта, компетентність, ділові якості, досвід, цінності, психологічні особливості, інтуїція, схильність до ризику, стиль управління; *психологічний стан особи, яка приймає рішення (ОПР)*: емоції, страх (невдачі, відповідальності), упередження (наприклад, надмірна впевненість), сприйняття ризику.

Список використаних джерел:

1. Омеко А.В. Зовнішні та внутрішні чинники впливу на рівень ефективності управління підприємством. Економіка та суспільство. 2024. Випуск №68. URL: <https://doi.org/10.32782/2524-0072/2024-68-182>

Велюс Д.О., аспірант спеціальності 051 Економіка

Науковий керівник: Вагонова О.Г., д-р. екон. наук, зав. кафедри прикладної економіки, підприємництва та публічного управління

(Національний технічний університет «Дніпровська політехніка», м. Дніпро, Україна)

МАШИНОБУДІВНА ГАЛУЗЬ В УМОВАХ ВІЙНИ ТА НАПРЯМИ ВІДНОВЛЕННЯ

Машинобудування є однією з ключових та стратегічно важливих галузей для промислового комплексу України та розвитку країни в цілому. Продукція машинобудування забезпечує технологічну основу для розвитку інших галузей національної економіки – транспорту, енергетики, будівництва, оборонно-промислового комплексу – та має прямий вплив на економічну стійкість держави. Повномасштабна російська агресія привела до фізичного руйнування виробничої та соціальної інфраструктури галузі, втрат персоналу, розриву логістичних ланцюгів і фінансової нестабільності підприємств [1]. За оцінками, у перші місяці вторгнення понад 46% підприємств були змушені призупинити діяльність або опинилися під загрозою закриття, було зруйновано чи пошкоджено понад 30% машинобудівних заводів [2, 3].

Найбільш серйозними викликами під час війни для галузі стали: фізичне знищення або пошкодження виробничих потужностей; перебої з енергопостачанням; розрив логістичних ланцюгів; кадровий дефіцит; зношеність устаткування; недостатній рівень державної підтримки; фінансова нестабільність.

Вже у 2022 році обсяг виробництва впав на 43,1% порівняно з 2021 роком, а рентабельність опустилася до від'ємного значення – мінус 3,3%, що свідчить про збитковість більшості підприємств галузі. Попри складні обставини, вже у 2023 році галузь почала демонструвати ознаки адаптації. За даними Держстату, обсяг виробництва зріс на 18,4% порівняно з 2022 роком [4]. Це зростання, хоч і базувалося на вкрай низькому попередньому рівні, але стало свідченням здатності галузі до відновлення. Значну роль у цьому відіграли заходи з релокації підприємств до безпечніших регіонів – західних і центральних областей України. За офіційними даними, понад 19000 підприємств змінили юридичну адресу з лютого 2022 року і хоча процес був складним, він допоміг зберегти виробничий потенціал [5].

Покращення ситуації з енергопостачанням і часткове відновлення логістичних маршрутів сприяли стабілізації виробництва. У 2023 році кількість діючих підприємств стабілізувалось на рівні 4568, а рентабельність зросла до 6,8%. У 2024 році машинобудування увійшло в етап відносної стабілізації після стрімкого відновлення у 2023-му. Незважаючи на незначне скорочення обсягів виробництва на 0,4%, галузь продемонструвала позитивні результати. Крім того, підприємства поступово переорієнтувались на виробництво продукції з вищою доданою вартістю, що дозволило підвищити маржинальність продажів навіть за умов скорочення фізичних обсягів виробництва [1, 4].

За результатами 2025 р. у машинобудуванні України відбулося зростання виробництва на 1,3% порівняно з 2024р. Державне, зокрема оборонне замовлення, сприяло збільшенню виробництва транспортних засобів (військових транспортних засобів – на 7,1% (січень – жовтень 2025р.), вузлів, деталей і приладдя для автотранспортних засобів – на 13, %. У виробництві електричного устаткування зростання становило 4,9%, виробництво комп'ютерів, електронної та оптичної продукції зросло на 20,7 %. Розвитку машинобудування також сприяло збільшення вимоги щодо локалізації в публічних закупівлях продукції машинобудування у 2025р. з 20% до 25 %.

Відтепер державні установи, підприємства та органи місцевого самоврядування можуть закуповувати лише ту машинобудівну продукцію, в якій частка українських компонентів становить щонайменше 25%. [6].

Таким чином, російська воєнна агресія завдавши глибоких потрясінь за період 2022–2025 рр., водночас спричинила масштабну трансформацію машинобудівного комплексу України та вплинула на формування напрямів післявоєнного відновлення, основні з яких:

- «зелена трансформація» як складова сталого розвитку (впровадження екологічних технологій, що є умовою залучення інвестицій та відповідності стандартам ЄС);

- активне залучення внутрішніх та зовнішніх інвестицій з метою модернізації основних фондів, що постраждали від війни, та створення нових на інноваційній основі, відбудова та розвиток машинобудівної інфраструктури;

- пріоритетність виробництва експортноорієнтованої продукції воєнно-промислового комплексу, сільськогосподарської техніки, будівельних машин та транспорту;

- створення з країнами ЄС, Великобританії, Близького сходу, Південної Кореї, Японії спільних підприємств, інтеграція в європейські та світові ланцюги доданої вартості;

- розширення в галузі цифровізації та застосування штучного інтелекту.

Основними інструментами повоєнної розбудови українського машинобудування є розробка та впровадження дієвих стимулюючих та компенсаційних механізмів на державному, регіональному та місцевому рівнях; диверсифікація виробництва; створення сприятливих умов для експортної діяльності; сприяння партнерству з іноземними виробниками та розширення внутрішнього попиту на машинобудівну продукцію українських виробників [7].

Список використаних джерел:

1. Нагорна І. І., Корейба В. Д. Машинобудування України під час війни: виклики, адаптація та можливості розвитку. Інвестиції: практика та досвід. 2025. № 16. С. 220–227. URL: <https://www.nayka.com.ua/index.php/investplan/article/view/7219/7339>
2. Яковенко І. Із початку повномасштабного вторгнення 90% українських компаній відновили роботу – дослідження. 2024. URL: <https://www.village.com.ua/village/business/news/348005-z-pochatku-povnomasshtabnoyi-viyni-90-ukrayinskih-kompaniy-vidnovilirobotu-doslidzhennya>
3. Пінчук О.В. Трансформаційні зміни у машинобудуванні України під впливом воєнних дій. Трансформаційна економіка. 2024. № 3 (08). С. 37–44. URL: <https://www.transformations.in.ua/index.php/journal/article/view/117>
4. Державна служба статистики України. URL: <https://statzvit.ukrstat.gov.ua/>
5. Пикало О. Релокація бізнесу. У 2024 році бажаючих змінити юридичну адресу стало менше. 2025. URL: <https://forbes.ua/news/biznesi-u-2024-rotsi-pereizhdzhali-na-20-ridshe-naupopulyarnishiy-marshrut-zistolitsi-do-kiivshchini-10022025-27008>
6. Тенденції функціонування промисловості України у 2025 р. <https://niss.gov.ua/news/komentari-ekspertiv/tendentsiyi-funktsionuvannya-promyslovosti-ukrayiny-u-2025-r>
7. Карачина Н.П., Кошовий В.В., Штанько О.С. Трансформація розвитку та напрями розбудови машинобудування України. Економічний простір. 2024. № 190. С. 218–222. URL: <https://prostir.pdaba.dp.ua/index.php/journal/article/view/1489>

Горпинич А.О., аспірант спеціальності 051 Економіка

Науковий керівник: Самілик Т.М., доцент кафедри економіки, канд. екон. наук.

(Дніпровський державний аграрно-економічний університет, м. Дніпро, Україна)

ФАНДРАЙЗИНГ ЯК ІНСТРУМЕНТ ЗАЛУЧЕННЯ ФІНАНСОВОГО РЕСУРСУ ДЛЯ РОЗВИТКУ ЗАКЛАДІВ СФЕРИ HORECA

В Україні підприємницька діяльність тривалий час перебуває у складному стані через макроекономічні виклики, військові дії, обмежений доступ до фінансування, високий рівень регуляторного тиску та нестабільність ринків. За таких умов пошук альтернативних джерел фінансування стає критично важливим фактором розвитку закладів сфери HORECA. Необхідність зміцнення фінансової бази бізнесу, формування його інвестиційної привабливості та впровадження інновацій без надмірного боргового навантаження роблять фандрайзинг ефективним механізмом підтримки підприємств.

У широкому розумінні фандрайзинг - це системний процес пошуку, залучення та управління коштами та іншими ресурсами для реалізації конкретних задач, проєктів, ініціатив та для підтримання діяльності та існування організації загалом [1]. Під час здійснення фандрайзингу заклади сфери HORECA мають можливість отримати матеріальні (гроші, матеріали) та нематеріальні ресурси (людські, інформаційні, технологічні, юридичні, маркетингові). Вважається, що для ефективного фандрайзингу необхідне систематичне планування, організація процесів, їх контроль та аналіз, звітування, що допоможе встановити довіру з донорами та збільшити кількість наданих ресурсів. Це не просто збір коштів, а системна побудова довгострокових відносин з партнерами. Таким чином сучасний фандрайзинг є комплексною управлінською технологією, що охоплює стратегічне планування, маркетинг, комунікації, соціальне партнерство та аналітику.

Суб'єкти господарювання в ресторанному бізнесі застосовують різні види фандрайзингу, зокрема: – оперативний: збір ресурсів для вирішення конкретних поточних завдань або діючих виробничих проєктів; – проєктний: залучення фінансування під стартап, захід чи соціальну ініціативу; – приватний: залучення невеликих пожертв від великої кількості людей (індивідуальних донорів).

До ключових інструментів фандрайзингової діяльності належать грантові програми, розвиток партнерських взаємин, спонсорська підтримка, пільгове кредитування, краудфандингові платформи, благодійні внески, масові ініціативи зі збору коштів, участь у фінансових конкурсах, а також різні форми соціального інвестування. [2] Серед цих механізмів для підприємницького сектору особливо вагомими є гранти - безповоротні фінансові ресурси, що надаються для реалізації конкретної ідеї або проєкту. У нинішніх економічних умовах як держава, так і міжнародні донорські структури та корпоративні фонди активно спрямовують свою підтримку саме на зміцнення малого й середнього бізнесу, стимулювання зайнятості та впровадження інновацій у виробництво. Таким чином, фандрайзинг для бізнесу не тільки обмежується залученням коштів та інших ресурсів, а повинен стати складовою механізму стратегічного планування та управління розвитком закладів сфери HORECA з метою підвищення їх ринкової стійкості й конкурентних переваг.

Список використаних джерел:

1. Лукьянова В. Фандрайзинг: що це та чому фінансові пожертви важливі для розвитку організацій. URL: <https://life.pravda.com.ua/columns/2021/06/26/245274/>
2. Дім громадянського суспільства. URL: <https://home.ednannia.ua/>

Госалов Ю.С., аспірант спеціальності 051 Економіка
Науковий керівник Вагонова О.Г., д-р. екон. наук, зав. кафедри прикладної економіки, підприємництва та публічного управління
(Національний технічний університет «Дніпровська політехніка», м. Дніпро, Україна)

ІНСТРУМЕНТИ ПІДВИЩЕННЯ КОНКУРЕНТОСПРОМОЖНОСТІ ПІДПРИЄМСТВ ПРИ ВСТУПІ ДО ЄС

Підвищення конкурентоспроможності вітчизняних підприємств при вступі до ЄС базується на модернізації виробництва, сертифікації за стандартами ЄС (ISO), впровадженні інновацій (індустрія 4.0), цифровізації процесів та активному маркетингу. Основними інструментами для досягнення зазначених завдань є міжнародний бенчмаркінг, енергоефективність, участь у програмах ЄС (зокрема, «Горизонт Європа» та «Цифрова Європа»), підвищенні якості продукції та професійної підготовки персоналу.

Основні напрямки та досвід ЄС, що є актуальними для України: *цифрова трансформація* (близько 59% підприємств ЄС досягли базового рівня цифрової інтенсивності, активно впроваджуючи автоматизацію та e-sales), *розвиток людського капіталу* (лідери ЄС – Фінляндія, Швеція, Данія – забезпечують навчання ІКТ-навичкам для понад 30-40% співробітників, підвищуючи продуктивність праці), *підтримка малого та середнього бізнесу* (Small and Medium Enterprises: наприклад, програми [COSME \(Competitiveness of Small and Medium Enterprises\)](#)), спрямовані на покращення доступу до фінансування, міжнародного партнерства через EEN (Enterprise Europe Network) та інноваційну діяльність), *впровадження циркулярної економіки* (перехід до екологічно стійкого виробництва, низьковуглецевої економіки та ефективного використання ресурсів), *розробка інноваційних технологій* (активне фінансування науково-дослідних та дослідно-конструкторських робіт через грантові програми), *стандартизація виробничих процесів* (впровадження міжнародних сертифікатів якості, що є обов'язковим для експорту на ринок ЄС) [1].

Європейські державні та недержавні інституції допомагають Україні швидко виконати «домашні завдання з модернізації країни» для вступу до ЄС. Зокрема, надають інституційно-правову та фінансову допомогу у виді грантів та кредитів: програми Ukraine Facility (залучення коштів із загального пакета у 50 млрд євро для інвестицій та технічної підтримки бізнесу протягом 2024–2027 років); Ukraine-Ready4EU (Business Bridge) (підтримка до 1500 малих та середніх підприємств для інтеграції в ЄС), STEP IN 2 EU (додаткове фінансування для цифровізації послуг та зміцнення кластерів); кредитні лінії EU4Business (доступ до пільгових кредитів через банки-партнери – Privatbank, Ощадбанк – для оновлення основних фондів виробництва) [2].

Список використаних джерел:

1. Як українському бізнесу отримати доступ до одного із найбільших світових ринків? URL: <https://easybusiness.in.ua/en/how-can-ukrainian-business-gain-access-to-one-of-the-world-s-largest-markets/>
2. Програма економічної підтримки "Український фонд" (2024-2027). URL: <https://www.ukrainefacility.me.gov.ua/en/home/#:~:text=The%20Ukraine%20Facility%20is%20the%20European%20Union's,support%20in%20the%20implementation%20of%20the%20program>.

Замкова В.В., магістр спеціальності D3 Менеджмент

Науковий керівник: Тимошенко Л.В., к.е.н., доцент кафедри прикладної економіки, підприємництва та публічного управління

(Національний технічний університет «Дніпровська політехніка», м. Дніпро, Україна)

ОСОБЛИВОСТІ ВЗАЄМОДІЇ ЗАЦІКАВЛЕНИХ СТОРІН У ПРОЕКТАХ СТАЛОГО РОЗВИТКУ

У сучасній парадигмі управління проектами сталого розвитку категорія «зацікавлені сторони» (стейкхолдери) посідає ключове місце, оскільки саме через взаємодію різних груп інтересів забезпечується досягнення соціально-економічного та екологічного ефекту. У наукових працях акцентується, що стейкхолдерський підхід трансформує традиційну модель управління, орієнтовану виключно на результат, у багатовимірну систему координації інтересів, очікувань і відповідальності суб'єктів розвитку [1].

Проекти функціонують у межах внутрішнього та зовнішнього середовища, представники якого проявляють зацікавленість у процесах їх планування, реалізації та отриманих результатах, а отже, можуть здійснювати на них вплив. У теорії та практиці управління проектами і програмами такі суб'єкти визначаються як зацікавлені сторони або стейкхолдери. Управління ними є складовою ефективного проектного менеджменту та передбачає безперервну комунікацію з метою виявлення їхніх потреб і очікувань, узгодження суперечливих інтересів, а також забезпечення участі у процесах прийняття рішень і реалізації проекту. Однією з ключових цілей проекту виступає досягнення задоволеності стейкхолдерів, що зумовлює необхідність їх належної підготовки до взаємодії вже на початкових етапах життєвого циклу проекту. У контексті концепції сталого розвитку зацікавлені сторони розглядаються не лише як суб'єкти впливу, але й як активні учасники створення суспільної цінності, що підкреслює значущість партнерства, діалогу та гармонізації інтересів. Водночас процес їх залучення ґрунтується на трьох ключових складових: плануванні, безпосередній взаємодії та контролі [2].

І. Максимова в дослідженні підкреслює, що «реалізація проектів сталого розвитку вимагає ефективних механізмів співпраці між державними та приватними структурами, що дозволяє забезпечити синергію інтересів і ресурсів для досягнення глобальних цілей сталого розвитку» [3].

Ідентифікація стейкхолдерів у проектах сталого розвитку передбачає визначення всіх груп, що мають прямий або опосередкований вплив на реалізацію проекту. У наукових джерелах пропонується декілька підходів до класифікації: за характером впливу, за видами проблем, за ступенем зацікавленості, за рівнем влади й впливу. Такий розподіл дозволяє формувати карту стейкхолдерів та визначати пріоритетність управлінських рішень.

Особливого значення набуває застосування аналітичних інструментів – матриці «вплив-зацікавленість», картування інтересів, аналізу очікувань. Їх використання сприяє мінімізації конфліктів, підвищенню прозорості прийняття рішень та формуванню довіри між учасниками проекту [1].

Важливим методологічним аспектом є інтеграція принципу взаємодії із зацікавленими сторонами в систему стратегічного управління та звітності. У дослідженні, присвяченому інтегрованій звітності, зазначається, що принцип залучення зацікавлених сторін (stakeholder engagement) передбачає систематичний діалог із зацікавленими сторонами з метою визначення суттєвих аспектів діяльності та формування прозорої інформаційної політики [4].

Проте, ефективна реалізація проєктів сталого розвитку передбачає не лише ідентифікацію зацікавлених сторін, а й формування дієвих механізмів їх взаємодії. У сучасних наукових дослідженнях управління взаємодією стейкхолдерів розглядається як комплекс організаційних, комунікаційних та інституційних інструментів, спрямованих на узгодження інтересів і досягнення синергетичного ефекту [1; 3]. Особливість проєктів сталого розвитку полягає в їх багатовимірності, що обумовлює необхідність міжсекторальної координації та партнерства.

У практиці управління соціальними проєктами застосовуються різноманітні інструменти залучення стейкхолдерів: публічні консультації, круглі столи, стратегічні сесії, експертні обговорення, механізми електронної демократії, соціальні партнерства [1]. Згідно з результатами досліджень, систематичне залучення зацікавлених сторін на всіх етапах життєвого циклу проєкту – від ініціації до оцінки результатів – сприяє підвищенню якості управлінських рішень та ефективності використання ресурсів [3].

Важливим механізмом взаємодії виступає стратегічна комунікація. Вона передбачає формування прозорої інформаційної політики, регулярне інформування про хід реалізації проєкту та врахування зворотного зв'язку від зацікавлених сторін. У контексті інтегрованої звітності принцип взаємодії із зацікавленими сторонами реалізується через процедури визначення суттєвих аспектів діяльності, які відображають найбільш значущі питання для різних груп інтересів [4]. Таким чином, комунікація стає інструментом формування довіри та довгострокових партнерських відносин.

Окремої уваги потребує управління конфліктами інтересів, що є невід'ємною складовою взаємодії стейкхолдерів. У наукових працях наголошується, що асиметрія ресурсів, різні ціннісні орієнтації та пріоритети можуть зумовлювати суперечності між учасниками проєкту [3]. Ефективними інструментами їх врегулювання є переговорні процедури, медіація, створення дорадчих органів, а також використання механізмів спільного прийняття рішень.

Крім того, сучасні тенденції розвитку проєктного менеджменту передбачають активне використання цифрових платформ для координації діяльності стейкхолдерів. Електронні сервіси, онлайн-консультації та інтерактивні платформи участі розширюють можливості залучення громадськості, підвищують прозорість та оперативність комунікації. Це особливо актуально для соціальних та інфраструктурних проєктів, що реалізуються в умовах високої динамічності зовнішнього середовища [1].

Таким чином, механізми та інструменти взаємодії стейкхолдерів у проєктах сталого розвитку формують комплексну систему управління, яка базується на принципах партнерства, прозорості, відповідальності та участі. Їх ефективне застосування дозволяє забезпечити узгодження інтересів різних груп, мінімізувати конфлікти та досягти стратегічних цілей сталого розвитку.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Савков Р., Карвацка Н. (2024). Управління взаємодією стейкхолдерів соціальних проєктів. Collection of Scientific Papers «ΛΟΓΟΣ», (August 16, 2024; Oxford, UK), 52–64. DOI <https://doi.org/10.36074/logos-16.08.2024.014>
2. Бабич Т. О. Особливості підготовки плану залучення зацікавлених сторін міжнародного проєкту (детальний гайд). Академічні візії. Економіка. Випуск 21. 2023. URL: <http://dx.doi.org/10.5281/zenodo.8125185>
3. Максимова, І. (2025). Стратегічне партнерство у проєктах сталого розвитку в умовах цифрової трансформації та змін клімату. Економіка та суспільство, (72). DOI: <https://doi.org/10.32782/2524-0072/2025-72-131>
4. Безверхий К.В. Принцип взаємодії із зацікавленими сторонами в інтегрованій звітності підприємств. Scientia fructuosa. 120, 4 (Вер 2018), 97–107. DOI: [https://doi.org/10.31617/visnik.knute.2018\(120\)09](https://doi.org/10.31617/visnik.knute.2018(120)09).

Косинський П.А., аспірант спеціальності 051 Економіка

Науковий керівник: Чорнобаєв В.В., канд. екон. наук, доцент кафедри прикладної економіки, підприємництва та публічного управління

(Національний технічний університет «Дніпровська політехніка», м. Дніпро, Україна)

БІЗНЕС-СТРАТЕГІЇ АДАПТАЦІЇ ПІДПРИЄМСТВ ДО МІНЛИВОСТІ ЗМІН ЗОВНІШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА

Досвід підприємницької діяльності національних суб'єктів господарювання під час тривалої російської воєнної агресії свідчить про високий рівень та швидкість адаптації до викликів війни в перші місяці та рік цієї навали. Але повстало питання необхідності планування довгострокового розвитку підприємств на основі розробки та впровадження нових стратегій та інструментів масштабування бізнесу. Такі бізнес-стратегії повинні бути адаптовані до прояву реалій війни та орієнтовані на повоєнну відбудову економіки держави, забезпечувати економічну стійкість підприємств, підвищення ефективності їх функціонування та конкурентоспроможності на внутрішніх та зовнішніх ринках.

Теоретичні дослідження, зокрема дослідження Аналітичного центру при Кабінеті Міністрів України, та практика застосування інноваційних стратегій адаптації підприємств в умовах війни сформувала основні стратегічні напрями розвитку вітчизняних підприємств реального сектору економіки:

- планування бізнесу на основі положень антикризового менеджменту;
- формування та розширення зовнішньоекономічної діяльності,;
- цифрова трансформація бізнесу;
- релокація компаній та удосконалення діяльності релокованих підприємств;
- продуктова диверсифікація та переорієнтації на інші ринки;
- енергетична автономізація;
- інтеграція до міжнародних інноваційних екосистем [1, 2, 3].

Концепція *стратегічного антикризового управління* підприємствами під час війни передбачає розробку та прийняття адаптивних, швидких управлінських рішень з метою зберігання та зростання стійкості компаній у кризовий період; мінімізації економічних ризиків на основі стратегічної гнучкості та управлінні ризиками; оцінюванні ефективності антикризових рішень та моделюванні стійкості підприємств з метою адаптування бізнесу до довготривалих кризових умов.

Концепція *стратегії зовнішньоекономічної діяльності підприємств* передбачає проведення ефективних експортно-імпортних операцій, адаптованих до довгострокових змін ринків збуту, з залученням міжнародних партнерів; розширення зовнішньоекономічної діяльності підприємств, особливо експорту, при дієвій інвестиційній підтримці бізнесу з боку держави та міжнародних інституцій.

Концепція стратегії *цифрової трансформації бізнесу*, в першу чергу малого та середнього, як засіб підвищення операційної ефективності та його стійкості на підставі автоматизації, хмарних рішень, штучного інтелекту та електронної комерції. Особливу роль в цьому напрямку має економічне оцінювання довгострокових ефектів диджиталізації при післявоєнному розвитку бізнесу та його конкурентоспроможності на міжнародних ринках.

Концепція *релокації підприємств* та їхньої адаптації до нових умов господарювання, що вкрай важко без необхідної підтримки з боку держави та міжнародних партнерів. Але само релоковане підприємство повинно розробляти такі стратегії адаптації до умов нової локації з урахуванням вітчизняного та міжнародного

досвіду, зокрема інтеграції у глобальні економічні процеси, та оцінювати довгострокові, в першу чергу економічні, наслідки таких стратегій.

Концепція стратегії *продуктової диверсифікації та переорієнтації на інші ринки* полягає у швидкій зміні асортименту продукції чи послуг відповідно до нових потреб ринку, зокрема до запитів військово-оборонного комплексу.

Концепція стратегії *енергетичної автономізації* передбачає впровадження інноваційних рішень для забезпечення енергетичної незалежності підприємств в умовах нестабільного енергопостачання.

Концепція стратегії *інтеграції до міжнародних інноваційних екосистем* спрямована на включення українських підприємств до глобальних виробничих, логістичних та інноваційних мереж як спосіб забезпечення стійкості бізнесу.

В умовах війни доцільним стає сценарне планування, яке дозволяє моделювати кілька можливих сценаріїв розвитку подій і заздалегідь готуватися до них, тобто. в умовах високої невизначеності та різких змінах зовнішнього середовища, дії постійних ризиків найбільш ефективними є адаптивні бізнес-стратегії, які передбачають багатоваріантність дій та гнучкість у ресурсному забезпеченні [4].

Ключові фактори успіху інноваційних стратегій адаптації:

- інноваційна культура та готовність до змін (підприємства з розвиненою культурою інновацій змогли швидше адаптуватися до нових умов);
- цифрова зрілість (підприємства з вищим рівнем цифровізації змогли швидше перебудувати бізнес-процеси та забезпечити їх безперервність);
- гнучкість організаційної структури (підприємства з більш плоскою та гнучкою організаційною структурою виявилися більш здатними до швидкої адаптації);
- інтеграція у міжнародні мережі (підприємства, що були інтегровані у міжнародні бізнес-мережі, отримали додаткові ресурси та можливості для адаптації);
- державна підтримка інновацій (цільові програми підтримки інноваційної діяльності підприємств з боку держави сприяли їх адаптації. За даними Світового банку, програми державної підтримки інноваційної діяльності в умовах війни мали мультиплікативний ефект, генеруючи до 4,5 грн додаткової економічної активності на кожную вкладену гривню [2].

Національний бізнес в сучасних умовах демонструє високий рівень стійкості та готовності до змін, що вимагає формування підприємством інноваційно орієнтованих адаптивних стратегій розвитку бізнесу в умовах війни та післявоєнної трансформації економіки, з урахуванням інтеграційних європроцесів та ролі підприємницької активності як інструменту відновлення. У післявоєнний період, коли традиційні економічні моделі вичерпали свій потенціал, підприємства потребують нових стратегічних підходів, заснованих на впровадженні сучасних технологій, цифрових рішень та креативних бізнес-моделей.

Список використаних джерел:

1. Артемчук М.А. Адаптивні бізнес-стратегії за умов війни та їхній вплив на економічну стабільність України. Академічні візії. 2025. №40. URL: <https://academy-vision.org/index.php/av/article/view/1687>
2. Ємченко М.Ю. Інноваційні стратегії адаптації підприємства в умовах воєнного стану: досвід та перспективи для відновлення економіки України. 2025. URL: <https://archives.mcnd.org.ua/index.php/conference-proceeding/article/view/798>
3. Міністерство економіки України. Програма релокації бізнесу в Україні. URL: <https://www.me.gov.ua>
4. Федулова Л.І. Теоретико-методичні засади управління підприємствами в умовах війни. Наукові записки. 2022. № 6.

Кукулюк О.І., аспірантка спеціальності 051 Економіка

Науковий керівник: Вагонова О.Г., д-р. екон. наук, проф. кафедри прикладної економіки, підприємництва та публічного управління

(Національний технічний університет «Дніпровська політехніка», м. Дніпро, Україна)

УПРАВЛІННЯ БІЗНЕС-ПРОЦЕСАМИ ПІДПРИЄМНИЦЬКОГО УНІВЕРСИТЕТУ

Розвиток конкурентоспроможної національної вищої освіти пов'язано з успішною адаптацією до мінливих умов освітнього, економічного та в цілому суспільного середовища, адекватною реакцією вишів на попит у підготовці високорозвинутих фахівців, здатних до технологічного та інтелектуального лідерства. Це обумовлює важливість інноваційних підходів до формування стратегічної моделі розвитку закладу вищої освіти, насамперед у форматі підприємницького університету як суб'єкта, що інтегрує навчальний процес із бізнесом, розвиває стартапи та інновації [1].

Зростання конкуренції у сфері освітніх послуг як ознака ринкових відносин, посилення вимог з боку самих споживачів до якості освіти, входження України в європейський освітній простір вплинули на активне застосування у вищих навчальних закладах системи менеджменту якості. Процесний підхід тісно пов'язаний з базовими принципами менеджменту якості, установленими стандартами ISO 9000:2000, де суб'єктом управління є система бізнес-процесів організації [2].

Необхідність впровадження процесного підходу викликана тим, що:

- діяльність вишу являє собою послідовність процесів;
- успішне функціонування закладів вищої освіти забезпечується не розв'язанням окремих проблем за допомогою поточних адміністративних заходів, а шляхом усунення причин виникнення проблеми;
- забезпечення конкурентоспроможного майбутнього закладу вищої освіти можливо тільки за рахунок підвищення ефективності усіх бізнес-процесів, що відбуваються в ньому.

На основі процесного підходу до управління зміщуються акценти від управління окремими структурними елементами на управління наскрізними бізнес-процесами, що зв'язують разом діяльність цих структурних елементів, пронизують організаційно-штатну структуру по горизонталі. Головним суб'єктом управління стає система бізнес-процесів закладу вищої освіти [3]. Тобто впровадження процесного підходу вирішує проблему неефективної взаємодії підрозділів різної функціональної підпорядкованості, фокус зміщається на споживача освітніх послуг.

Як відомо, під бізнес-процесом розуміється упорядкована сукупність робіт (підпроцесів), дій у часі і просторі із зазначенням початку та кінця і точним визначенням входів і виходів. Відносно бізнес-процесів у закладах вищої освіти, то це є сукупністю взаємопов'язаних дій (навчальних, наукових, управлінських та адміністративних), спрямованих на надання освітніх послуг та створення цінності для здобувачів вищої освіти і суспільства. До бізнес-процесів в освіті відносяться не тільки бізнес-процеси пов'язані з навчанням, а й бізнес-процеси, що пов'язані з фінансовим, економічним розвитком, консалтинговими послугами тощо.

Оптимізація цих процесів з метою підвищення якості навчання та ефективності діяльності закладу освіти пов'язана з моделюванням, застосуванням структурно-динамічного підходу до механізму формування та удосконалення організаційно-економічних взаємодій у внутрішньому середовищі закладу освіти, застосуванням сучасних інформаційних технологій для підвищення ефективності управління в умовах

цифрової економіки.

Удосконалення організаційно-економічних відносин передбачає перехід до моделі структури бізнес-процесів управління якістю надання освітніх послуг, в межах якої забезпечується:

- гнучкість як адаптаційна характеристика діяльності закладу освіти;
- повноцінна (адекватне інтересам) участь кожного суб'єкта освіти та стейкхолдера в усіх формах організаційно-економічних відносин, що формуються у внутрішньому середовищі закладу освіти.

Такі результати ефективної діяльності закладу вищої освіти можливо досягнути при впровадженні моделі структури менеджменту бізнес-процесів розробленої Ус Г.О. та Колодинським С.Б. [4]. Запропонована дослідниками модель:

- охоплює управління якістю надання освітніх послуг та реструктуризацію організаційно-економічних відносин у внутрішньому середовищі закладу освіти;
- обґрунтовує необхідність економічної інтеграції та взаємодії між суб'єктами освітнього процесу, бізнесу та інших стейкхолдерами як основи для розвитку інноваційного та конкурентоспроможного середовища університету підприємницького типу;
- орієнтована на результативність та спрямована на забезпечення гнучкості, підвищення якості діяльності вишу та ефективності освітніх послуг.

Успішність запропонованої моделі формування та управління бізнес-процесами в університеті підприємницького типу досягається при беззаперечному виконанні умов, а саме:

- реальна академічна самостійність закладу освіти;
- економічна незалежність;
- надання якісних освітніх послуг у відповідності з запитами ринку праці та суспільними інтересами.

Побудова моделі структури бізнес-процесів управління якістю надання освітніх послуг університетом підприємницького типу має бути нерозривно пов'язана з основною управлінською концепцією, прийнятою в стратегії розвитку закладу освіти. Таким чином, керуючись вибраною методологією, орієнтуючись на стратегію і місію організації, побудова моделі структури бізнес-процесів управління якістю надання освітніх послуг буде чітко орієнтованою, з ясно визначеними показниками і цілями.

Список використаних джерел:

1. Воронкова Т.С., Гурова К.Г. Підприємницький університет: інтеграція освіти, науки, бізнесу. Агросвіт. 2018. № 21. С. 28–33. <https://doi.org/10.32702/2306-6792.2018.21.28>
2. Анненкова І.П. Процесна модель діяльності ВНЗ. URL: <https://surl.lj/kvqrpm>
3. Шліхта О.Г. Класифікація бізнес-процесів в освітніх установах. Вісник Житомирського державного університету імені Івана Франка. Педагогічні науки. 2018. Випуск 3 (94). С. 107–114. URL: https://www.researchgate.net/publication/338227539_Klasifikacia_biznes-procesiv_v_osvitnih_ustanovah
4. Ус Г.О., Колодинський С.Б. Модель структури менеджменту бізнес-процесів у закладах освіти з позицій економічної взаємодії, розвитку інноваційності та конкурентоспроможності. 2023. URL: <https://nasplib.isoftware.kiev.ua/items/b2977878-b288-49a9-b1a8-31cd2d64cb27>

УДК 336.64

Нєвєнчєнкова А.А., здобувач спеціальності 073 Менеджмент

Перегон С.В., здобувач спеціальності 076 Підприємництво та торгівля

Науковий керівник: Пустовгар С.А., к.е.н., доцент кафедри управління та адміністрування, доцент

(Харківський національний університет імені В.Н. Каразіна, м. Харків, Україна)

ПІДХОДИ ДО ОЦІНЮВАННЯ ВАРТОСТІ БІЗНЕСУ ТА ОСОБЛИВОСТІ ЇХ ЗАСТОСУВАННЯ В УКРАЇНІ

У сучасній ринковій економіці оцінювання вартості бізнесу набуває все більшого значення як для потенційних інвесторів, так і для власників бізнесу. Важливість оцінювання вартості бізнесу в сучасній економіці полягає в тому, що здатність точно оцінити вартість бізнесу на ринку сьогодні є критично важливою в процесі прийняття стратегічних рішень щодо злиття та поглинання, інвестицій, реструктуризації бізнесу, продажу бізнесу чи виходу на IPO. За даними аналітиків, понад 60% угод зі злиття та поглинання в Україні зазнають труднощів саме через неадекватну оцінку вартості активів і бізнесу в цілому [1]. Це свідчить про нагальну потребу у систематизації методологічних підходів до оцінювання та їх практичного застосування.

У науковій літературі виокремлюють три основні підходи до оцінювання вартості бізнесу: дохідний, порівняльний (ринковий) та витратний (майновий). Кожен із них має власну методологічну базу, переваги та обмеження, а вибір конкретного методу або їх комбінації залежить від мети оцінювання, наявності інформації, особливостей галузі та стадії розвитку підприємства [2].

Дохідний підхід ґрунтується на принципі: вартість бізнесу визначається поточною вартістю майбутніх доходів, які бізнес здатний генерувати. Найбільш поширеним методом у межах дохідного підходу є метод дисконтування грошових потоків (DCF – Discounted Cash Flow). Відповідно до цього підходу прогнозуються вільні грошові потоки підприємства, які потім дисконтуються за ставкою, яка відображає ризики бізнесу. Цей метод особливо ефективний для компаній із передбачуваними і стабільними грошовими потоками, проте є чутливим до змін у прогнозах доходів та ставки дисконтування [3].

Порівняльний (ринковий) підхід передбачає визначення вартості бізнесу шляхом порівняння об'єкта оцінювання з подібними підприємствами, акції яких котируються на фондовому ринку, або з угодами купівлі-продажу подібних підприємств. Основними інструментами порівняльного підходу є метод компаній-аналогів та метод угод. На основі методу компаній-аналогів широко застосовуються мультиплікатори: Р/Е (ціна/прибуток), EV/EBITDA, P/S (ціна/виторг). Перевагою підходу є його орієнтація на реальні ринкові дані, проте в умовах недостатньо розвинутого фондового ринку України та обмеженої публічності угод застосування методу суттєво ускладнюється [2].

Витратний підхід до оцінювання бізнесу базується на визначенні вартості підприємства через співвідношення вартості його активів і зобов'язань. Найпоширенішим у межах цього підходу є метод чистих активів, який передбачає розрахунок різниці між вартістю активів підприємства та сумою його зобов'язань. Застосування витратного підходу є доцільним насамперед для великих компаній із значним обсягом матеріальних активів, а також для підприємств, щодо яких розглядається ліквідація. Але цей метод не враховує майбутню дохідність та цінність нематеріальних активів, таких як ділова репутація, клієнтська база, людський капітал [1].

У підприємницькій діяльності жоден із цих підходів не використовується окремо. Спеціалісти з оцінювання застосовують кілька методів, а отримані результати об'єднують у підсумкову вартість шляхом вагового розрахунку. Вагові коефіцієнти

залежать від достовірності даних, що використовуються та відповідності методу меті оцінювання. Наприклад, при оцінюванні ІТ-компанії з мінімальними матеріальними активами, але значним потенціалом зростання, пріоритет надається дохідному підходу (вага 60%), тоді як порівняльному – 40%, а витратному – 0%. Натомість для підприємства нерухомості співвідношення може бути прямо протилежним [3].

В українських умовах застосування класичних підходів до оцінювання вартості бізнесу потребує додаткового врахування чинників нестабільності зовнішнього середовища. До таких чинників належать воєнні ризики, валютна волатильність, обмежена доступність ринкової інформації, нерівномірна якість фінансової звітності підприємств, а також суттєві галузеві відмінності у рівні відновлення ділової активності. У зв'язку з цим використання стандартних моделей оцінювання без відповідної адаптації може призводити до викривлення результатів і зниження їх практичної цінності для управлінських рішень. За дослідженнями експертів, коригування на «крайновий ризик» під час розрахунку ставки дисконтування для українських підприємств може додати 5-10 процентних пунктів до аналогічних підприємств у стабільних економіках [4]. Це знижує розрахункову вартість бізнесу та потребує особливої уваги під час переговорів з іноземними інвесторами.

У зв'язку з цим, для підвищення достовірності оцінювання вартості бізнесу в українських умовах доцільно запропонувати такі методичні положення: у межах дохідного підходу — застосування сценарного прогнозування грошових потоків (базовий, песимістичний, оптимістичний сценарії) та включення до ставки дисконту премії за крайновий і безпековий ризик; у межах порівняльного підходу — коригування мультиплікаторів з урахуванням обмеженої кількості релевантних аналогів і відмінностей ринкового середовища; у межах витратного підходу — переоцінка активів за поточною відновною вартістю в умовах нестабільності цін. Запропоновані положення сприятимуть підвищенню обґрунтованості результатів оцінювання та зменшенню методичних викривлень.

Отже, дослідження підтвердило, що оцінювання вартості бізнесу є важливим інструментом управлінських, інвестиційних і стратегічних рішень, а застосування дохідного, порівняльного та витратного підходів має здійснюватися з урахуванням мети оцінювання, особливостей підприємства та якості інформаційної бази. Обґрунтовано доцільність комбінованого використання підходів, що дає змогу підвищити надійність результатів оцінювання та зменшити обмеження окремих методів.

Встановлено, що в умовах України класичні підходи до оцінювання потребують адаптації з урахуванням воєнних ризиків, валютної нестабільності, обмеженості ринкових аналогів і неоднорідності фінансової інформації. У зв'язку з цим запропоновано методичні положення щодо їх практичного застосування: для дохідного підходу – сценарне прогнозування грошових потоків і врахування премії за ризик; для порівняльного – коригування мультиплікаторів; для витратного – переоцінка активів за поточною відновною вартістю. Це підвищує обґрунтованість оцінки та практичну цінність її результатів.

Список використаних джерел

1. Момот, Т. В. (2007) Оцінка вартості бізнесу: сучасні технології. Харків : Фактор. 224 с.
2. Damodaran, A. (2012) Investment Valuation: Tools and Techniques for Determining the Value of Any Asset. 3rd ed. New York : Wiley. 992 p.
3. Copeland, T., Koller, T. & Murrin, J. (2000) Valuation: Measuring and Managing the Value of Companies. 3rd ed. New York : McKinsey & Company. 512 p.
4. PwC Ukraine. (2023) M&A Deals in Ukraine: Trends and Valuation Challenges. Kyiv. URL: <https://www.pwc.com/ua>.

УДК 338.47:005.954.6

Осадчий М.Л., аспірант спеціальності 076 Підприємництво, торгівля та біржова діяльність**Науковий керівник: Ковальов А.І., д.е.н., професор***(Одеський національний економічний університет, м. Одеса, Україна)***МОРСЬКІ ПОРТИ УКРАЇНИ ЯК ДРАЙВЕРИ МІЖНАРОДНОЇ ТОРГІВЛІ ТА ЗРОСТАННЯ МІСЬКОЇ ІНФРАСТРУКТУРИ**

У сучасній системі глобальної економіки морські порти виступають ключовими вузлами міжнародної торгівлі, інтеграції національних економік у світові виробничо-логістичні ланцюги та формування регіональних центрів економічної активності. Для України, яка має вигідне геостратегічне положення на перетині транспортних коридорів між Європою та Азією і вихід до Чорного моря, розвиток портової інфраструктури є не лише елементом транспортної політики, а й важливою складовою економічної безпеки та просторового розвитку. Морські порти України традиційно виконують функцію головних експортно-імпортних воріт держави, забезпечуючи перевалку аграрної продукції, металургійних вантажів, енергоресурсів і контейнерних перевезень, що формує значну частину валютних надходжень.

Історично провідну роль у системі морських перевезень відігравали такі порти, як Одеса, Чорноморськ та Південний, які утворюють потужний портово-промисловий кластер південного регіону. Їхній розвиток забезпечив формування спеціалізованих терміналів, логістичних центрів, залізничних і автомобільних під'їзних шляхів, що створило передумови для інтеграції в міжнародні транспортні коридори. Водночас у довоєнний період важливе значення мали порти Азовського регіону, зокрема Маріуполь, які виконували роль центрів металургійного експорту та розвитку припортової міської інфраструктури.

Морські порти функціонують як мультиплікативні економічні системи, вплив яких виходить далеко за межі безпосередньої перевалки вантажів. Вони генерують попит на транспортні, складські, експедиторські, страхові, фінансові та митні послуги, стимулюють розвиток малого й середнього бізнесу, створюють робочі місця та формують податкові надходження до місцевих бюджетів. Економічний ефект діяльності портів проявляється у зростанні валової доданої вартості суміжних галузей, підвищенні інвестиційної привабливості регіонів і формуванні спеціалізованих промислово-логістичних кластерів.

Особливої актуальності роль морських портів набула в умовах повномасштабної війни, коли блокування традиційних логістичних маршрутів суттєво вплинуло на обсяги експорту. Ініціативи з відновлення морського коридору, а також диверсифікація маршрутів через дунайські порти, зокрема Ізмаїл, продемонстрували стратегічне значення портової інфраструктури для підтримки макроекономічної стабільності. Переорієнтація вантажопотоків стимулювала модернізацію причалів, розширення складських площ і покращення транспортної доступності прилеглих територій, що безпосередньо вплинуло на розвиток міської інфраструктури [1].

Міська інфраструктура портових міст формується під впливом складної взаємодії економічних, соціальних та екологічних чинників. Порти виступають центрами концентрації трудових ресурсів, що потребує розвитку житлового фонду, освітніх і медичних закладів, об'єктів соціального призначення [2]. Зростання обсягів перевалки та інвестицій у портові потужності стимулює модернізацію інженерних мереж, транспортних розв'язок і систем енергозабезпечення. Таким чином, порт стає ядром урбаністичного розвитку, формуючи навколо себе комплексну систему господарської діяльності.

Важливим аспектом є інтеграція портів у міський простір з урахуванням принципів сталого розвитку. Сучасні тенденції передбачають впровадження цифрових систем управління вантажопотоками, автоматизацію логістичних процесів, використання енергоефективних технологій та мінімізацію екологічного навантаження. Для українських портів актуальним є оновлення флоту перевантажувальної техніки, електрифікація обладнання та розвиток систем моніторингу викидів, що сприятиме гармонізації економічних інтересів і екологічних стандартів [3].

Інституційні реформи у сфері управління портами також впливають на їхню роль як драйверів міжнародної торгівлі. Запровадження концесійних механізмів, залучення приватних інвесторів, підвищення прозорості управління створюють умови для модернізації інфраструктури та підвищення конкурентоспроможності [4]. У цьому контексті важливою є координація між центральними органами влади, місцевим самоврядуванням і бізнесом, що дозволяє забезпечити синхронізацію портових проєктів із програмами розвитку міст.

Глобальні тенденції розвитку контейнеризації, цифровізації логістики та формування мультимодальних транспортних коридорів відкривають для України нові можливості інтеграції у світову торговельну систему. Розвиток інтермодальних терміналів, поєднання морських перевезень із залізничними та автомобільними маршрутами підвищує ефективність транспортних операцій і знижує логістичні витрати. Це сприяє розширенню експортного потенціалу, зростанню обсягів транзиту та формуванню нових економічних зв'язків.

Водночас розвиток портів повинен враховувати виклики безпеки, геополітичної нестабільності та необхідності післявоєнної відбудови. Інвестиції у відновлення портової інфраструктури можуть стати каталізатором ширших процесів реконструкції міського середовища, оновлення транспортних мереж та підвищення якості життя населення. У цьому сенсі порти виступають не лише логістичними об'єктами, а й просторовими центрами економічної реінтеграції регіонів.

Таким чином, морські порти України виконують багатофункціональну роль у національній економіці, поєднуючи функції міжнародних торговельних хабів і драйверів розвитку міської інфраструктури. Їхній вплив проявляється у формуванні доданої вартості, стимулюванні інвестицій, створенні робочих місць та модернізації урбаністичного простору. У довгостроковій перспективі ефективна стратегія розвитку портової системи здатна забезпечити інтеграцію України у глобальні логістичні мережі, зміцнити конкурентоспроможність економіки та сприяти сталому розвитку портових міст як центрів інноваційної та підприємницької активності.

Список використаних джерел

1. Татаренко Н., Набок І. Реалізація експортного потенціалу зернового сектору України в умовах глобальних викликів: стратегічні орієнтири та інституційні механізми. *Herald of Khmelnytskyi National University. Economic sciences*. 2025. № 346(5). С. 626-633.
2. Березорудський А. М. Моноцентричність і урбанізація: аналіз регіонів України. *Grail of Science*. 2025. № 48. С. 103–108. DOI: <https://doi.org/10.36074/grail-of-science.10.01.2025.010>.
3. Березорудський А. Сучасні методики оцінки урбанізованості міських територій: теоретичні та практичні аспекти. *Економіка та суспільство*. 2024. № 69. DOI: <https://doi.org/10.32782/2524-0072/2024-69-44>.
4. Осадчий М.Л. Адаптація міжнародних стандартів у публічному управлінні морськими портами України. *Вісник Полтавського державного аграрного університету. Серія «Публічне управління та адміністрування»*. 2025. №4, С. 21-30.

УДК 338.246.021.8

Подзєга О.П., аспірант спеціальності 051 Економіка

Науковий керівник: Тютченко С.М., канд. екон. наук, доц. кафедри ПЕППУ

(Національний технічний університет «Дніпровська політехніка», м. Дніпро, Україна)

ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЕКОНОМІЧНОЇ БЕЗПЕКИ ПІДПРИЄМСТВА ПРИ ЗАСТОСУВАННІ ФОРЕНЗІК-СЕРВІСУ: СВІТОВИЙ ДОСВІД ТА УКРАЇНА

Результати ж вивчення світового досвіду боротьби з корпоративним шахрайством засвідчують, що у зарубіжній практиці широкого поширення серед інструментів боротьби з корпоративним шахрайством набув форензик-сервіс. Під «форензиком-сервісом» варто розуміти сервісний супровід бізнесу, спрямований на упередження виникнення ризиків корпоративного шахрайства, виявлення фактів порушення співробітниками і керівництвом компанії чинного законодавства, фальсифікації бухгалтерської та податкової звітності, випадків розкрадання або неналежного використання активів, корупції й зловживання повноваженнями, а також на оцінювання збитків від них та розробку прийнятного механізму відшкодування шкоди і повернення активів власникам [1].

Метою форензик-сервісу є надання сукупності послуг з упередження корпоративного шахрайства, його виявлення та розслідування. Тож, за функціональним призначенням послуги форензику умовно можна поділити на дві групи: послуги з упередження корпоративного шахрайства та послуги з його розслідування. До першої групи послуг відноситься вжиття заходів щодо протидії відмиванню доходів («відкатів»), хабарництву, корупції, контролю доброчесності з бізнес-партнерами, нерозголошенню комерційної таємниці тощо. До другої групи послуг відноситься вжиття заходів щодо розслідування корпоративного шахрайства, і насамперед, послуг з фінансового розслідування та корпоративної розвідки, які забезпечують не лише повне виявлення фактів вчинених економічних злочинів і покарання порушників, але і недопущення їх повторного вчинення у майбутньому.

Європейські та американські компанії активно користуються послугами форензик не лише для виявлення ризиків та негативних наслідків злочинної діяльності, а й для забезпечення ефективності діяльності компанії. Український бізнес поки що не готовий до регулярного проведення таких дій у якості превентивної функції. Більше того, не так багато українських підприємців готові взагалі на проведення форензику-аудиту, навіть якщо існує проблема. У розумінні представників вітчизняного бізнесу, ввести спеціалістів форензик до компанії означає удар по її репутації, якщо корпоративне шахрайство буде виявлене. Також це ризик сварок між топ-менеджментом, що може спровокувати гучний скандал у ЗМІ. Проте слід зазначити, що результати такого аудиту абсолютно конфіденційні та за бажанням замовника можуть не передаватись третім особам (зокрема, і суду). Крім того, слід розуміти, що форензик-сервіс може проводитись анонімно, тобто працівники організації не знатимуть про перевірку [2].

Список використаних джерел

1. Тютченко С.М. Забезпечення економічної безпеки підприємств в умовах трансформаційних змін в економіці: моногр. Дніпро : Видавець Біла К. О., 2021. 212 с. URL: <https://surl.li/ylkfnf>

2. Хеленюк М. Форензик: європейський досвід vs. українські реалії. Юридична газета. 2021. №8 (738). URL: <https://jur-gazeta.com/publications/practice/korporativne-pravo-ma/forenzik-evropeyskiy-dosvid-vs-ukrayinski-realiyi.html>

Матеріали XVI Міжнародної науково-технічної конференції аспірантів та молодих вчених «Наукова весна» 2026

Поліщук В.О., доктор філософії (галузь знань 05 Соціальні та поведінкові науки), викладач кафедри загальної економічної теорії та економічної політики (Одеський національний економічний університет, м. Одеса, Україна)

СУЧАСНІ ПРОБЛЕМИ ІНВЕСТИЦІЙНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ПІДПРИЄМНИЦЬКОЇ ДІЯЛЬНОСТІ У СФЕРІ ВОДНОГО ТРАНСПОРТУ УКРАЇНИ

Сучасні трансформаційні процеси в економіці України, зумовлені одночасним впливом воєнних дій, макрофінансової нестабільності, структурних диспропорцій та необхідності інтеграції до європейського економічного простору, істотно загострюють проблему інвестиційного забезпечення підприємницької діяльності у сфері водного транспорту. Водний транспорт, який традиційно розглядається як стратегічний елемент національної логістичної системи, сьогодні перебуває на перетині кількох викликів: фізичної руйнації інфраструктури, обмеженого доступу до капіталу, інституційної невизначеності, зниження транзитного потенціалу та необхідності переходу до нових бізнес-моделей, орієнтованих на гнучкість, цифровізацію та екологічну сталість. У таких умовах інвестиційне забезпечення підприємницької активності набуває не лише фінансового, а й системоутворюючого значення, визначаючи можливість галузі перейти від моделі виживання до моделі розвитку.

Історично сфера водного транспорту України формувалася в межах централізованої системи управління, що зумовило домінування державної форми власності та адміністративних механізмів розподілу ресурсів. Після здобуття незалежності трансформаційні процеси відбувалися фрагментарно, без цілісної інвестиційної стратегії, що призвело до поступової деградації частини флоту, морального та фізичного зносу портової інфраструктури, зниження конкурентоспроможності вітчизняних перевізників [1]. Навіть створення у 2013 році Адміністрації морських портів України як єдиного оператора стратегічної портової інфраструктури не вирішило проблеми системного дефіциту інвестицій, оскільки інституційні механізми залучення приватного капіталу залишалися недостатньо розвиненими, а ризиковість галузі - високою.

Повномасштабна військова агресія проти України з 2022 року спричинила безпрецедентні втрати для транспортної інфраструктури та істотно ускладнила інвестиційний процес. Блокування морських шляхів, обмеження судноплавства, руйнування гідротехнічних споруд, логістичних вузлів і складської інфраструктури призвели до різкого падіння вантажообігу та втрати частини ринків [2]. Зруйнування Каховської ГЕС мало не лише енергетичні, а й масштабні транспортні наслідки, оскільки порушило гідрологічний режим Дніпра та ускладнило функціонування внутрішніх водних шляхів. Водночас переорієнтація потоків на дунайський напрям, зокрема активізація роботи порту Рені та інших портів регіону, засвідчила адаптаційний потенціал галузі, але також оголила обмеженість інвестиційних можливостей для оперативного нарощування перевалочних потужностей, модернізації причалів та розвитку під'їзної інфраструктури. Високий рівень воєнних ризиків, невизначеність щодо строків завершення бойових дій та потенційні загрози для активів стримують як внутрішніх, так і зовнішніх інвесторів, формуючи ситуацію інвестиційної паузи або очікування [3].

У структурному вимірі ключовою проблемою інвестиційного забезпечення є асиметрія між потребами галузі та реальними можливостями їх фінансування. За оцінками профільних експертів, рівень фізичного зносу портових потужностей та флоту

перевищує критичні значення, що потребує масштабної модернізації. Проте внутрішні джерела інвестування, включаючи амортизаційні відрахування, нерозподілений прибуток підприємств та бюджетні ресурси, є вкрай обмеженими. Підприємницькі структури, які функціонують у сфері перевезень та портових послуг, стикаються з високими кредитними ставками, дефіцитом довгострокового фінансування, валютними ризиками та нестабільністю регуляторного середовища [4]. Банківська система, з огляду на ризики воєнного часу, демонструє обережність щодо кредитування капіталомістких інфраструктурних проєктів, що мають тривалий період окупності.

Окремий вимір проблеми пов'язаний із необхідністю гармонізації українського законодавства з нормами Європейського Союзу та імплементації екологічних і технічних стандартів ЄС. Перехід до декарбонізованої моделі розвитку, впровадження альтернативних видів палива, оновлення флоту відповідно до сучасних екологічних вимог, створення інфраструктури для «зеленого» судноплавства потребують значних інвестиційних ресурсів, які не можуть бути забезпечені виключно за рахунок внутрішніх джерел [5]. Крім того, ці процеси тісно пов'язані з урбанізаційними викликами, адже модернізація портової інфраструктури та екологічні стандарти впливають на організацію міського простору, взаємодію з населенням та розвиток припортових територій. Для більшості малих і середніх підприємств галузі такі витрати є надмірними, що підвищує ризик їх витіснення з ринку або поглинання великими операторами [6]. Таким чином, екологічна модернізація стає не лише технологічним викликом, а й фактором структурної трансформації підприємницького середовища та інтеграції водного транспорту в урбаністичний контекст розвитку міст.

Отже, сучасні проблеми інвестиційного забезпечення підприємницької діяльності у сфері водного транспорту України мають комплексний, багаторівневий характер і відображають поєднання історичних диспропорцій, воєнних викликів, фінансових обмежень та інституційної незавершеності реформ. Їх подолання потребує системної трансформації моделі управління галуззю, створення сприятливого інвестиційного клімату, запровадження ефективних механізмів гарантування ризиків та формування довгострокових стимулів для приватного капіталу. Лише за умови консолідації зусиль держави, підприємницького сектору та міжнародних партнерів водний транспорт України зможе перетворитися на конкурентоспроможну, інноваційно орієнтовану та фінансово стійку складову національної економіки, здатну забезпечити інтеграцію країни до глобальних логістичних систем і сприяти її сталому розвитку.

Список використаних джерел:

1. Осадчий М. Л. Трансформація підприємницьких моделей водного транспорту України. *Економіка та суспільство*. 2025. № 82.
2. Атаманчук З., Кузьменко Є. Виклики та можливості розвитку зовнішньої торгівлі України під час війни. *Економіка та суспільство*. 2025. № 72.
3. Валявська Н., Корнійко Я., Ушацький Р. Аналіз сучасного стану функціонування торговельних портів України. *Економіка і управління*. 2024. С. 13-23.
4. Ольвінська Ю. О., Осадчий М. Л. Оцінка платоспроможності та ймовірності банкрутства ДП «МТП «Южний». *Ефективна економіка*. 2021. № 7.
5. Осадчий М.Л. Адаптація міжнародних стандартів у публічному управлінні морськими портами України. *Вісник Полтавського державного аграрного університету. Серія Публічне управління та адміністрування*. 2025. №4, С. 21-30.
6. Березорудський А. М. Теоретичні аспекти дослідження сучасних урбанізаційних процесів. *Науковий вісник Одеського національного економічного університету*. 2024. Т. 9, № 322. С. 7–14.

Тищенко Ю. А., магістр спеціальності D3 Менеджмент.

Науковий керівник: Чернобаєв В.В., доцент кафедри прикладної економіки, підприємництва та публічного управління

(Національний технічний університет «Дніпровська політехніка», м. Дніпро, Україна)

ВПЛИВ ІМІДЖУ НА ЕФЕКТИВНІСТЬ ДІЯЛЬНОСТІ ПІДПРИЄМСТВА

Сьогодні імідж підприємства виходить за межі суто формального чи візуального оформлення його діяльності, стаючи невід'ємною складовою ринкової стратегії. Він набуває значення важливого фактору, що впливає на економічну результативність та конкурентні позиції компанії на ринку. Зростання інтересу науковців і практиків до проблеми формування корпоративного іміджу пояснюється тим, що позитивне сприйняття підприємства з боку споживачів, ділових партнерів і суспільства загалом значною мірою визначає успішність його функціонування у конкурентному середовищі. Саме тому розбудова та збереження позитивної репутації сьогодні трактується як один із ключових ресурсів стратегічного характеру, здатних забезпечити довготривалу стійкість організації.

У сучасних наукових дослідженнях імідж підприємства розглядається як певний рівень сприйняття організації різними зацікавленими сторонами [1]. Більшість науковців зазначає, що у процесі управління іміджем доцільно розглядати його у двох основних вимірах – внутрішньому та зовнішньому [2]. Такий підхід до структурування іміджу пояснюється спрямованістю його прояву, тобто тим, на які групи суб'єктів він орієнтований.

Це зумовлює потребу в ідентифікації складників, що формують кожен із виокремлених напрямів. Зокрема, внутрішній імідж підприємства дослідники пов'язують передусім зі ставленням до організації її працівників та керівництва, рівнем довіри до компанії, корпоративним кліматом і внутрішньою культурою взаємодії [3]. Натомість зовнішній імідж формується під впливом сприйняття підприємства широким колом зовнішніх стейкхолдерів, зокрема споживачами, партнерами, інвесторами, засобами масової інформації та суспільством загалом [1].

Імідж підприємства акумулює загальне сприйняття бренду, яке формується на основі його діяльності, корпоративних цінностей, комунікаційної політики та зворотного зв'язку від клієнтів, безпосередньо впливаючи на споживчі уподобання та купівельні рішення. Структурно-логічну схему складових іміджу наведено на рисунку 1.

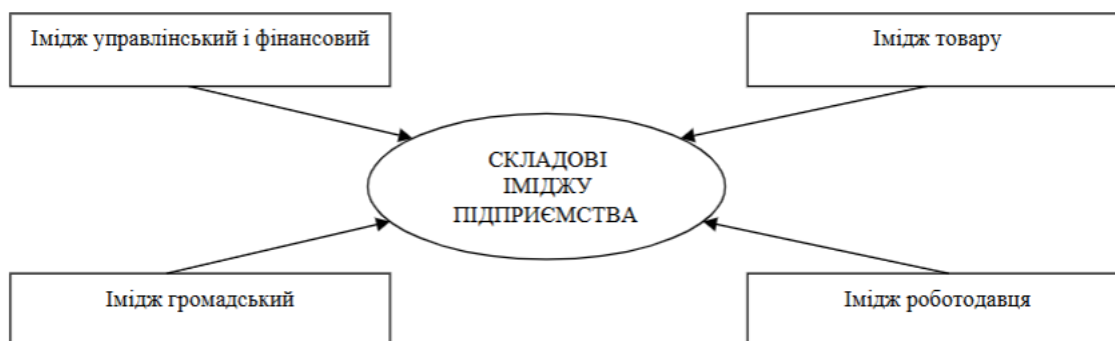


Рисунок 1. Складові іміджу підприємства [4]

Узагальнену характеристику напрямів, через які імідж позначається на зростанні результативності бізнесу, наведено в таблиці 1.

Таблиця 1

Вплив іміджу на підвищення ефективності діяльності підприємства
[побудовано на основі джерела 2]

Зміст напрямків впливу	Результат впливу
Фактори зовнішнього впливу	
Побудова привабливого образу компанії у діловому середовищі	Інтенсифікація ділових контактів, підвищення ефективності переговорних процесів
Консолідація ключових стейкхолдерів (клієнтів, контрагентів, інвесторів) навколо бренду	Трансформація партнерських відносин у довготривалу співпрацю; мінімізація транзакційних витрат
Зміцнення ділової репутації менеджменту серед цільових аудиторій	Капіталізація нематеріальних активів (зростання гудвілу), посилення ринкової вартості бренду
Фактори внутрішнього впливу	
Створення сприятливого соціально-психологічного клімату та командного духу	Зростання показників продуктивності, підвищення стандартів якості виконуваних завдань
Інтеграція корпоративних стандартів у повсякденну діяльність працівників	Удосконалення внутрішньоорганізаційних комунікацій, узгодженість дій персоналу
Удосконалення управлінських підходів	Прискорення впровадження управлінських рішень, їх обґрунтованості та своєчасності
Стимулювання креативного потенціалу та колективної взаємодії	Активізація інноваційної діяльності, розвиток ініціативності персоналу

Представлена у таблиці 1 систематизація дозволяє ідентифікувати два ключові напрями реалізації іміджевого впливу на ефективність підприємства - зовнішній та внутрішній. У зовнішньому контурі імідж виступає інструментом зниження асиметрії інформації між підприємством та стейкхолдерами, що виражається у скороченні транзакційних витрат та зростанні гудвілу. У внутрішньому контурі імідж інтегрується у систему управління персоналом, впливаючи на продуктивність праці, якість комунікацій та інноваційну активність. Взаємодія зазначених груп факторів створює мультиплікативний ефект, за якого інвестиції у формування позитивного іміджу забезпечують не лише поточну операційну ефективність, а й стратегічну стійкість підприємства у довгостроковій перспективі.

Сформульовані теоретичні положення знаходять емпіричне підтвердження в діяльності як міжнародних, так і вітчизняних компаній. Так, використання уніфікованої візуальної ідентифікації дозволяє Nike встановлювати емоційну взаємодію зі споживачами, що, на думку дослідників Гарвардської школи бізнесу, становить фундаментальну основу капіталу бренду. Для Adidas дотримання принципів візуальної узгодженості є одним із чинників, що забезпечують щорічне зростання показників на рівні 9% [6]. В Україні ефективність цілеспрямованого управління іміджем ілюструє діяльність ювелірного бренду «Укрзолото». Засноване 1998 року підприємство сьогодні представлене понад 170 торговельними точками по всій країні. Концепція формування іміджу компанії базується на інтеграції традиційних ремісничих технік, інноваційних підходів та національних культурних елементів. Реалізація цієї концепції здійснюється через інструменти контент-маркетингу, активну присутність у соціальних мережах (Instagram, TikTok) та оптимізацію пошукової видимості. Особливе значення в іміджевій політиці відіграла співпраця зі співачкою Тіною Кароль, яка сприяла підвищенню рівня впізнаваності бренду, формуванню довіри та зміцненню емоційних зв'язків із цільовою аудиторією [7].

На міжнародному рівні яскравою ілюстрацією деструктивного впливу іміджевої кризи є ситуація навколо концерну Volkswagen. У вересні 2015 року було виявлено, що компанія оснащувала дизельні автомобілі програмним забезпеченням, яке штучно занижувало показники викидів оксидів азоту під час проходження тестувань. Це був свідомий обман як споживачів, так і регуляторних органів. Наслідки виявилися вкрай серйозними: на подолання наслідків скандалу корпорація спрямувала 6,5 млрд євро,

вартість акцій скоротилася на 20%, а сформований протягом десятиліть імідж екологічно відповідального виробника був суттєво підірваний [8].

Потрібно зазначити, що у сучасних умовах жорсткої конкуренції корпоративний імідж став ключовим стратегічним активом та нематеріальним ресурсом, що безпосередньо впливає на ринкову вартість компанії, лояльність споживачів і інвесторів, а також на мотивацію співробітників [9].

Імідж підприємства є стратегічним ресурсом, що через внутрішні (кадровий потенціал, корпоративна культура) та зовнішні (ділова репутація, довіра стейкхолдерів) чинники безпосередньо впливає на ефективність бізнесу. Синергія цих напрямів створює мультиплікативний ефект, забезпечуючи як поточну конкурентоспроможність, так і довгострокову стійкість організації. Розгляд практичних кейсів (Nike, Adidas, «Укрзолото») підтверджує, що системне управління іміджем генерує додану вартість та підвищує лояльність споживачів. Водночас приклади «Золотого віку» та Volkswagen засвідчують високі ризики іміджевих криз: невідповідність цінностей амбасадорів очікуванням аудиторії або свідоме введення в оману споживачів призводять до значних збитків, падіння вартості акцій та довготривалої втрати довіри. Управління іміджем має розглядатися як безперервний стратегічний процес, інтегрований у загальну систему менеджменту підприємства.

Список використаних джерел:

1. Норіцина Н. Формування іміджу як інтегрованої комунікації підприємства. *Актуальні проблеми економіки*. 2002. № 9. С. 48–50.
2. Химич І. Г. Імідж як важливий показник діяльності підприємства у сучасних умовах розвитку корпоративної культури. *Економіка та держава*. 2009. № 9. С. 59–61.
3. Шавкун І. Г., Дибчинська Я. С. *Формування іміджу організації: навчальний посібник для здобувачів ступеня вищої освіти бакалавра спеціальності «Менеджмент»*. Запоріжжя: ЗНУ, 2016. 111 с.
4. Савіна Г. Г., Макарчук Д. С. Сутність управління іміджем організації в сучасних умовах. *Вісник Херсонського національного технічного університету*. 2021. № 1. С. 257–263. DOI: <https://doi.org/10.35546/kntu2078-4481.2021.1.336>
5. Олійник А. Управління іміджем підприємства в умовах цифрової економіки. *Вісник Хмельницького національного університету. Економічні науки*. 2025. № 6. С. 333–337. DOI: <https://doi.org/10.31891/2307-5740-2025-348-6-48>
6. Історія логотипу Nike – Swoosh і 9 цікавих фактів про нього. Ideal Sport. URL: <https://idealsport.com.ua/istoriya-logotipu-nike-swoosh-i-9-tsikavikh-faktiv-pro-nogo/>
7. Заярнюк О. Ювелірний бренд «Укрзолото»: історія та вплив на український ювелірний бізнес. *Stolychnashop*. 01.02.2023. URL: <https://stolychnashop.com.ua/ua/news/yuvelirnyy-brend-ukrzeloto/>
8. VW виявив проблеми у новому програмному забезпеченні дизельних авто. *Укрінформ*. 23.12.2018. URL: <https://www.ukrinform.ua/rubric-technology/2607382-vw-viaviv-problemi-u-novomu-programnomu-zabezpecenni-dizelnih-avto.html>
9. Нестеренко К.В. Проектний підхід до розвитку корпоративного іміджу організації: Матеріали XIII Міжнародної науково-технічної конференції студентів, аспірантів та молодих вчених «Молодь: наука та інновації» 2025 (12–14 листопада 2025 р., м. Дніпро). Дніпро: НТУ «ДП», 2025. URL: <https://rmv.nmu.org.ua/ua/arkhiv-zbirok-konferentsiy/molod-nauka-ta-innovatsii-2025/molod-2025-vol2.pdf>

Туризм, рекреація та гостинність

УДК 338.48:659(477.63)

Платонова Д.Ю., здобувачка 3 курсу, спеціальність 242 Туризм і рекреація
Науковий керівник: Бойко З.В., к.геогр.н., доцент кафедри туризму та економіки підприємства
(Національний технічний університет «Дніпровська політехніка», м. Дніпро, Україна)

ФОРМУВАННЯ РЕКЛАМНОЇ КАМПАНІЇ У СФЕРІ ТУРИЗМУ ДНІПРОВСЬКОГО РЕГІОНУ

У сучасних умовах туризм відіграє важливу роллю у соціально-економічному розвитку регіонів. Розвиток туристичної галузі сприяє створенню нових робочих місць, підвищенню інвестиційної привабливості територій та розвитку місцевої інфраструктури. Водночас дієве функціонування туристичної сфери неможливе без використання сучасних маркетингових інструментів, зокрема рекламних кампаній [2].

Дніпровський регіон має значний потенціал для розвитку туризму, однак цей потенціал використовується не повною мірою. Недостатній рівень популяризації туристичних ресурсів зумовлює необхідність розробки дієвої рекламної кампанії, яка сприятиме формуванню позитивного іміджу регіону та залученню нових мандрівників [1].

Метою дослідження є визначення основних підходів до розробки рекламної кампанії для популяризації туризму у Дніпровському регіоні.

Основні завдання дослідження:

- проаналізувати туристичний потенціал Дніпровського регіону;
- визначити особливості просування туристичних дестинацій;
- дослідити етапи розробки рекламної кампанії;
- запропонувати рекомендації щодо підвищення ефективності рекламного просування.

Важливу роль у розвитку туризму відіграють культурні та природні ресурси регіону. Об'єкти культурної спадщини, історичні пам'ятки, музеї та різноманітні культурні локації формують значну частину туристичної привабливості території. Водночас природні ресурси й території природно-заповідного фонду, що мають особливу екологічну цінність, можуть слугувати підґрунтям для розвитку екологічного, активного та інших різновидів туризму [4].

Дніпровський регіон має значний туристичний потенціал, що охоплює природні, культурні та історичні ресурси. Серед найвідоміших туристичних локацій міста Дніпро варто відзначити парк імені Лазаря Глоби та парк імені Тараса Шевченка, які виступають важливими рекреаційними територіями як для жителів міста, так і для його відвідувачів [2].

Культурно-пізнавальний туризм у регіоні представлений численними музеями, історичними пам'ятками та багатими культурними традиціями. Значущою складовою культурної спадщини області є Петриківський розпис, який внесено до списку нематеріальної культурної спадщини людства ЮНЕСКО [5]. Наявність таких ресурсів сприяє розвитку культурно-пізнавального, рекреаційного та екологічного туризму.

Розробка рекламної кампанії для просування туристичного потенціалу краю охоплює декілька головних етапів [3].

Першою стадією є огляд туристичного ринку та конкурентного оточення. На цій стадії виконується вивчення туристичних надбань краю, окреслюються головні супротивники та зважуються перспективи розвитку туристичних послуг.

Другим етапом є окреслення цільової групи. Можливими покупцями туристичних послуг можуть бути вітчизняні мандрівники з різних областей України, молодь, родини з дітьми, а також шанувальники культурно-оглядового туризму.

Третім етапом є розробка рекламної ідеї, що зумовлює формування привабливого образу краю та знаходження головного рекламного посилу.

Четвертим етапом є добирання шляхів рекламного просування. У нинішніх реаліях дієвими засобами є соціальні мережі, туристичні веб-ресурси, контекстна реклама, відеомаркетинг та партнерство з блогерами.

Завершальним етапом є визначення дієвості рекламної агенції. Ключовими критеріями можуть бути нарощування туристичного руху, збільшення числа відвідувачів туристичних місць та піднесення впізнаваності краю [3].

Задля збільшення чинності рекламного просування туризму у Дніпровському регіоні слушно застосовувати сучасні маркетингові інструменти. Зокрема, значущим є жваве використання соціальних мереж, творення ґрунтовного фото- та відеоматеріалу, розбудова туристичних веб-майданчиків та партнерство з відомими блогерами. Окрім того, дієвим шляхом розвитку туризму здатна стати організація культурних подій, фестивалів та туристичних шляхів, що сприятимуть зростанню привабливості краю.

Отже, Дніпровський регіон має великий потенціал для розвитку туризму. Однак для ефективного використання цього потенціалу необхідно впроваджувати сучасні маркетингові інструменти, зокрема розробляти комплексні рекламні кампанії. Реалізація ефективної рекламної стратегії сприятиме формуванню позитивного туристичного іміджу регіону, підвищенню його впізнаваності та залученню нових туристів.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ:

1. Дніпропетровська обласна державна адміністрація. Інвестиційний паспорт Дніпропетровської області. Дніпро, 2024. URL : <https://oblrada.dp.gov.ua/region/pasport/>
2. Любіцева О.О. Туристичний потенціал регіонів України та напрями його використання. *Вісник Київського національного університету*. 2018. №66. С. 45–50.
3. Ремзіна, Н. (2023) Особливості розробки рекламних кампаній в туризмі. *Розвиток методів управління та господарювання на транспорті*. 4(85). С.145-156. DOI : <https://doi.org/10.31375/2226-1915-2023-4-145-156>
4. Ткаченко Т. Сучасні тенденції розвитку туристичного ринку України. *Економіка та держава*. 2020. №4. С. 87–91.
5. ЮНЕСКО. Петриківський декоративний розпис як елемент нематеріальної культурної спадщини людства. URL : <https://ich.unesco.org>

Bieloborodova M., Doctor of Economics, Associate Professor, Tourism and Enterprise Economics Department

Paliienko A., student

(Dnipro University of Technology, Dnipro, Ukraine)

INDUSTRIAL HERITAGE AS A DRIVER OF TERRITORIAL BRANDING AND TOURISM COMPETITIVENESS

Industrial heritage marketing is increasingly recognized as a strategic instrument for transforming former industrial territories into competitive and sustainable tourist destinations. In the context of post-industrial restructuring and wartime challenges, industrial heritage in Ukraine represents both a valuable cultural asset and a significant driver of regional development. The adaptive reuse of industrial sites enables the preservation of historical identity while creating innovative tourism products that enhance economic resilience, social cohesion, and spatial regeneration.

European practices, particularly those associated with the European Route of Industrial Heritage (ERIH), demonstrate the effectiveness of network-based models that combine territorial branding, cultural programming, digital communication, and stakeholder cooperation. Such models facilitate the creation of coherent narratives that connect engineering culture, labor history, and technological modernization [1]. The application of these principles in Ukraine remains limited, as the national representation within ERIH is spatially uneven and lacks anchor points capable of strengthening international visibility and market positioning.

Spatial analysis of Ukraine's industrial heritage reveals distinct regional specialization patterns. Western regions primarily adopt museum-oriented and interpretive models, eastern territories preserve large-scale industrial landscapes, while major urban centers focus on science, technology, and innovation heritage [2]. Despite this diversity, a substantial gap persists between the existence of heritage assets and their transformation into structured tourism products. This gap is largely attributed to insufficient digital interpretation, fragmented branding strategies, limited international promotion, and underdeveloped visitor infrastructure.

Thus, Ukraine has a limited number of formally integrated ERIH sites, however, in the European discourse and expert materials of the route, several key industrial landscapes and objects are highlighted, which are considered as part of the European industrial heritage or potential elements of the routes, namely:

1. Kryvyi Rih Mining and Metallurgical Region (Kryvbas) – strong authenticity and scale, but insufficient digital interpretation and storytelling.
2. Kharkiv Industrial Modernism (Constructivism) as a symbol of industrial modernization, reflecting the architecture of the industrial era, the potential for branding as an “avant-garde city”.
3. Odessa's industrial port heritage – the port infrastructure and elevators shaped the economic growth of the city and its commercial identity. The port of Odessa has a strong international historical narrative and significant potential for maritime industrial heritage.
4. Dnipro Metallurgical Belt – this metallurgical region has emerged as a key center of metallurgy and heavy engineering with a strong industrial identity, but a low level of tourist infrastructure.

The wartime context has further complicated the development of industrial tourism by restricting access to numerous heritage sites and causing extensive physical damage. However, it has also introduced a new memorial dimension that reshapes the perception and interpretation of industrial landscapes [3]. In the post-war recovery phase, industrial heritage may serve as a powerful instrument of economic diversification, cultural reintegration, and symbolic reconstruction, contributing to both material recovery and collective memory.

Unlike European countries, where industrial heritage functions as a full-fledged tourist product, in Ukraine it mainly remains a set of objects with different levels of interpretation and accessibility. The key problem is the gap between the presence of unique industrial resources and their transformation into a structured tourist experience. The spatial structure of industrial heritage has a pronounced regional specialization: the western regions demonstrate museum-interpretation models, the eastern and central ones – landscape-production, and the capital centers – scientific-technological and memorial [4]. This creates the prerequisites for the formation of network routes, but the lack of coordination and a common strategy does not allow for the formation of a holistic national offer.

In conclusion, industrial heritage in Ukraine has reached a stage of resource maturity but remains institutionally and market underdeveloped. The transition from a preservation-oriented model toward an experience-based paradigm represents a critical challenge and opportunity. By adopting integrated marketing strategies, fostering digital innovation, and strengthening regional cooperation, industrial heritage can become a cornerstone of sustainable tourism development, territorial branding, and post-war transformation.

References:

1. Просторовий розвиток територіальних громад: економічна трансформація, культурна спадщина та ревіталізація регіонів / за заг. ред. М.В. Белобородової; М-во освіти і науки України, Нац. техн. ун-т «Дніпровська політехніка». Дніпро: Журфонд, 2025. 284 с. URL: <https://ir.nmu.org.ua/handle/123456789/172196>
2. Бодряго Є. А. Механізми імплементації міжнародного досвіду публічного управління у сфері збереження та популяризації геологічних пам'яток. *Дніпровський науковий часопис публічного управління, психології, права*. 2025. № 4. С. 132-138. <https://doi.org/10.51547/ppp.dp.ua/2025.4.18>
3. Мерилова І., Бондаренко Л., Макурін А. Індустріальна спадщина як просторовий ресурс міста. *Науковий вісник будівництва*. 2025. № 113. С. 27-35. <https://doi.org/10.33042/2311-7257.2025.113.1.4>
4. Безугла Л. С., Трегуб Ю. Є., Белобородова М. В. Критерії вибору об'єктів для завдань туристичної ревіталізації застарілої промислової спадщини. *Acta Academiae Beregsasiensis: Geographica Et Recreatio*. 2024. № 4. С. 27–34. <https://doi.org/10.32782/2786-5843/2024-4-3>

УДК 936.11

Апонюк Д.І., здобувачка спеціальності 242 Туризм і рекреація

Науковий керівник: Белобородова, М.В. , д.е.н., доцент, доцент кафедри туризму та економіки підприємства

(Національний технічний університет «Дніпровська політехніка», м. Дніпро, Україна)

СТВОРЕННЯ ТУРИСТИЧНОГО АГЕНТСТВА В УМОВАХ СУЧАСНОГО РИНКУ

Сучасний етап розвитку туристичної індустрії характеризується підвищеною динамічністю, зростанням конкуренції та активним впровадженням цифрових технологій. Туризм виступає важливою складовою економіки, що забезпечує розвиток малого та середнього бізнесу, створення робочих місць і підвищення рівня соціально-економічного розвитку країни.

У процесі дослідження було визначено, що туристичне агентство є посередницькою структурою, яка забезпечує взаємодію між туроператорами та кінцевими споживачами туристичних послуг. Основною функцією агентства є продаж туристичних продуктів, організація подорожей та надання консультаційних послуг.

Аналіз ринку туристичних послуг показав, що сучасні споживачі все більше орієнтуються на цифрові канали комунікації, швидкість отримання інформації та індивідуальний підхід до обслуговування. Це створює необхідність впровадження сучасних маркетингових інструментів, таких як таргетована реклама, соціальні мережі та онлайн-платформи.

Для оцінки впливу зовнішнього середовища було проведено PEST-аналіз, який дозволив визначити основні фактори впливу:

- політичні фактори: законодавство у сфері туризму, візова політика;
- економічні фактори: рівень доходів населення, інфляція, валютні коливання;
- соціальні фактори: зміна стилю життя та споживчих вподобань;
- технологічні фактори: розвиток онлайн-сервісів та цифрових платформ.

Встановлено, що найбільший вплив на діяльність туристичного агентства мають економічні та технологічні фактори.

SWOT-аналіз дозволив визначити сильні та слабкі сторони підприємства. До сильних сторін відносяться гнучкість управління, відносно низький рівень початкових інвестицій та можливість швидкої адаптації до ринкових змін. Слабкими сторонами є залежність від туроператорів та високий рівень конкуренції.

До можливостей розвитку належать:

- розширення спектру послуг;
- використання цифрових технологій;
- вихід на нові ринки.

Основними загрозами є:

- економічна нестабільність;
- валютні ризики;
- зміни в законодавстві;
- посилення конкуренції.

У роботі також було здійснено фінансове обґрунтування проєкту. Розрахунки показали, що початкові інвестиції становлять приблизно 240 000 грн. Основними статтями витрат є оренда приміщення, закупівля технічного обладнання, маркетингові витрати та організаційні витрати.

Щомісячні витрати підприємства становлять близько 90 000 грн, включаючи оренду, заробітну плату, рекламу та інші витрати. За умови залучення 80 клієнтів на місяць середній дохід становить 120 000 грн, що забезпечує прибуток на рівні 30 000 грн.

Розрахунок показав, що термін окупності проєкту становить близько 8 місяців, що свідчить про високу економічну ефективність запропонованого бізнес-плану.

Важливу роль у діяльності підприємства відіграє маркетингова стратегія, яка включає використання соціальних мереж, контекстної реклами та SEO-оптимізації. Особлива увага приділяється створенню унікальної торгової пропозиції, яка передбачає швидке обслуговування клієнтів, доступні ціни та індивідуальний підхід.

Таким чином, результати дослідження підтверджують доцільність створення туристичного агентства як перспективного виду підприємницької діяльності, що має високий потенціал розвитку та стабільну рентабельність.

Список використаних джерел:

1. Безугла, Л.С., Белобородова М.В. & Герасименко Т.В. (2022) Формування інклюзивно-реабілітаційного туризму в Україні. Інновації та технології в сфері послуг і харчування.
2. Безугла, Л.С. (2020). Формування та розвиток екотуристичної інфраструктури: монографія. Харків :Смугаста типографія.

Герасименко Т.В., к.геол.н., доцент

(Національний технічний університет “Дніпровська політехніка”, м. Дніпро, Україна)

ЦИФРОВІЗАЦІЯ ГОТЕЛЬНО-РЕСТОРАННОГО БІЗНЕСУ В УКРАЇНІ ШЛЯХОМ ДОСТУПНОЇ АДАПТАЦІЇ МІЖНАРОДНИХ ІННОВАЦІЙ

В умовах війни український HoReCa-сектор змушений швидко адаптуватися, знаходити шляхи підвищення ефективності та зниження витрат через цифрові рішення. Інформаційні системи стають не лише технічним доповненням, а стратегічним чинником, що забезпечує гнучкість управління, персоналізацію сервісу та інтеграцію з державними е-сервісами [1]. У цій ситуації особливо важливо впроваджувати доступні інновації – від онлайн-бронювання та QR-меню до чат-ботів і цифрових ключів – які сприяють підвищенню конкурентоспроможності без великих інвестицій [2]. Багато сучасних тенденцій у готельному бізнесі можуть бути адаптовані в Україні з мінімальними витратами:

1. Штучний інтелект та машинне навчання, крім чат-ботів, готелі в інших країнах впроваджують AI для персоналізації пропозицій (рекомендаційні системи), прогнозування попиту і динамічного ціноутворення. Використання доступних AI-інструментів – актуальна світова тенденція з потенційно низькими витратами.

2. Інтернет речей та «розумні» технології – розумні енергоменеджмент-системи і сенсори допомагають зекономити комунальні ресурси у готелях. У світі ставлять датчики руху й інтелектуальні термостати для автоматичної регуляції клімату в порожніх номерах. Для України це може бути реалізовано через бюджетні Wi-Fi або ZigBee-датчики та застосунки для віддаленого контролю енергії.

3. Контактлес- та мобільні сервіси – мобільні додатки замість фізичних десків реєстрації, QR-плати, NFC-меню та оплати. Уже сьогодні багато готелів приймають оплату через Google Pay (Apple Pay) з тих самих смартфонів гостей, уникаючи готівки та POS-терміналів. Також відомі кейси застосунку як віртуального ключа, наприклад, інтеграція Google Wallet для готельних ключів, що суттєво підвищує швидкість обслуговування.

4. Віртуальна та доповнена реальність – створення віртуальних 3D-турів номерів і ресторанів дозволяє зацікавити гостей до бронювання (зокрема молоде покоління). Генеративні AI вже спрощують створення таких турів. AR-меню (наприклад, анімація страв при наведенні камери) – також приклад без додаткових витрат (потребує лише смартфона).

5. Роботизація – на Заході готелі використовують роботи для доставки багажу чи напоїв в номери. Українські готелі могли б орендувати таких роботів для безпечного контакту із клієнтами (зважаючи на COVID-19 і воєнний стан), але наразі це потребує більших інвестицій. Проте основний тренд – максимально замінити ручну рутину без істотних вкладень [3].

Загалом, наголошують експерти, що рівень технологічної інноваційності в гостинності зростає, наприклад, 70% гостей вважають чат-ботів корисними, а можливість автогенерації ключа на смартфоні визнають одним з кроків до «безлюдної» рецепції. Ці світові підходи можна використовувати й у малих українських готелях без капіталовкладень – достатньо впровадити відповідні програмні рішення та налаштувати процеси.

Таблиця 1 ілюструє різноманіття рішень. Багато з наведених сервісів (як EasyMS, ChoiceQR, Poster, HARP, Keepin, Telecomsvit) – українські розробки, доступні локально. Такі рішення зазвичай працюють за моделлю SaaS або на основі підписки (що знижує початкові вкладення) і здатні швидко масштабується під потреби бізнесу.

Основними перевагами впровадження цифрових рішень виступають:

1. Підвищення ефективності та економія – автоматизація рутинних операцій (бронювання, відповіді на запити, реєстрація) дозволяє персоналу сконцентруватися на сервісних завданнях. Новації в HoReCa зазвичай дають прямі фінансові вигоди: наприклад, використання мобільних ключів скорочує витрати на пластикові картки і зменшує черги на рецепції, а голосовий AI-асистент HAPP автоматизує до 87% вхідних дзвінків, що економить зарплатний фонд кол-центру. За даними досліджень IBM і Juniper, чат-боти можуть знизити витрати на підтримку клієнтів на 30–40% [3].

Таблиця 1

Основні цифрові рішення для HoReCa та приклади реалізації

Цифрове рішення	Український приклад	Світові аналоги	Переваги
Онлайн-бронювання	EasyMS (PMS)	Booking.com, Expedia	24/7 доступність бронювання, зростання прибутків, аналітика завантаження
QR-меню	ChoiceQR [4], Poster QR	Menutiger, QMenu	Безконтактність, зниження витрат на друк, швидкість обслуговування гостей
Чат-боти та AI-асистенти	HAPP AI	ChatGPT, Intercom	24/7 підтримка, обробка до 87% дзвінків, економія персоналу
Цифрові ключі	Mobile Access (VingCard)	OpenKey, Google Wallet	Без черг на рецепції, підвищена безпека, економія на картка
POS, ERP та CRM	Poster POS, Keepin CRM	Square, Lightspeed, Salesforce	Єдина система продажів, аналітика (27 тис. закладів, 1,8 млн замовлень щодня), персоналізація сервісу
Інтернет-інфраструктура	Telecomsvit [5]	–	Оптимізація витрат на зв'язок, швидке підключення, безліч пропозицій операторів

2. Покращення клієнтського досвіду – діджиталізація підвищує зручність для гостей. 24/7-онлайн-бронювання і миттєві підтвердження (через системи бронювання чи чат-ботів) приваблюють більше клієнтів. Безконтактні сервіси (QR-меню, оплата телефоном, мобільні ключі) відповідають очікуванням сучасних туристів, додаючи відчуття безпеки та сучасності.

3. Конкурентні переваги у кризових умовах – у війну важливо мінімізувати ризики. Цифрові рішення підвищують стійкість бізнесу до обмежень – автоматизована система може працювати навіть під час перебоїв у роботі персоналу чи збільшеного завантаження. Наприклад, як зазначають дослідники, повоєнна відбудова економіки багато в чому залежатиме від спроможності HoReCa впроваджувати цифрові технології.

Українські готелі і ресторани вже активно впроваджують сервіси, що не потребують великих капіталовкладень, але суттєво модернізують роботу закладу. Серед прикладів – платформа Telecomsvit для оптимального підключення інтернету, відоме QR-меню ChoiceQR, хмарна система Poster POS, голосовий помічник HAPP і інше. Такі рішення дають відчутну економію витрат, збільшують бронювання і посилюють сервіс, що у сукупності формує нові стандарти гостинності. Використання штучного інтелекту і цифрових технологій у HoReCa стає нормою, яка приносить реальні переваги – підвищення лояльності клієнтів, скорочення витрат та зростання прибутків.

Список використаних джерел

1. AI в Україні виходить на ринки готелів, ресторанів і клінік: стартап змінює правила гри в клієнтському сервісі. URL: <https://surl.lt/chdrpz>
2. Топ 10: Програми для готелів (для України). URL: <https://surl.li/qcjsik>
3. Key Hospitality Technology Trends. URL: <https://surl.lt/bpavrv>
4. Стартап дня. Українці створили сервіс Choice. URL: <https://surl.li/cmduiip>
5. Платформа Telecomsvit – онлайн сервіс, який допомагає новим та діючим ресторанам, кафе, барам та готелям перейти на інший рівень технологічних послуг. URL: <https://surl.li/qmfepk>

УДК 640.432:355.01

Гнип І. Г., студентка 4 курсу 10 групи спеціальності 241 Готельно-ресторанна справа. Науковий керівник: Компанець К.А., к.е.н., доцент, доцент кафедри менеджменту готельно-ресторанного бізнесу.

(Державний торговельно-економічний університет)

ІННОВАЦІЙНІ ПІДХОДИ ДО ОРГАНІЗАЦІЇ КЕЙТЕРИНГУ У РЕАБІЛІТАЦІЙНИХ ЦЕНТРАХ ДЛЯ ВІЙСЬКОВОСЛУЖБОВЦІВ

У сучасних умовах зростання потреб у комплексній медико-психологічній реабілітації військовослужбовців особливої актуальності набуває формування інноваційних моделей організації харчування у реабілітаційних центрах. Харчування в даному контексті розглядається не лише як фізіологічна потреба, а як складова терапевтичного процесу, що впливає на швидкість відновлення, імунний статус та психоемоційний стан пацієнтів.

Однією з ключових складових комплексного процесу відновлення є забезпечення повноцінного, науково обґрунтованого та збалансованого харчування. У цьому контексті кейтеринг у реабілітаційних центрах трансформується із суто сервісної функції у важливий елемент лікувально-реабілітаційного та соціально-адаптаційного процесу. Організація такого обслуговування потребує врахування індивідуальних дієтологічних показань, психоемоційного стану пацієнтів, а також дотримання підвищених стандартів безпечності харчових продуктів. Зазначені чинники зумовлюють необхідність розроблення ефективних управлінських моделей організації кейтерингових процесів у реабілітаційних установах. Одним з важливих етапів сучасної інноваційної діяльності є формування стратегічного потенціалу. Успішний розвиток підприємства ресторанного бізнесу неможливий без формування ефективної організаційної моделі ресторанного господарства[1].

Проблематиці розвитку кейтерингу та ресторанного сервісу присвячені праці низки зарубіжних дослідників, зокрема Davis B.[2], Lockwood A.[2], Pantelidis I. S.[2], Alcott P.[2], Fellows P. [3] Питання впровадження інновацій та організації харчування в закладах соціальної сфери розглядаються у наукових дослідженнях вітчизняних учених, серед яких К. Компанець [1] М. П'ятницька[4], О. Шаповалова[5], В. Антоненко[7], М. Пересічний[6]. Водночас специфіка організації кейтерингу саме для реабілітаційних центрів військовослужбовців залишається недостатньо опрацьованою в науковій літературі, що обумовлює актуальність і практичну значущість обраної теми дослідження.

Розробка інноваційної моделі кейтерингу для ТОВ «Food-Office» базується на поєднанні сучасних фуд-технологій, цифрових інструментів персоналізації та науково обґрунтованих принципів нутриціології. Ключовими технологічними рішеннями є впровадження систем Cook-and-Chill, Sous-vide та асептичного пакування в модифікованому газовому середовищі (МГС).

Технологія Cook-and-Chill передбачає приготування страв із подальшим шоковим охолодженням до +3°C, що дозволяє мінімізувати мікробіологічні ризики та забезпечити збереження органолептичних і поживних властивостей продукції протягом до п'яти діб. Це формує основу стабільного логістичного ланцюга та гарантує безперебійність харчування навіть в умовах транспортних обмежень.

Низькотемпературне приготування Sous-vide у вакуумі (55–75°C) забезпечує високу біологічну цінність білків, збереження мікроелементів та формування м'якої текстури продуктів, що є особливо важливим для військовослужбовців із травмами щелепно-лицьового апарату або порушеннями травлення. Мінімальні втрати маси продукту (5–10%) підвищують економічну ефективність виробництва та дозволяють утримувати соціально орієнтовану ціну меню.

Таблиця 1 - Характеристика технологічних і цифрових заходів кейтерингу

Група заходів	Технологія / інструмент	Суть впровадження	Результат
Технології забезпечення якості	Cook-and-Chill	Приготування з подальшим шоковим охолодженням	Збереження якості та безпеки до 5 діб
	Sous-vide	Низькотемпературне вакуумне приготування	Висока біодоступність і м'яка текстура
	МГС-пакування	Герметизація у газовому середовищі	Подовження терміну зберігання без консервантів
Цифрова персоналізація	Мобільний додаток	Вибір страв у межах дієти	Підвищення психологічного комфорту
	Інтеграція з ЕМК	Автоматичне коригування меню	Індивідуалізація раціону
	QR-маркування	Доступ до КБЖВ і складу	Прозорість та контроль харчування

Джерело: сформовано автором

Застосування асептичного пакування в МГС подовжує термін придатності страв у 3–5 разів без використання консервантів, зберігаючи їхню харчову безпеку та естетичний вигляд. Таким чином формується інтегрована модель «холодної логістики», що відповідає принципам НАССР та стандартам безпечності харчових продуктів.

Цифровізація кейтерингового процесу реалізується через мобільний додаток «Food-Office Rehab», інтеграцію з електронними медичними картками та QR-кодування страв. Це забезпечує персоналізацію раціону відповідно до клінічних показників (алергії, рівень глюкози, специфіка травм), підвищує прозорість харчування та сприяє психологічному комфорту пацієнтів шляхом залучення їх до процесу вибору меню.

Запропонована модель трансформує кейтеринг із сервісної функції у складову реабілітаційної екосистеми відновлення. За результатами сучасних досліджень (2025–2026 рр.), інноваційне нутритивне забезпечення здатне скоротити термін фізичної реабілітації на 15–20% завдяки покращенню засвоюваності мікроелементів та формуванню позитивного емоційного фону. Отже, інтеграція технологічних, логістичних і цифрових рішень у діяльність ТОВ «Food-Office» дозволяє сформувати інноваційну, безпечну та персоналізовану модель реабілітаційного кейтерингу, що відповідає сучасним викликам системи відновлення військовослужбовців.

Список використаних джерел:

1. Компанець, К., Антонюк, І., & Медведєва, А. Інноваційна дифузія в організації ресторанного господарства під впливом пандемії covid-19. *Економіка та суспільство*, 2021 (25). <https://doi.org/10.32782/2524-0072/2021-25-57>
2. Davis B., Lockwood A., Pantelidis I. S., Alcott P. *Food and Beverage Management*. Routledge, 2013. 464 p.
3. Fellows P. *Food Processing Technology: Principles and Practice*. Woodhead Publishing. 20224th ed.
4. П'ятницька Н. О. (ред.). *Організація обслуговування у закладах ресторанного господарства*: підручник. 2-ге вид., перероб. та допов. Київ : Центр учбової літератури, 2011. 584 с.
5. Мазаракі А. А., Шаповал С. Л., Тарасенко І. І. та ін. *Устаткування закладів готельно-ресторанного господарства*: навч. посіб. Київ : Київ. нац. торг.-екон. ун-т, 2013. 640 с.
6. Пересічний М. І. та ін. *Технологія продуктів харчування функціонального призначення* : монографія. Дніпро : ДВНЗ УДХТУ, 2017.
7. Охріменко А. Г., Антоненко І. Я. Інноваційні проекти розвитку суб'єктів туристичного та готельного бізнесу. *Економіка та суспільство*. 2023. Вип. 57. DOI: 10.32782/2524-0072/2023-57-43.

Григор'єва В.В., здобувачка спеціальності 242 Туризм

Науковий керівник: Бессонова А.В., Ph.D., доцент кафедри туризму та економіки підприємств

(Національний технічний університет «Дніпровська політехніка», м. Дніпро, Україна)

ФОРМУВАННЯ КЛІЄНТООРІЄНТОВАНОЇ СТРАТЕГІЇ ГОТЕЛЬНИХ ПІДПРИЄМСТВ

В сучасних умовах розвитку індустрії гостинності посилення конкуренції, глобалізаційні процеси та зростання вимог споживачів зумовлюють необхідність переорієнтації готельних підприємств на принципи клієнтоорієнтованості. Формування клієнтоорієнтованої стратегії розглядається як ключовий чинник забезпечення конкурентоспроможності, підвищення якості послуг та досягнення довгострокової лояльності споживачів. Клієнтоорієнтована стратегія готельного підприємства являє собою систему управлінських рішень, спрямованих на максимальне задоволення потреб і очікувань гостей шляхом створення ціннісної пропозиції, що перевищує стандартні ринкові пропозиції [1]. Її реалізація передбачає інтеграцію маркетингових, організаційних та сервісних підходів, орієнтованих на індивідуалізацію обслуговування та формування позитивного клієнтського досвіду.

Одним із ключових аспектів формування клієнтоорієнтованої стратегії є глибоке розуміння поведінки споживачів та сегментація ринку готельних послуг. Використання сучасних аналітичних інструментів дозволяє визначати потреби різних категорій клієнтів, адаптувати спектр послуг до їхніх очікувань та формувати персоналізовані пропозиції. У цьому контексті важливу роль відіграють цифрові технології, зокрема системи управління взаємовідносинами з клієнтами (CRM), які забезпечують накопичення та обробку даних про гостей [2]. Не менш важливим елементом є забезпечення високої якості сервісу, що включає стандартизацію процесів обслуговування, професійний розвиток персоналу та формування корпоративної культури, орієнтованої на клієнта. Людський фактор залишається визначальним у сфері гостинності, оскільки саме взаємодія персоналу з гостем формує загальне враження про підприємство. Відтак, інвестиції у навчання, мотивацію та розвиток компетенцій працівників є необхідною умовою реалізації клієнтоорієнтованої стратегії.

В умовах цифровізації економіки суттєвого значення набуває управління клієнтським досвідом у онлайн-середовищі. Репутація готельного підприємства формується не лише через безпосередній досвід перебування, а й через відгуки на цифрових платформах, соціальні мережі та онлайн-сервіси бронювання. Це зумовлює необхідність активного управління цифровими комунікаціями, оперативного реагування на зворотний зв'язок та використання інструментів цифрового маркетингу [3]. Формування клієнтоорієнтованої стратегії також передбачає впровадження інноваційних сервісних рішень, спрямованих на підвищення зручності та комфорту гостей. До таких рішень належать автоматизація процесів обслуговування, використання мобільних додатків, безконтактні технології, персоналізовані рекомендації та інші інструменти, що покращують взаємодію клієнта з готелем на всіх етапах споживання послуги.

У контексті сталого розвитку клієнтоорієнтованість доповнюється врахуванням соціальних та екологічних очікувань споживачів. Сучасні туристи все частіше обирають готелі, що демонструють відповідальне ставлення до довкілля та суспільства. Тому інтеграція принципів сталого розвитку у клієнтську стратегію сприяє формуванню додаткових конкурентних переваг і зміцненню бренду. Через поєднання цих факторів формування клієнтоорієнтованої стратегії готельних підприємств є комплексним процесом, що охоплює аналіз потреб споживачів, підвищення якості сервісу, цифровізацію бізнес-

процесів та впровадження інноваційних рішень. Реалізація такого підходу забезпечує підвищення рівня задоволеності клієнтів, зміцнення їхньої лояльності та сталий розвиток готельного бізнесу в умовах сучасних викликів [4].

Подальший розвиток клієнтоорієнтованої стратегії готельних підприємств передбачає впровадження концепції управління клієнтським досвідом (Customer Experience Management), яка охоплює всі точки взаємодії гостя з готелем – від етапу пошуку інформації та бронювання до післяпродажного обслуговування. Такий підхід дозволяє сформуванню цілісного позитивного враження про підприємство та забезпечити емоційну прив'язаність клієнта до бренду. Особливого значення набуває створення унікального досвіду перебування, що базується на персоналізації послуг і врахуванні індивідуальних уподобань гостей. Суттєвим аспектом є також формування довгострокових відносин із клієнтами через програми лояльності та партнерські ініціативи. Впровадження бонусних систем, персоналізованих знижок, спеціальних пропозицій для постійних гостей сприяє утриманню клієнтів та збільшенню їх життєвої цінності для підприємства [5]. У сучасних умовах такі програми дедалі частіше інтегруються з цифровими платформами, що забезпечує зручність їх використання та підвищує рівень залученості споживачів.

Окремої уваги потребує інтеграція принципів омніканальності у взаємодії з клієнтами. Використання різних каналів комунікації – вебсайтів, мобільних додатків, соціальних мереж, онлайн-агрегаторів – має бути узгодженим і забезпечувати єдиний інформаційний простір для споживача. Це дозволяє підвищити доступність послуг, покращити якість обслуговування та забезпечити безперервність клієнтського досвіду незалежно від обраного каналу взаємодії [6]. Таким чином, поглиблення клієнтоорієнтованого підходу у діяльності готельних підприємств пов'язане з активним використанням сучасних цифрових технологій, розвитком персоналізованих сервісів та формуванням довгострокових відносин із клієнтами. У сукупності це створює передумови для підвищення ефективності функціонування готельного бізнесу та зміцнення його позицій на ринку туристичних послуг.

Список використаних джерел

1. Петлін І., Виклюк М. Клієнтоорієнтований підхід до формування маркетингової стратегії підприємств готельного бізнесу. *Підприємництво та інновації*. 2024. Вип. 32. С. 14-20. DOI: <https://doi.org/10.32782/2415-3583/32.2>
2. Язіна В.А., Стеблюк Н.Ф., Третьякова В.О. Управління іміджем підприємства гостинності та особливості його формування. *Науковий погляд: економіка та управління*. 2023. №2(82). С. 86-93. DOI: <https://doi.org/10.32782/2521-666X/2023-82-13>
3. Белобородова М.В., Нікітчина Т.І. Еволюція концепцій гостинності: від стандартів до персоналізації. *Економічний вісник Дніпровської політехніки*. 2025. Вип. 1. С. 121-128. DOI: <https://doi.org/10.33271/ebdut/89.121>
4. Тіщенко І.В. Напрями формування механізму управління бізнес-процесами інноваційних підприємств. *Київський економічний науковий журнал*. 2025. Вип. 9. С. 257-265. DOI: <https://doi.org/10.32782/2786-765X/2025-9-34>
5. Бессонова А.В., Безугла Л.С., Смесова В.Л. Цифрові стратегії для підвищення конкурентоспроможності закладів гостинності. *Причорноморські економічні студії*. 2024. Вип. 89. С. 224-230. DOI: <https://doi.org/10.32782/bses.89-39>
6. Томаля Т., Прилепа Н. Формування клієнтоорієнтованої моделі ресторанного обслуговування крізь призму якості, традицій харчування та споживчих очікувань. *Development Service Industry Management*. 2025. Вип. 3. С. 59-62. DOI: [https://doi.org/10.31891/dsim-2025-11\(8\)](https://doi.org/10.31891/dsim-2025-11(8))

Павлюк А.М., здобувач магістерського рівня спеціальності ІЗ Туризм та рекреація
Гречко А.Р., здобувач бакалаврського рівня спеціальності 242 Туризм і рекреація
Науковий керівник: Бєлобородова М.В., д.е.н., доцент
(НТУ «Дніпровська політехніка», м. Дніпро, Україна)

ШЛЯХИ ПОЛІПШЕННЯ ЕКОЛОГІЧНОГО УПРАВЛІННЯ В УКРАЇНСЬКІЙ ІНДУСТРІЇ ГОСТИННОСТІ

У сучасних умовах індустрія гостинності активно розвивається, але водночас має суттєвий вплив на навколишнє середовище. Значне споживання води та енергії, утворення великої кількості відходів, використання одноразових матеріалів і хімічних засобів потребують впровадження ефективних механізмів екологічного управління. Саме тому екологічні проблеми мають бути невід'ємною частиною процесу прийняття управлінських рішень, оскільки саме це забезпечує збереження природних ресурсів та розвиток суспільства.

Актуальність теми полягає в необхідності зменшення негативного впливу підприємств індустрії гостинності на довкілля та впровадження принципів сталого розвитку в їх діяльність.

Метою дослідження є визначення основних шляхів поліпшення екологічного управління в українській індустрії гостинності, що передбачає вирішення таких завдань, як розкриття специфіки екологічного управління у сфері гостинності та визначення основних екологічних проблем підприємств цієї галузі, що передбачає виокремлення можливих шляхів підвищення ефективності екологічного управління в сфері HoReCa.

Система екологічного управління – «виступає критично важливою складовою сталого розвитку. Воно відображає взаємодію економічних, соціальних і природоохоронних інтересів» [2]. Вона спрямована на забезпечення збалансованого розвитку економіки, екології та соціальної сфери, що відповідає концепції сталого розвитку.

У сфері гостинності екологічне управління передбачає впровадження екологічно відповідальних технологій, ефективне використання ресурсів та формування екологічної культури серед працівників і гостей.

Однією з основних причин негативного впливу індустрії гостинності на довкілля є значне споживання енергії. Готелі та ресторани потребують великої кількості електроенергії для освітлення, опалення, кондиціювання та роботи обладнання. Наслідком цього є збільшення викидів парникових газів і зростання витрат підприємств. Тому важливим шляхом поліпшення екологічного управління є впровадження енергоефективних технологій, зокрема використання енергозберігаючого освітлення, сучасного обладнання та відновлюваних джерел енергії.

Іншою проблемою є утворення великої кількості відходів. У закладах гостинності часто використовуються одноразові пакування, пластикові вироби та інші матеріали, які складно переробляються. Для вирішення цієї проблеми доцільно впроваджувати систему сортування відходів, зменшувати використання одноразового пластику та застосовувати багаторазові або біорозкладні матеріали.

Важливим аспектом є також раціональне використання водних ресурсів. Підприємства індустрії гостинності споживають значні обсяги води для побутових потреб, прибирання та прання. Використання водозберігаючих технологій, сучасних сантехнічних систем та повторного використання води (сіра вода) дозволяє зменшити її споживання та знизити навантаження на природні ресурси.

Значну роль у поліпшенні екологічного управління відіграє підвищення екологічної свідомості персоналу та клієнтів. Проведення навчання для працівників, інформування гостей про екологічні ініціативи закладу, заохочення до відповідальної поведінки сприяють формуванню культури сталого споживання. Таким чином, екологічна відповідальність

закладів готельного господарства стає вагомим конкурентним чинником, формуючи новий, сталий підхід до бізнесу та сприяючи переходу галузі до моделі сталого розвитку, яка є вигідною і для навколишнього середовища, і для сучасних екологічно свідомих споживачів [3].

Отже, розглянувши сутність екологічного управління в індустрії гостинності та визначивши основні екологічні проблеми, пов'язані з діяльністю підприємств цієї сфери, можна зробити висновок, що значний вплив на довкілля зумовлений високим рівнем споживання енергії та води, а також утворенням великої кількості відходів.

Було визначено основні шляхи поліпшення екологічного управління, серед яких: впровадження енергоефективних технологій, раціональне використання природних ресурсів, ефективне управління відходами та підвищення екологічної свідомості працівників і гостей.

Впровадження цих заходів сприятиме зменшенню негативного впливу індустрії гостинності на навколишнє середовище та забезпечить її сталий розвиток. Крім того, впровадження екологічних практик може підвищити конкурентоспроможність українських підприємств на міжнародному туристичному ринку та сприяти формуванню позитивного іміджу країни.

Список використаних джерел

1. Белобородова М. В. Відновлення туристично-рекреаційної привабливості DESTINATION на засадах сталого розвитку. Modern processes of economy adaptation in crisis conditions. Monograph. Opole: Academy of Applied Sciences; Academy of Management and Administration in Opole, 2023. pp. 116-125. ISBN 978-83-66567-54-2. URL: https://old.wszia.opole.pl/wp-content/uploads/2020/05/Monograf_Opole_2023.pdf
2. Bieloborodova M. Approaches to assessing the tourist and recreational attractiveness of a territory on the example of the Dnipropetrovsk area. *Науковий журнал «Економіка і регіон»*. 2023. №3(90). С.6-14. [https://doi.org/https://doi.org/10.26906/EiR.2023.3\(90\).3021](https://doi.org/https://doi.org/10.26906/EiR.2023.3(90).3021)

Самарцева А.Б., здобувачка спеціальності 242 Туризм

Науковий керівник: Бессонова А.В., Ph.D., доцент кафедри туризму та економіки підприємств

(Національний технічний університет «Дніпровська політехніка», м. Дніпро, Україна)

ЕКОЛОГІЗАЦІЯ ДІЯЛЬНОСТІ ПІДПРИЄМСТВ РЕСТОРАННОГО ГОСПОДАРСТВА В УМОВАХ СТАЛОГО РОЗВИТКУ

Сучасний розвиток ресторанного бізнесу відбувається в умовах зростання екологічних викликів, посилення вимог до якості та безпеки продукції, а також трансформації споживчих пріоритетів у напрямі відповідального споживання. У цьому контексті екологізація діяльності підприємств ресторанного господарства виступає важливим чинником забезпечення їх конкурентоспроможності та відповідності принципам сталого розвитку. З огляду на євроінтеграційні процеси в Україні, впровадження екологічних практик у ресторанному бізнесі набуває особливої актуальності та потребує системного наукового осмислення. Екологізація діяльності підприємств ресторанного господарства передбачає інтеграцію екологічних принципів у всі етапи виробничо-сервісного процесу – від закупівлі сировини до утилізації відходів. Вона ґрунтується на раціональному використанні природних ресурсів, мінімізації негативного впливу на довкілля та формуванні екологічно відповідальної поведінки як персоналу, так і споживачів [1]. У цьому контексті важливого значення набуває впровадження ресурсозберігаючих технологій, оптимізація енергоспоживання та скорочення обсягів харчових відходів.

Одним із ключових напрямів екологізації є перехід до використання локальних та сезонних продуктів, що сприяє зменшенню транспортного навантаження та підтримці місцевих виробників. Такий підхід відповідає концепції коротких ланцюгів постачання та дозволяє забезпечити свіжість продукції, підвищити її якість і знизити вуглецевий слід підприємства. Крім того, популярності набуває практика впровадження органічної продукції та екологічно сертифікованих інгредієнтів. Суттєвим аспектом є управління відходами в ресторанному господарстві. Впровадження принципів циркулярної економіки передбачає сортування відходів, їх повторне використання, переробку та мінімізацію утворення [2]. Особливої уваги потребує проблема харчових відходів, яка може вирішуватися шляхом оптимізації меню, впровадження технологій прогнозування попиту та використання залишків продукції для створення нових страв. У сучасних умовах також поширюється практика використання біорозкладної упаковки та відмова від одноразового пластику.

Важливу роль у процесі екологізації відіграють інноваційні технології та цифрові рішення. Використання систем автоматизованого управління ресурсами, електронного обліку запасів, цифрових меню та онлайн-сервісів замовлення сприяє підвищенню ефективності діяльності підприємств і зменшенню ресурсних витрат. Крім того, цифрові інструменти дозволяють підвищити прозорість діяльності ресторану та інформувати споживачів про екологічні ініціативи. Екологізація ресторанного бізнесу тісно пов'язана з формуванням екологічної культури споживачів. Зростання попиту на «зелені» послуги стимулює підприємства впроваджувати екологічно відповідальні практики, позиціонувати себе як соціально відповідальні бренди та формувати відповідний імідж. У цьому контексті важливого значення набувають маркетингові комунікації, спрямовані на популяризацію сталого споживання та підвищення обізнаності клієнтів [3].

Екологізація діяльності підприємств ресторанного господарства є комплексним процесом, що охоплює виробничі, управлінські та соціальні аспекти. Її реалізація сприяє не лише зниженню негативного впливу на довкілля, а й формуванню конкурентних переваг,

підвищенню ефективності діяльності та зміцненню довіри споживачів. В умовах сталого розвитку екологічна орієнтація стає невід'ємною складовою стратегічного управління ресторанним бізнесом. В умовах сучасних українських реалій екологізація діяльності підприємств ресторанного господарства набуває специфічних рис, зумовлених економічною нестабільністю, наслідками воєнних дій та необхідністю швидкої адаптації бізнесу до нових викликів [4]. З одного боку, обмеженість фінансових ресурсів ускладнює впровадження екологічних інновацій, однак з іншого – стимулює підприємства до пошуку більш ефективних та економних рішень, що відповідають принципам сталого розвитку. У цьому контексті особливої актуальності набувають низьковитратні екологічні практики, зокрема оптимізація використання енергоресурсів, зменшення харчових відходів та раціоналізація закупівельної діяльності.

Важливим фактором є також трансформація споживчих уподобань в Україні, що поступово зміщуються у бік відповідального споживання. Зростає попит на локальні, сезонні та екологічно чисті продукти, що створює передумови для розвитку коротких ланцюгів постачання та співпраці з місцевими виробниками. Водночас ресторани підприємства дедалі активніше використовують концепції «farm-to-table» та «zero waste», адаптуючи їх до національних умов та ресурсних можливостей [5]. Суттєву роль у впровадженні екологічних практик відіграє державна та міжнародна підтримка, зокрема через грантові програми, проекти технічної допомоги та ініціативи, спрямовані на відновлення економіки України. Участь підприємств ресторанного бізнесу в таких програмах сприяє залученню інвестицій, впровадженню інноваційних технологій та підвищенню рівня екологічної відповідальності. Крім того, поступова гармонізація українського законодавства з європейськими стандартами створює нормативні передумови для розвитку «зеленого» бізнесу. Отже, реалізація принципів екологізації в ресторанному господарстві України відбувається в умовах поєднання обмежень і нових можливостей. Адаптація міжнародного досвіду до національних реалій, активізація локальних ініціатив та підвищення екологічної свідомості як бізнесу, так і споживачів формують основу для поступового переходу до сталих моделей функціонування ресторанного сектору.

Список використаних джерел

1. Тітомир Л.А., Коротич О.М., Халілова-Чуваєва Ю.О. Екологізація готелів як напрям розвитку готельно-ресторанного бізнесу. *Економіка харчової промисловості*. 2021. Том 13. Вип. 3. С. 88-93. DOI: <https://doi.org/10.15673/fie.v13i3.2136>
2. Бессонова А.В., Безугла Л.С., Белобородова М.В. Зелена сервісна революція: як HoReCa переходить до сталих форматів. *Acta Academiae Beregsasiensis: Geographica et Recreatio*. 2025. Вип. 3. С. 121-130. DOI: <https://doi.org/10.32782/2786-5843/2025-4-12>
3. Грицина А., Твердохліб В., Шаран Л., Бондар Н., Пушка О. Перспективні напрями екологізації вітчизняних готельних підприємств. *Інновації та технології в сфері послуг і харчування*. 2025. Вип. 1(15). С. 45-50. DOI: [https://doi.org/10.32782/2708-4949.1\(15\).2025.8](https://doi.org/10.32782/2708-4949.1(15).2025.8)
4. Лисюк Т. Інноваційні підходи до забезпечення сталого розвитку готельно-ресторанного бізнесу. *Економіка та суспільство*. 2025. Вип. 72. DOI: <https://doi.org/10.32782/2524-0072/2025-72-97>
5. Паньків Н., Бик В. Екологізація готельно-ресторанної сфери в контексті сталого розвитку туризму в Україні. *Вісник Хмельницького національного університету*. 2023. № 2. С. 146-156. DOI: <https://doi.org/10.31891/2307-5740-2023-316-2-23>

УДК 338.48

Шаповал В.А., аспірант спеціальності **ІЗ Туризм та рекреація**

Науковий керівник: Белобородова М.В., д.е.н., доцент, доцент кафедри туризму та економіки підприємства

(НТУ «Дніпровська політехніка», м. Дніпро, Україна)

ІНДУСТРІАЛЬНА СПАДЩИНА ЯК ТУРИСТИЧНИЙ РЕСУРС

Сучасні трансформаційні процеси в урбанізованому середовищі зумовлюють переосмислення ролі занедбаних промислових територій у соціально-економічному розвитку міст. У постіндустріальну епоху промислова спадщина перестає сприйматися як просторовий баласт і дедалі більше розглядається як стратегічний ресурс сталого розвитку, здатний виконувати нові соціальні, культурні та туристичні функції [1]. З точки зору зазначеної проблематики, актуальності набуває адаптивне повторне використання індустріальних об'єктів як інструмент формування конкурентоспроможних туристичних дестинацій та підвищення привабливості міських територій.

Адаптивна ревіталізація промислових об'єктів забезпечує збереження матеріальної автентичності, інтеграцію історико-культурної спадщини у сучасний міський простір та формування нових туристичних продуктів. Індустріальні ландшафти, перетворені на музеї, креативні кластери, культурні центри, гастрономічні хаби й простори подієвого туризму, створюють унікальні сценарії споживання туристичного досвіду, орієнтованого на емоції, автентичність і пізнання. Це сприяє диверсифікації міського туристичного продукту, зростанню туристичних потоків і посиленню бренду територій [2].

Важливою методологічною основою адаптивного повторного використання є принципи циркулярної економіки, що орієнтовані на подовження життєвого циклу будівель, мінімізацію відходів, повторне використання матеріалів та скорочення вуглецевого сліду [3]. Перепрофілювання промислових споруд потребує значно менших ресурсів порівняно з новим будівництвом, сприяє збереженню природного капіталу та відповідає сучасним екологічним стандартам. Застосування практик апсайклінгу, енергоефективних технологій і зеленої модернізації формує екологічну цінність об'єктів і водночас посилює їх маркетингову привабливість як складову сталого туристичного продукту.

Разом із тим, розвиток туризму на базі промислової спадщини супроводжується низкою соціально-екологічних ризиків. Зростання туристичних потоків може спричиняти перевантаження міської інфраструктури, підвищення екологічного тиску, соціальну напругу та загрозу втрати автентичності. Тому формування туристичних атракцій на основі індустріальної спадщини потребує системного управління, що поєднує інструменти міського планування, туристичного менеджменту, культурної політики та екологічного регулювання [4].

З метою комплексної оцінки ефективності ревіталізації промислових об'єктів доцільним є застосування удосконаленої моделі локального економічного добробуту, доповненої індексом сталості. Такий підхід дозволяє враховувати не лише прямі економічні вигоди від розвитку туризму, але й непрямі соціальні та екологічні наслідки. Запропонований індекс сталості охоплює показники циркулярності використання ресурсів, енергоефективності, інклюзивності простору та участі громади в ухваленні управлінських рішень, що відповідає ключовим Цілям сталого розвитку.

Інтеграція індексу сталості в економічну модель дає змогу підсилити позитивний вплив туризму на локальний розвиток і водночас мінімізувати ризики екологічної деградації та соціальної дестабілізації. Такий підхід забезпечує перехід від короткострокових економічних ефектів до довгострокових стратегій сталого розвитку

міських територій, орієнтованих на баланс між економічною доцільністю, соціальною справедливістю та екологічною відповідальністю.

Інституційний та управлінський контекст реалізації проєктів адаптивного повторного використання промислової спадщини залишається недостатньо розвиненим. Жорсткі регуляторні вимоги, обмежений доступ до фінансових ресурсів, нестача інвестиційних стимулів і складні процедури охорони спадщини нерідко стримують процеси ревіталізації. Подолання цих бар'єрів потребує впровадження механізмів державно-приватного партнерства, податкових пільг, грантових програм та моделей соціального інвестування, які підвищують економічну життєздатність проєктів [2].

Водночас участь місцевих громад у процесах планування та реалізації ревіталізаційних проєктів сприяє зміцненню соціальної згуртованості, формуванню локальної ідентичності та зменшенню ризиків джентрифікації. Партисипативні підходи забезпечують легітимність управлінських рішень і сприяють сталому функціонуванню туристичних просторів у довгостроковій перспективі.

Таким чином, адаптивне повторне використання промислової спадщини виступає комплексним інструментом формування туристичних атракцій, що поєднує принципи циркулярної економіки, сталого урбанізму та відповідального туризму. Запропонована модель оцінювання локального економічного добробуту з індексом сталості дозволяє підвищити обґрунтованість стратегічних управлінських рішень і сприяє формуванню стійких туристичних екосистем, орієнтованих на довгостроковий розвиток міських територій.

Список використаних джерел:

1. Merylova I. Multi-Criteria Evaluation of Recreational Potential in Post-Industrial Landscapes: A Case Study of the Prydniprovsk Region. *Civil Engineering and Architecture*. 2025. № 13(6). P. 4179 - 4193. <https://doi.org/10.13189/cea.2025.130607>
2. Белобородова М. В., Бессонова А. В., Безугла Л. С. Державне управління культурною спадщиною промислових територій. *Бізнес Інформ*. 2025. №2. С. 94–101. <https://doi.org/10.32983/2222-4459-2025-2-94-101>
3. Панченко Т., Голуб А., Мерилова І., Сторожук С. Трансформація соціально-містобудівних підходів до формування рекреаційної інфраструктури. *Сучасні проблеми Архітектури та Містобудування*. 2025. № 71. С. 301–316. <https://doi.org/10.32347/2077-3455.2025.71.301-316>
4. Мерилова І., Бондаренко Л., Макурін А. Індустріальна спадщина як просторовий ресурс міста. *Науковий вісник будівництва*. 2025. № 113. С. 27-35. <https://doi.org/10.33042/2311-7257.2025.113.1.4>

Кислий А.О., аспірант за спеціальністю J3 Туризм та рекреація

(Національний технічний університет «Дніпровська політехніка», м. Дніпро, Україна)

ІНТЕГРОВАНІЙ РОЗВИТОК ТУРИСТИЧНИХ ТЕРИТОРІЙ УКРАЇНИ В УМОВАХ ПІСЛЯВОЄННИХ ТРАНСФОРМАЦІЙ

В умовах руйнування інфраструктури, зміни просторової організації економіки, посилення міграційних процесів, трансформації споживчих потреб і необхідності формування нової моделі регіонального розвитку туристичні території набувають не лише рекреаційного, а й стратегічного соціально-економічного значення. Вони стають важливими осередками локальної активізації, інструментом відновлення зайнятості, стимулювання малого та середнього бізнесу, збереження культурної спадщини та формування позитивного іміджу регіонів. Туристичні території України у післявоєнний період мають розвиватися на основі принципів стійкості, адаптивності, інклюзивності та безпеки. Вирішальним для розвитку туристичних територій є не лише відновлення втрачених функцій, а й створення нових конкурентних переваг, що відповідають сучасній структурі попиту, зміні мотивації туристів та активізації внутрішнього туризму.

На рисунку 1 відображається логіку включення туристичних територій України у загальну архітектоніку післявоєнного відновлення через взаємодію чотирьох базових вимірів: економічного, соціального, інфраструктурного та інституційного. Її зміст переконливо демонструє, що туристичні території в сучасних умовах слід розглядати не як локальні об'єкти рекреаційного використання, а як багатофункціональні простори, у межах яких поєднуються механізми економічного пожвавлення, соціальної стабілізації, інфраструктурної модернізації та управлінського оновлення.

Економічний вимір розкриває роль туристичних територій як середовища активізації бізнесу, розширення зайнятості та формування мультиплікативного ефекту для суміжних видів економічної діяльності. Туризм у цьому випадку виступає каталізатором локального розвитку, оскільки стимулює сферу послуг, транспорт, торгівлю, креативні індустрії, готельно-ресторанний бізнес та мале підприємництво. Через це туристичні території здатні генерувати нові джерела доходів для громад і посилювати фінансову основу відновлення.

Соціальний вимір акцентує на тому, що розвиток туристичних територій безпосередньо пов'язаний із соціальною згуртованістю, реабілітацією населення та збереженням локальної ідентичності. У післявоєнних умовах це має особливе значення в контексті відновлення суспільної довіри, підтримки внутрішньої стабільності та повернення територіям їх культурної і символічної цінності. Саме через туристичні практики, культурні маршрути, меморіальні простори, локальні події та рекреаційні продукти формується нова модель взаємодії людини з територією.

Інфраструктурний вимір демонструє, що результативний розвиток туристичних територій неможливий без відбудови об'єктів, формування безбар'єрного середовища та цифровізації сервісів. Йдеться не лише про фізичне відновлення доріг, засобів розміщення, закладів харчування чи туристичних локацій, а й про якісне оновлення стандартів функціонування території. Безбар'єрність, доступність, зручна навігація, цифрові сервіси бронювання, інформаційна підтримка та сучасні комунікаційні рішення формують нову якість туристичного простору, яка відповідає актуальним вимогам внутрішнього та міжнародного туристичного ринку.

Інституційний вимір розкриває значення партнерства влади, бізнесу і громади для формування дієвої системи стратегічного управління туристичними територіями. Узгодженість інтересів стейкхолдерів дає змогу забезпечити довгострокове планування, реалізацію проєктів розвитку, координацію дій та адаптацію території до нових викликів.

Інтегральний результат взаємодії всіх зазначених вимірів - стійке відновлення територій, формування нової конкурентної моделі розвитку туризму та зростання привабливості регіонів. Це означає, що ефект від розвитку туристичних територій впливає на економіку, соціальну сферу, імідж, інвестиційний клімат і якість життя населення [1,2].

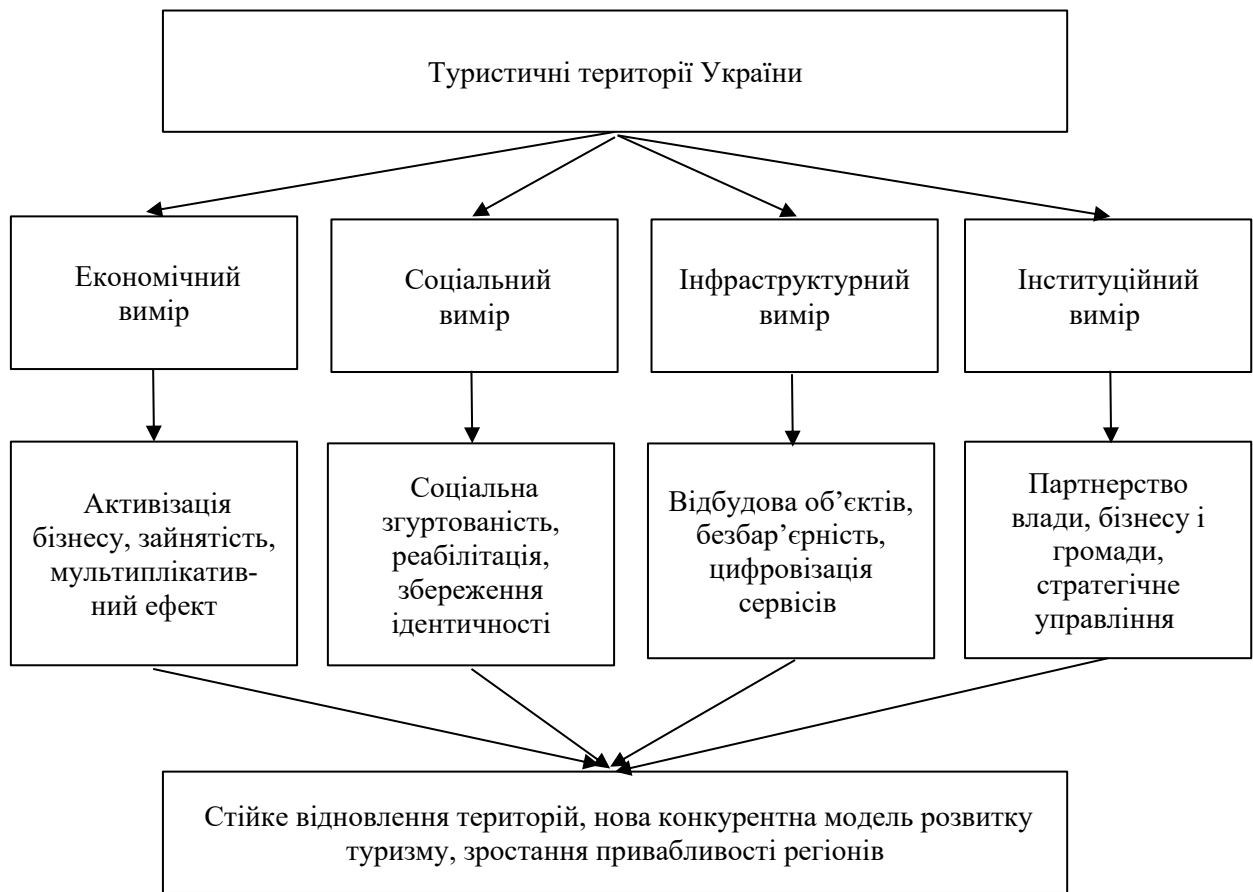


Рисунок 1 – Туристичні території України в архітектоніці післявоєнного відновлення

Джерело: сформовано автором за [1,2]

Отже, туристичні території України слід розглядати як вагомий структурний елемент архітектоники післявоєнного відновлення, здатний поєднати економічні, соціальні, культурні та просторові ефекти розвитку. Їх трансформація повинна базуватися на інтегрованому підході, що охоплює відбудову інфраструктури, модернізацію управління, розвиток інноваційних туристичних продуктів, забезпечення безпеки та формування нової конкурентної моделі територіального розвитку.

Список використаних джерел:

1. Yermachenko, V., Melnychenko, S., Mykola Sidak, M., Dupliak, T., Losytka, T. (2024). Sustainable tourism in the post-war reconstruction of territorial communities in Ukraine. *Access to science, business, innovation in the digital economy*, ACCESS Press, 5(1), 34-57, [https://doi.org/10.46656/access.2024.5.1\(3\)](https://doi.org/10.46656/access.2024.5.1(3))
2. Albeshchenko, O., Veits, A., Iagodzinska, A., & Krichfalushii, M. (2025). Improvement of the business environment of tourism and hotel entrepreneurship in territorial communities. *International Science Journal of Management, Economics & Finance*, 4(2), 127–136. <https://doi.org/10.46299/j.isjmef.20250402.12>

Маркетингові технології. Суспільні комунікації. Медіа студії

Дейнега К.В., аспірант спеціальності 051 «Економіка», кафедра маркетингу та торговельного підприємництва

(ННІ «Українська інженерно-педагогічна академія» ХНУ ім. В.Н. Каразіна, м. Харків, Україна)

МАРКЕТИНГОВА ОРІЄНТАЦІЯ ЯК ПРИКЛАДНИЙ МЕХАНІЗМ УПРАВЛІННЯ РОЗВИТКОМ СОЦІАЛЬНИХ ПІДПРИЄМСТВ

Соціальне підприємництво в Україні поступово трансформується у важливий сегмент економіки, що поєднує підприємницьку діяльність із реалізацією соціальної місії. У класичному трактуванні соціальне підприємництво спрямоване на створення соціальної цінності через інноваційні підходи до вирішення суспільних проблем [1]. Водночас в умовах сучасних трансформаційних процесів особливої актуальності набуває питання управління розвитком соціальних підприємств, зокрема на основі маркетингової орієнтації.

Теоретичні засади маркетингової орієнтації розроблені у працях Джона К. Нарвера та Стенлі Ф. Слейтера, які визначають її як організаційну культуру, спрямовану на створення довгострокової цінності для споживача через системний аналіз ринку та координацію функціональних підрозділів [2]. У контексті соціального підприємництва маркетингова орієнтація набуває ширшого змісту, оскільки враховує інтереси не лише споживачів, а й широкого кола стейкхолдерів – громади, донорських організацій, партнерів, органів влади та соціально вразливих груп населення.

Сучасні українські дослідження підтверджують прикладну значущість маркетингових інструментів у розвитку соціальних підприємств. Зокрема, відзначається роль брендингу, соціальних комунікацій та формування довіри як чинників підвищення конкурентоспроможності та розширення соціального впливу [3]. Маркетинг у цьому випадку виступає не лише функцією просування, а системою управлінських рішень, що забезпечує стійкість та адаптивність організації.

Соціальне підприємництво виконує інтеграційну функцію між державою, бізнесом і громадянським суспільством, сприяючи вирішенню проблем зайнятості, соціальної адаптації та інклюзії [4]. Ефективна взаємодія із зазначеними суб'єктами потребує стратегічного позиціонування, розробки соціальної ціннісної пропозиції та вибудови партнерських моделей співпраці, що є складовими маркетингової орієнтації.

В умовах сучасних викликів соціальні підприємства характеризуються підвищеною соціальною інноваційністю та гнучкістю, що відрізняє їх від традиційних комерційних структур [5]. Управління розвитком таких підприємств потребує системного підходу до аналізу соціальних потреб, формування відповідних продуктів і послуг та ефективного донесення їх цінності до цільових аудиторій.

Прикладний вимір маркетингової орієнтації проявляється у: дослідженні соціальних запитів як основи інновацій; формуванні соціальної ціннісної пропозиції; управлінні репутацією та соціальним капіталом; координації взаємодії зі стейкхолдерами. Саме інтеграція зазначених елементів дозволяє забезпечити сталий розвиток соціального підприємства та посилити його соціальний ефект.

Наукова новизна полягає в обґрунтуванні маркетингової орієнтації як системного прикладного механізму управління розвитком соціального підприємства, що інтегрує стратегічний аналіз соціальних потреб, формування соціальної цінності та координацію партнерських взаємодій. Запропонований підхід розширює традиційне розуміння маркетингу та визначає його як ключовий фактор інноваційності та стійкості соціального підприємства.

Список використаних джерел:

1. Dees J. G. The Meaning of Social Entrepreneurship [Електронний ресурс]. Original draft: 1998, revised 2001. Режим доступу: https://web.stanford.edu/class/e145/2007_fall/materials/dees_SE.pdf (дата звернення: 20.02.2026).
2. Narver J. C., Slater S. F. The Effect of a Market Orientation on Business Profitability // Journal of Marketing. 1990. Vol. 54, No. 4. P. 20–35. Режим доступу: <https://www.jstor.org/stable/1251757> (дата звернення: 20.02.2026).
3. Вербицька А. В. Маркетингові інструменти розвитку соціальних підприємств в умовах невизначеності [Електронний ресурс] // Науковий погляд: економіка та управління. 2024. № 3 (87). С. 91–96.
4. Прушківська Е. В. Соціальне підприємництво як інструмент соціальної політики: міжнародний досвід та перспективи для України // Інноваційна економіка. 2025. № 2. С. 236–242. DOI: <https://doi.org/10.37332/2309-1533.2025.2.26>.
5. Швед В. В. Про деякі особливості соціального підприємництва // Український журнал прикладної економіки та техніки. 2025. № 37. С. 226–231.

Таран А. Ю., магістр спеціальності D5 Маркетинг

Науковий керівник: Пілова К.П., к. е. н., доцент, декан фінансово-економічного факультету

(Національний технічний університет «Дніпровська політехніка», м. Дніпро, Україна)

ЦИФРОВІ КОМУНІКАЦІЇ БЛАГОДІЙНИХ ОРГАНІЗАЦІЙ: ОЦІНКА ЕФЕКТИВНОСТІ КОНТЕНТ-СТРАТЕГІЙ У СОЦМЕРЕЖАХ

У сучасному цифровому середовищі соціальні мережі трансформувалися з інструменту міжособистісної комунікації у потужний механізм соціального впливу, який активно використовується, зокрема, благодійними організаціями. Їхня роль виходить далеко за межі інформування: сьогодні це платформа для формування довіри, залучення ресурсів та мобілізації громадянської активності. Саме тому питання ефективності контент-комунікації набуває особливої актуальності в контексті розвитку некомерційного сектору.

Наукові дослідження підтверджують, що соціальні медіа створюють нову модель взаємодії між організацією та аудиторією, в якій користувач перестає бути пасивним споживачем інформації та стає активним учасником комунікаційного процесу. У свою чергу, ефективність діяльності некомерційних організацій безпосередньо залежить від здатності формувати змістовний, емоційно насичений та соціально релевантний контент.

Емпіричною основою даного дослідження стали результати опитування аудиторії Благодійного фонду «МІЖНАРОДНИЙ РУХ ЄДНОСТІ», спрямованого на виявлення особливостей сприйняття контенту в соціальних мережах. Методологія дослідження передбачала використання комбінованого підходу, що включав як кількісні, так і якісні методи збору даних. Застосування фільтраційного запитання дозволило забезпечити релевантність вибірки, обмеживши її респондентами, які мали реальний досвід взаємодії з контентом фонду.

Аналіз результатів показав, що однією з ключових проблем є обмежене охоплення контенту. Значна частина респондентів зазначила, що не взаємодіяла з публікаціями фонду протягом останніх одного–двох місяців або робила це епізодично. Це свідчить про існування бар'єру видимості, який формується як під впливом алгоритмів соціальних мереж, так і через недостатню адаптацію контенту до поведінкових моделей користувачів. Алгоритмічні механізми платформ відіграють ключову роль у визначенні того, який контент буде побачений аудиторією, що змушує організації переглядати власні комунікаційні стратегії.

Попри це, серед респондентів, які регулярно взаємодіють із контентом, спостерігається доволі високий рівень його позитивного сприйняття. Особливу увагу аудиторії привертають реальні історії людей, яким допоміг фонд, а також звіти про результати діяльності. Такий інтерес можна пояснити з позицій теорії сторітелінгу, яка підкреслює значення персоналізованих наративів у формуванні емоційного зв'язку. Водночас користувачі демонструють чітку схильність до споживання візуального контенту, зокрема коротких відео та інфографіки, що відповідає сучасним трендам цифрового середовища.

Важливим аспектом є також емоційна складова комунікації. Респонденти здебільшого оцінюють тон публікацій як позитивний і надихаючий, що створює сприятливе підґрунтя для формування довіри. Емоційно забарвлений контент здатен суттєво підвищувати рівень залученості та стимулювати донорську поведінку. У випадку досліджуваного фонду цей ефект проявляється у готовності частини аудиторії підтримувати діяльність через донати, поширення інформації або участь у проєктах.

Разом із тим, мотиваційний потенціал контенту не є рівномірним. Частина респондентів вказує на недостатній рівень спонукання до дії, що свідчить про потребу в удосконаленні комунікаційних повідомлень. Зокрема, актуальним є посилення персоналізації звернень, чіткість формулювання закликів до дії та демонстрація конкретних результатів діяльності.

Не менш важливими є причини низької залученості аудиторії. Респонденти відзначають одноманітність контенту, недостатню кількість відеоформатів та інтерактивних елементів, а також нерегулярність появи публікацій у стрічці новин. Ці фактори свідчать про необхідність переходу до більш гнучкої та адаптивної контент-стратегії.

Таким чином, результати дослідження дозволяють стверджувати, що ефективність комунікації благодійних організацій у соціальних мережах визначається не лише якістю контенту, але й здатністю адаптувати його до динамічних умов цифрового середовища. Контент має бути не просто інформативним, а емоційно значущим, візуально привабливим і соціально релевантним. Важливу роль відіграє також інтерактивність, яка сприяє формуванню двостороннього діалогу між організацією та аудиторією.

Узагальнюючи, можна дійти висновку, що досліджуваний благодійний фонд володіє значним потенціалом для підвищення ефективності своєї комунікаційної діяльності. Основними напрямками вдосконалення є розширення використання відеоконтенту, підвищення різноманітності форматів, систематичне використання сторітелінгу та забезпечення максимальної прозорості діяльності. У сучасних умовах саме ці чинники визначають здатність організації не лише інформувати, але й надихати, залучати та формувати довготривалі відносини з аудиторією.

Список використаних джерел

1. CAF. Insights into donors and charities. [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://www.cafonline.org/insights/research>.
2. Дослідження благодійності 2024. Благодійний рух «Щедрий вівторок». Київ: 2024. 135 с.
3. Доскіч Л. Соціальні медіа як джерело дослідницької інформації // Бібліотекознавство. Документознавство. Інформологія. 2023.
4. Батрименко О. В. Соціально-медійна активність у сучасному інформаційному просторі України // Політичне життя. 2022.
5. Іщенко А. Розвиток некомерційного маркетингу в умовах кризи. 2023.
6. Стамат В. М., Брильова М. О. "Формування маркетингової стратегії вітчизняних підприємств в умовах кризи". 2024.

Мекушкін В.Д., магістр спеціальності D5 Маркетинг

Науковий керівник: Куваєва Т.В., к. е. н., доцент, завідувачка кафедри маркетингу
(Національний технічний університет «Дніпровська політехніка», м. Дніпро, Україна)

ОСОБЛИВОСТІ ПРОСУВАННЯ ПІДПРИЄМСТВ У СФЕРІ ПОСЛУГ В УМОВАХ ЦИФРОВІЗАЦІЇ

У сучасних умовах цифрової трансформації економіки підприємства сфери послуг функціонують у середовищі підвищеної конкуренції, інформаційного перенасичення та постійних змін у поведінці споживачів. Активне впровадження цифрових технологій зумовлює суттєву трансформацію маркетингових підходів, що проявляється у переході від традиційних форм просування до інтерактивних, персоналізованих і даних-орієнтованих комунікацій. У таких умовах ефективність діяльності підприємства значною мірою визначається здатністю адаптуватися до цифрового середовища та оперативно реагувати на нові виклики ринку[1].

Ринок послуг має низку специфічних характеристик, серед яких ключовими є нематеріальність, невіддільність процесу надання послуги від її споживання, мінливість якості та неможливість зберігання. Саме ці особливості ускладнюють процес просування, оскільки споживач не може заздалегідь об'єктивно оцінити якість послуги. У зв'язку з цим особливого значення набуває формування довіри до підприємства, яка виступає базовим фактором прийняття рішення про купівлю. У цифровому середовищі довіра трансформується у категорію репутаційного капіталу, що формується через відгуки клієнтів, рейтингові оцінки, рекомендації, рівень залученості аудиторії та прозорість комунікацій.[2]

Цифровізація суттєво змінює структуру каналів просування. Якщо раніше домінували офлайн-інструменти, такі як зовнішня реклама або традиційні медіа, то сьогодні пріоритет переходить до цифрових каналів, які забезпечують швидкий зворотний зв'язок і можливість точного таргетингу. Соціальні мережі, пошуковий маркетинг, контекстна реклама та інфлюенс-маркетинг стають ключовими інструментами взаємодії з цільовою аудиторією. Відповідно до представлених даних (рис. 1), найбільшу частку в структурі рекламних каналів займають соціальні мережі - 55%, що підтверджує їхню домінуючу роль у формуванні попиту на послуги. Контекстна реклама та інфлюенс-маркетинг займають по 15%, що свідчить про їхню ефективність у залученні зацікавленої аудиторії. Частка локальної реклами становить 10%, тоді як інші витрати залишаються на рівні 5%.[3]

Отримані результати свідчать про переорієнтацію підприємств сфері послуг на інструменти, які забезпечують не лише інформування, але й активну взаємодію зі споживачем. У цьому контексті особливого значення набуває контент-маркетинг, який дозволяє формувати емоційний зв'язок із клієнтом та підвищувати рівень його залученості. Використання візуального контенту, зокрема коротких відео, сторітелінгу та інтерактивних форматів, сприяє кращому сприйняттю інформації та формуванню лояльності до бренду.

Важливою тенденцією розвитку просування у сфері послуг є персоналізація комунікацій. Завдяки використанню аналітичних інструментів та цифрових платформ підприємства отримують можливість адаптувати маркетингові повідомлення відповідно до індивідуальних характеристик споживачів, їхніх інтересів, поведінки та попереднього досвіду взаємодії з брендом. Такий підхід дозволяє значно підвищити ефективність рекламних кампаній, знизити витрати на залучення клієнтів та сформувати довгострокові відносини зі споживачами.[4]



Рисунок 1 – Канали просування для підприємства у сфері послуг

Крім того, важливою особливістю є зростання ролі двосторонньої комунікації. Сучасний споживач виступає не лише отримувачем інформації, але й активним учасником комунікаційного процесу, що впливає на формування іміджу підприємства. Відповідно, підприємства повинні приділяти увагу не лише створенню контенту, але й управлінню зворотним зв'язком, обробці відгуків та підтримці діалогу з аудиторією.

Таким чином, просування підприємств у сфері послуг в умовах цифровізації характеризується комплексною трансформацією підходів до маркетингових комунікацій. Основними тенденціями є домінування цифрових каналів, зростання ролі довіри та репутації, активне використання контент-маркетингу, персоналізація комунікацій та посилення взаємодії зі споживачами. Ефективність просування визначається здатністю підприємства інтегрувати сучасні цифрові інструменти у свою діяльність та адаптуватися до швидкозмінного ринкового середовища.

Список використаних джерел

1. Балик У. О. Щодо ролі цифрових технологій у трансформації міжнародного маркетингу: виклики та перспективи [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://www.a-economics.com.ua/index.php/home/article/view/7/7>
2. Просування послуг в інтернеті: ефективні інструменти для сервісного бізнесу [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://roapp.com.ua/blog/how-to-promote-service-centers-on-internet/>
3. Бієлікова О. Тенденції розвитку цифрового маркетингу як інноваційного інструменту управління підприємствами [Електронний ресурс]. – Режим доступу: [https://www.venu-journal.org/download/2020/2\(39\)/19-Bielikova.pdf](https://www.venu-journal.org/download/2020/2(39)/19-Bielikova.pdf)
4. Персоналізація в маркетингу: чому це головний тренд майбутнього [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://mmr.ua/longreads/marketyng/personalizacziya-v-marketyngu-chomu-cze-golovnyj-trend-majbutnogo>

Черкасова М.В., студент спеціальності «Маркетинг»

Науковий керівник: Куваєва Т.В., к.е.н., завідувач кафедри маркетингу

(Національний технічний університет «Дніпровська політехніка», м. Дніпро, Україна)

ОСОБЛИВОСТІ ПОВЕДІНКИ СПОЖИВАЧІВ НА РИНКУ ДИТЯЧОГО ХАРЧУВАННЯ: ПОЄДНАННЯ РАЦІОНАЛЬНИХ ТА ЕМОЦІЙНИХ ФАКТОРІВ

Ринок дитячого харчування характеризується високим рівнем конкуренції та підвищеними вимогами до якості продукції, що зумовлює необхідність глибокого розуміння поведінки споживачів. Особливістю цього ринку є те, що рішення про купівлю приймають батьки, тоді як кінцевими споживачами виступають діти, що формує складну модель споживчої поведінки. У таких умовах маркетингові комунікації мають враховувати як раціональні, так і емоційні чинники впливу [1].

Згідно з науковими підходами, поведінка споживача є результатом взаємодії когнітивних (раціональних) і афективних (емоційних) процесів. Раціональні фактори пов'язані з оцінкою функціональних характеристик товару, тоді як емоційні – із довірою, сприйняттям бренду та джерела інформації [2]. У сегменті дитячого харчування домінування раціональних мотивів пояснюється прагненням батьків забезпечити безпеку та користь продукту, проте остаточне рішення часто формується під впливом емоційних тригерів [3].

До основних раціональних факторів належать склад продукту, його якість, ціна та наявність корисних властивостей. Саме ці характеристики формують базову довіру до товару та визначають первинний вибір. Проведене дослідження показало, що найбільший вплив на рішення про купівлю мають саме раціональні критерії, серед яких домінує склад продукту, а також ціна та відгуки інших споживачів. Це свідчить про високий рівень усвідомленості споживачів у даній категорії товарів та орієнтацію на функціональну цінність продукту.

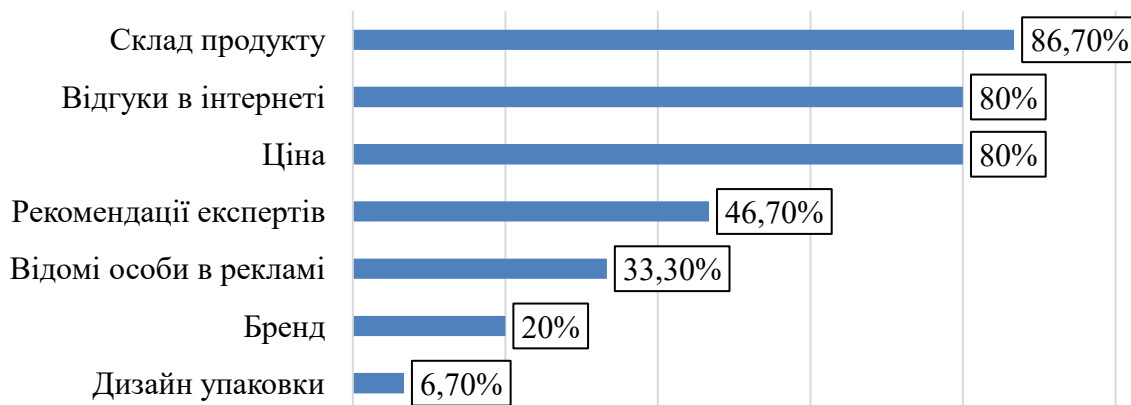


Рисунок 1 – Гістограма впливовості раціональних факторів вибору дитячого харчування.

Водночас важливу роль відіграють емоційні фактори, які підсилюють сприйняття товару та формують довіру до бренду. До них належать рекомендації експертів, участь відомих осіб у рекламі, а також загальна репутація бренду. Результати опитування показали, що значна частина споживачів звертає увагу на експертні рекомендації, зокрема лікарів, які виступають авторитетним джерелом інформації. При цьому вплив інфлюенсерів є помірним, однак позитивне ставлення до них підсилює сприйняття реклами та сприяє формуванню лояльності.

Таким чином, емоційні фактори не замінюють раціональні, а доповнюють їх, створюючи комплексне сприйняття продукту. Особливо важливим є те, що експертні

рекомендації поєднують у собі обидва типи впливу: з одного боку, вони забезпечують раціональне підтвердження якості, а з іншого – формують емоційне відчуття довіри та безпеки.

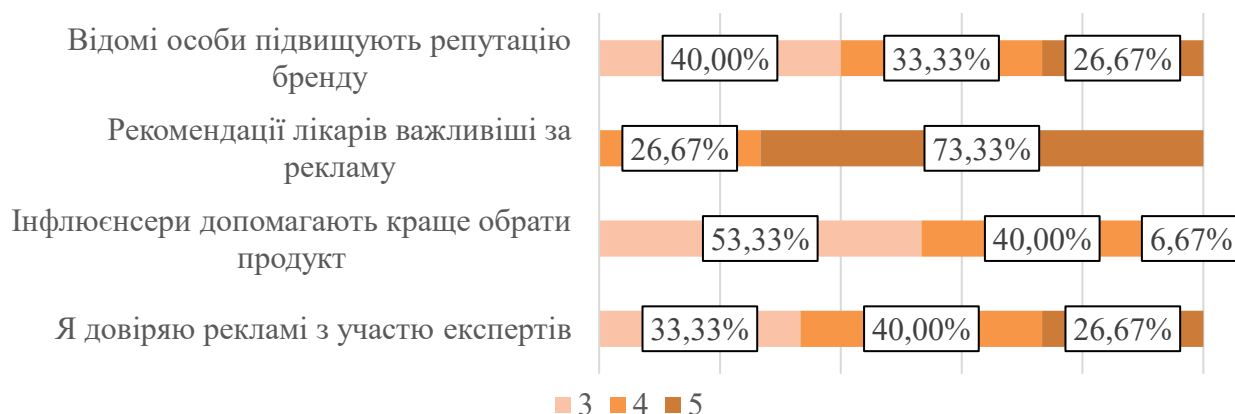


Рисунок 2 – Гістограма оцінки ступеню згоди з твердженнями щодо емоційних факторів вибору дитячого харчування.

Отже, результати дослідження підтверджують, що поведінка споживачів на ринку дитячого харчування має комплексний характер і формується під впливом як раціональних, так і емоційних факторів. Раціональні критерії визначають основу вибору, тоді як емоційні чинники виступають каталізатором прийняття остаточного рішення. Це обумовлює необхідність використання інтегрованих маркетингових комунікацій, які поєднують інформативність, експертність та емоційний вплив.

Практичне значення отриманих результатів полягає у можливості їх використання підприємствами для розробки ефективних комунікаційних стратегій на ринку дитячого харчування. Зокрема, доцільним є акцентування уваги на складі та якості продукції у поєднанні з використанням експертних рекомендацій як інструменту підвищення довіри до бренду.

Список використаних джерел

1. Kotler P., Keller K. L. Marketing Management. – 15th ed. – Harlow : Pearson Education Limited, 2016. – 714 p.
2. Lambin J.-J. Market-Driven Management: Strategic and Operational Marketing. – 2nd ed. – London : Palgrave Macmillan, 2012. – 864 p.
3. Kahneman D. Thinking, Fast and Slow. – New York : Farrar, Straus and Giroux, 2011. – 499 p.



Перспективи освоєння критичної мінеральної сировини в Україні та Європейському Союзі

Проект 101127415 – CRMPEU – ERASMUS-JMO-2023:
Critical raw materials provision in the European Union в рамках гранту від
ERASMUS Jean Monnet

УДК 504.064.4

Чайка В.Є., аспірантка спеціальності G2 Технології захисту навколишнього середовища Павличенко А.В., д.т.н., професор кафедра екології та технологій захисту навколишнього середовища

(Національний технічний університет "Дніпровська політехніка", м. Дніпро, Україна)

ЕКОЛОГІЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ КОМПЛЕКСНОЇ ПЕРЕРОБКИ ПОБУТОВИХ ХІМІЧНИХ ДЖЕРЕЛ СТРУМУ

У сучасних умовах інтенсивного розвитку технологій енергозабезпечення та збільшення обсягів використання побутових хімічних джерел електричного струму (ХДЕС), зокрема літій-іонних та інших акумуляторів малої ємності, проблема поводження з відпрацьованими елементами живлення постає як важливий екологічний та соціально-економічний виклик. Відсутність належної системи збирання, обробки та переробки таких відходів призводить до накопичення токсичних компонентів у навколишньому середовищі, що спричиняє значні техногенні навантаження та підвищує ризики деградації складових природних екосистем. Саме тому екологічне обґрунтування комплексної переробки побутових ХДЕС є актуальним напрямом наукових досліджень, який має на меті мінімізувати негативні наслідки для довкілля та підвищити ефективність використання ресурсів.

Одним із ключових аспектів такого обґрунтування є аналіз світових практик та регуляторних підходів до сталого управління відходами. У контексті глобального розширення електромобільності та збільшення обсягів літій-іонних батарей, держава та міжнародні організації дедалі активніше розробляють регуляторні рамки, що стимулюють переробку батарей та відпрацьованих джерел живлення. Наприклад, огляд сучасних глобальних регуляцій демонструє, що впровадження універсальних стандартів збору, переробки та відновлення металів із відпрацьованих батарей значно знижує екологічні ризики та залежність від первинного видобутку сировини, при цьому сприяючи зменшенню викидів парникових газів та впровадженню практик циркулярної економіки [1].

З позицій екології найбільш значущим є те, що батареї та акумулятори містять важкі метали та небезпечні сполуки (наприклад, літій, нікель, кобальт, свинець), які у разі неконтрольованого розміщення або спалювання відходів можуть мігрувати у ґрунтові та водні екосистеми, викликаючи токсичні впливи на біоту та загрожуючи здоров'ю людини. Нормативні ініціативи, що зобов'язують виробників відповідати за весь життєвий цикл продукції (принцип розширеної відповідальності виробника), спрямовані на вирішення цих проблемних аспектів шляхом створення відповідної інфраструктури збирання та переробки відпрацьованих ХДЕС.

Комплексна переробка батарей передбачає інтегровану обробку відпрацьованих джерел струму, що включає механічне подрібнення, гідрометалургію, відновлення металів та нейтралізацію токсичних компонентів. Економічно обґрунтовані системи утилізації не тільки дозволяють повернути у виробничий цикл значну частину цінних матеріалів, але й знижують загальні екологічні навантаження порівняно з традиційними методами видобутку та первинної обробки сировини. Так, аналітичне дослідження системи утилізації відпрацьованих батарейок та свинцевих акумуляторів, проведене українськими науковцями, підтверджує, що при розробці ефективної системи збору та обробки значно зменшується потенційна шкода довкіллю, а також створюється позитивний економічний ефект за рахунок вторинного використання ресурсів [2].

Впровадження переробних комплексів дозволяє уникати безконтрольного викидання батарейок у побутові відходи, яке супроводжується вивільненням важких металів та інших токсичних речовин у ґрунт і воду. Економічна оцінка показує перспективність створення

підприємств з переробки батарей з точки зору прибутковості та екологічної безпеки, оскільки вторинні продукти переробки можуть бути використані для виробництва мідних та інших металевих компонентів, знижуючи потребу у видобутку первинної сировини.

Методологічним інструментом, який дозволяє кількісно оцінити вплив комплексної переробки на навколишнє середовище, є оцінка життєвого циклу (Life Cycle Assessment, LCA). За даними сучасних досліджень, застосування LCA до процесів переробки літій-іонних батарей показує, що вибір технології переробки і географічне розташування процесу суттєво впливають на загальний екологічний баланс. Наприклад, порівняння різних технологічних схем (пірометалургійної, гідрометалургійної та гібридних) у різних регіонах демонструє, що гідрометалургійні процеси з високою ефективністю відновлення можуть значно зменшити вуглецевий слід, споживання прісної води та токсичність для водного середовища порівняно з традиційними методами та технологіями [3].

Результати LCA-досліджень також вказують на необхідність інтеграції таких оцінок у процеси прийняття рішень щодо вибору технологічних ліній переробки та інфраструктурних рішень щодо розміщення підприємств. Це дозволяє не лише зменшити прямі викиди забруднювачів, а й оптимізувати використання енергетичних та матеріальних ресурсів у масштабах регіону або країни в цілому.

Комплексний підхід до переробки побутових ХДЕС, включно з ефективною логістикою збору, інноваційними технологіями обробки та чіткою регуляторною базою, сприяє зниженню техногенного навантаження на довкілля, мінімізації екологічних ризиків та впровадженню принципів циркулярної економіки. Такий підхід дозволяє не лише захистити біосферні компоненти від токсичних впливів, але й перетворити відходи на джерело цінних ресурсів, що відповідає сучасним екологічним стандартам та цілям сталого розвитку.

Список використаних джерел:

1. Su D., et al. Global Regulations for Sustainable Battery Recycling. *Sustainability*. 2025. Vol. 17. № 7. Article 3045. DOI: <https://doi.org/10.3390/su17073045>
2. Дмитрієв І. А., та ін. Розробка системи утилізації відпрацьованих батарейок та свинцевих акумуляторів: оцінка економічного ефекту з мінімізацією шкоди довкіллю. *Science Horizon*. 2022. Т. 25. № 3. С. <https://sciencehorizon.com.ua/uk/journals/tom-25-3-2022/rozrobka-sistemi-utilizatsiyi-vidpratsovanikh-batareyok-ta-svintsevikh-akumulyatoriv-otsinka-ekonomichnogo-efektu-z-minimizatsiyeyu-shkodi-dovkillyu>
3. Hanna F., et al. Life-Cycle Assessment of Lithium-Ion Battery Recycling. *Environmental Science & Technology*. 2025. DOI: <https://doi.org/10.1021/acs.est.4c13838>

УДК 662.273

Білоштан П.Є., студент спеціальності 184 Гірництво

Науковий керівник: Шустов О.О., к.т.н., доцент кафедри відкритих гірничих робіт та
раціонального надрокористування

(Національний технічний університет «Дніпровська політехніка», м. Дніпро, Україна)

ПЕРСПЕКТИВИ ОСВОЄННЯ ТИТАНУ З РОДОВИЩ КРИТИЧНОЇ МІНЕРАЛЬНОЇ СИРОВИНИ УКРАЇНИ

Титан належить до групи металів, без яких неможливий розвиток сучасного машинобудування, авіації, оборонної техніки та енергетики. Його унікальне поєднання малої густини, високої міцності та стійкості до корозії забезпечує ключову роль у виробництві високотехнологічної продукції.

В умовах геополітичної нестабільності питання гарантованого доступу до титанової сировини набуває стратегічного значення для країн Європейського Союзу. Також у 2024 році титан був офіційно внесений до переліку важливих та стратегічних металів у межах **Critical Raw Materials Act (2024)** [1].

Україна володіє однією з найбільших у Європі мінерально-сировинних баз титану, що визначає її потенціал як важливого партнера у сфері критичних матеріалів. За геологічними оцінками держава може мати до ~20 % світових запасів титану, що робить її одним із ключових гравців у видобутку цієї стратегічної мінеральної сировини [2].

У цьому зв'язку **метою дослідження** є аналіз сучасного стану та перспектив освоєння родовищ титану в Україні для забезпечення потреб Європейського Союзу критичною мінеральною сировиною.

Для досягнення поставленої мети слід вирішити наступні задачі дослідження:

1. Виконати аналіз світового ринку титанової сировини.
2. Охарактеризувати стан і перспективи освоєння титану в Україні.
3. Дослідити можливості інтеграції України до європейських виробничих ланцюгів.

Світове видобування та виробництво титану. Згідно зі статистичними даними Китай, Австралія та Індія одні з головних власників запасів ільменіту. Щодо рутилу, то одним з головних власників запасів є Австралія. Загалом 13 країн концентрують близько 97 % світових запасів титанових руд, а загальна світова ресурсна база титану перевищує 2 млрд тон ільменіту, рутилу та анатазу.

В той же час, найбільші природні запаси титанової сировини Європи зосереджені в Україні та Норвегії, тоді як країни Західної Європи спеціалізуються переважно на переробці та виробництві титанових сплавів. Європа має обмежену власну сировинну базу, що підсилює значення партнерства з країнами, які володіють великими запасами титанових руд.

Перспективи освоєння покладів стронцію в Україні. Основними титановмісними мінералами є ільменіт (FeTiO_3), рутил (TiO_2) та циркон. Серед родовищ слід виділити: Малишевське титан-цирконієве, Іршанське (розсипні ільменітові піски), Новомиргородське р (частина комплексних залізо-титанових масивів в межах Придніпров'я). Родовища приурочені переважно до Українського щита та характеризуються промисловим вмістом TiO_2 (рутил). Видобуток титанових руд здійснюється відкритим способом із подальшим збагаченням на гірничо-збагачувальних комбінатах. Отриманий ільменітовий концентрат використовується для виробництва діоксиду титану (TiO_2) та металургійної переробки.

Підтверджені запаси (за USGS): ~8,4 млн тон титанових руд, з яких ~5,9 млн т ільменіту та ~2,5 млн т рутилу — близько 1,12 % світових запасів [3].

Україна розглядається як стратегічний партнер ЄС у забезпеченні критичних мінеральних ресурсів, зокрема титану, завдяки поєднанню ресурсного потенціалу, виробничої бази та

географічної близькості до європейського ринку. Україна може запропонувати стабільну мінерально-сировинну базу, що підтверджується значними запасами титанових руд (ільменіт, рутил) для забезпечення довгострокового постачання сировини для переробки. Важливою перевагою є географічна близькість до ринку ЄС [4]. Логістична доступність та інтеграція транспортної інфраструктури з країнами ЄС знижують витрати на постачання та скорочують час доставки. Слід виділити і можливість створення спільних переробних підприємств. Перехід від експорту концентрату до виробництва губчастого титану, сплавів і готових напівфабрикатів дозволяє суттєво підвищити додану вартість продукції та валютні надходження [5].

Використання титану у високотехнологічних галузях промисловості. Титан та його сплави широко застосовують у конструкціях літаків, двигунів та космічних апаратів через високі механічні властивості та легкість. Приблизно дві третини світового споживання титану припадає на авіацію. Титановий сплав (Titan Grade 5) та інші сплави забезпечують міцність та корозійну стійкість у складних експлуатаційних умовах. В космічній техніці використовується в корпуси паливних баків, елементи двигунів, турбонасосні агрегати, кріпильні та силові елементи [6].

Висновки. У ході дослідження було встановлено, що титан є одним із ключових стратегічних металів сучасної економіки, без якого неможливий розвиток авіаційної, оборонної, енергетичної, хімічної та високотехнологічної промисловості. Його включення до переліку критичних матеріалів Європейського Союзу підтверджує зростаюче значення забезпечення стабільного доступу до титанової сировини. Україна володіє значною мінерально-сировинною базою титану та входить до числа провідних держав Європи за запасами титанових руд. Наявність промислових підприємств з видобутку, збагачення та металургійної переробки створює передумови для формування повного виробничого циклу з високою доданою вартістю.

Список використаних джерел

1. Critical Raw Materials: A production and trade outlook. URL: <https://www.iisd.org/publications/report/critical-raw-materials-production-trade-outlook> (date of access: 03.03.2026).
2. Ukrainian titanium reserves may account for up to 20% of global supply. URL: <https://www.pravda.com.ua/eng/news/2025/05/11/7511749/> (date of access: 28.02.2026).
3. Titanium in Ukraine: military and economic context. URL: <https://inventure.com.ua/en/analytics/articles/titanium-in-ukraine%3A-military-and-economic-context> (date of access: 01.03.2026).
4. Mineral Commodity Summaries 2024. URL: <https://pubs.usgs.gov/periodicals/mcs2024/mcs2024-titanium.pdf> (date of access: 25.02.2026).
5. European Critical Raw Materials Act URL: https://commission.europa.eu/topics/competitiveness/green-deal-industrial-plan/european-critical-raw-materials-act_en (date of access: 02.03.2026).
6. Titanium metal in the EU: Strategic relevance and circularity potential. URL: <https://rmis.jrc.ec.europa.eu/titaniumreport> (date of access: 27.02.2026).

УДК 662.7:546.65

Пінчук С.А., аспірант спеціальності 144 Теплоенергетика, молодший науковий співробітник кафедри теплового інжинірингу та енергетичних технологій

Шаповал М.О., студент спеціальності 144 Теплоенергетика

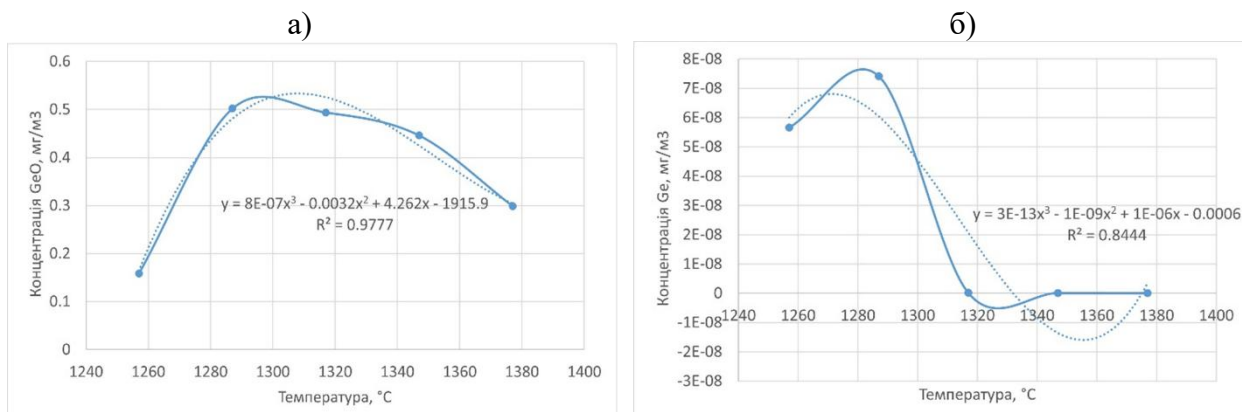
(Національний технічний університет «Дніпровська політехніка», м. Дніпро, Україна)

ПОВЕДІНКА ГЕРМАНІЮ ПІД ЧАС ВИСОКОТЕМПЕРАТУРНОЇ ТЕРМІЧНОЇ ПЕРЕРОБКИ ВУГІЛЛЯ

Германій є стратегічно важливим матеріалом, що належить до категорії критичних елементів через високу технологічну значущість і обмеженість ресурсної бази. Завдяки напівпровідниковим та оптичним властивостям він застосовується у виробництві оптоелектроніки, волоконно-оптичних систем, інфрачервоної оптики та фотоелектричних перетворювачів, відіграючи важливу роль у телекомунікаційній, енергетичній і космічній галузях [1]. Критичний статус германію зумовлений його низькою концентрацією в природній сировині та переважно побічним характером отримання. Середні концентрації германію в низькосортному та кам'яному вугіллі становлять відповідно близько 2,0 ppm і 2,4 ppm, що еквівалентно 2,0–2,4 мг/кг, що свідчить про його розсіяне поширення в більшості вугільних басейнів. Водночас у ряді родовищ зафіксовано суттєво підвищені концентрації – від десятків до тисяч ppm (де 1 ppm = 1 мг/кг на суху масу палива), що зумовило промислове освоєння окремих вуглевмісних родовищ германію [2].

Германій у вугіллі переважно асоційований з органічною речовиною. Це характерно як для вугілля зі звичайними концентраціями Ge, так і для високогерманієвих вугілляв. Принципово важливо, що у високогерманієвих вугіллях не ідентифіковано власних мінералів германію, що підтверджує його органічну природу зв'язування [3]. За узагальненими даними, германій є єдиним елементом, який у вугіллі практично повністю (майже на 100 %) пов'язаний з органічною речовиною. Такий характер перебування германію визначає особливості його поведінки під час термічної переробки вугілля та зумовлює перерозподіл елемента між продуктами спалювання.

З метою встановлення закономірностей міграції германію під час високотемпературної термічної переробки було проведено дослідження його поведінки під час спалювання зразків довгополуменового вугілля Павлоградського вугледобувного регіону. Розрахунки виконано для інтервалу температур 1530–1650 К (1257–1377 °С) за сталого тиску 0,1 МПа. Отримані результати наведено на Рисунку 1.



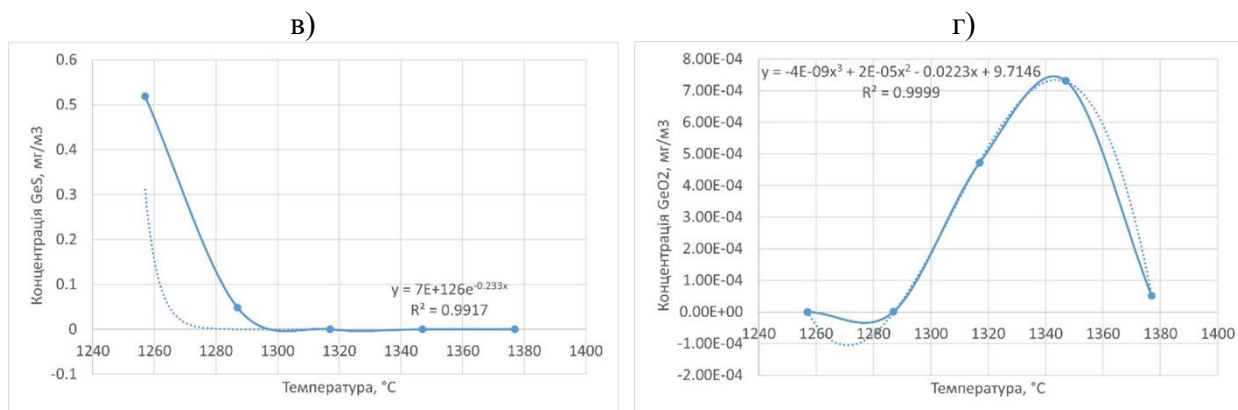


Рисунок 1 – Зміна концентрацій сполук германію GeO (а), Ge (б), GeS (в), GeO_2 (г) залежно від температури термічної переробки вугілля

Як видно з Рис.1 елементарний Ge характеризується вкрай низькими концентраціями (порядку 10^{-8} – 10^{-10} мг/м³) з максимумом у нижній частині температурного діапазону та подальшим різким зменшенням. Сполука GeO демонструє домінуючий внесок у газоподібний стан германію, досягаючи максимуму поблизу 1285–1315 °C із подальшим поступовим зниженням при зростанні температури. Концентрація GeO_2 зростає у середній частині інтервалу температур, досягає максимуму близько 1345 °C, після чого зменшується, що свідчить про перерозподіл оксидних форм германію з підвищенням температури. Натомість GeS різко зменшується вже після 1257 °C і практично зникає за вищих температур, що вказує на втрату стабільності сульфідної форми в умовах окиснювального середовища. Загалом температурна залежність характеризується переходом від сульфідної до оксидної домінанти та подальшою зміною співвідношення між GeO та GeO_2 .

Отримані результати свідчать про те, що за умов високотемпературної термічної переробки германій повністю переходить у газоподібний стан та не формує стабільних конденсованих фаз у досліджуваному температурному інтервалі. Домінуючою формою перебування є GeO . З підвищенням температури спостерігається тенденція до зменшення сумарної концентрації германію в розрахунковому об'ємі газової фази, що може свідчити про зміну рівноважного розподілу між оксидними формами та вплив температури на термодинамічну стабільність відповідних сполук. Це вказує на визначальну роль температури у керуванні міграцією германію під час спалювання вугілля.

Отримані залежності можуть бути використані для обґрунтування можливостей подальшого технологічного вилучення германію з димових газів. Перспективним напрямом подальших досліджень є оцінка впливу складу газового середовища та режимних параметрів процесу на ефективність уловлювання та концентрування летких форм германію.

Список використаних джерел:

1. Ketris, M. P. & Yudovich, Ya. E. Estimations of Clarkes for carbonaceous biolithes: World averages for trace element contents in black shales and coals. *International Journal of Coal Geology*, 78(2), 135–148. DOI: 10.1016/j.coal.2009.01.002
2. Dai, S., Finkelman, R. B., French, D., Hower, J. C., Graham, I. T., & Zhao, F. (2021). Modes of occurrence of elements in coal: A critical evaluation. *Earth-Science Reviews*, 222, Article 103815. DOI: 10.1016/j.earscirev.2021.103815
3. Corey, R. C.; Myers, J. W.; Schwartz, C. H.; Gibson, F. H. & Colbassani, P. J. 1959. Occurrence and Determination of Germanium in Coal Ash from powerplants.

УДК 504.064

Сорока В.В., здобувач третього рівня вищої освіти (доктора філософії) спеціальності 183 «Технології захисту навколишнього середовища»

Науковий керівник: Павличенко А.В., д.т.н., професор кафедри екології та технологій захисту навколишнього середовища

(Національний технічний університет «Дніпровська політехніка»)

ПЕРСПЕКТИВИ ВИКОРИСТАННЯ ВТОРИННИХ МАТЕРІАЛЬНИХ РЕСУРСІВ В МЕТАЛУРГІЙНОМУ ВИРОБНИЦТВІ

З розвитком урбанізації в Україні та світі, постає питання захисту довкілля. Зростання потреби в металевій сировині для виготовлення продукції призводить до виснаження природних ресурсів та зростання екологічного навантаження. Так зі збільшенням добробуту населення зростає нагальне питання Потрійної планетарної кризи. За останні 50 років використання матеріалів зросло більше чим в 3 рази та продовжує зростати на 2,3% на рік. З 1970 року обсяг використання металевих руд зріс більш ніж утричі – з 2,6 млрд тон до 9,6 млрд тон. Видобуток та переробка металів в світі формують близько 8% впливу на глобальну кліматичну ситуацію, виділення дрібнодисперсних частинок що впливають на життя та здоров'я населення становить ще 13%, так загалом близько 15% кліматичних наслідків антропогенного середовища [1]. Розвиток світової економіки та процеси індустріалізації свідчать про стрімке зростання попиту на металеву сировину, а отже формують комплексний вплив на навколишнє середовище.

Значну увагу захисту довкілля приділяє Європейський союз, одним із напрямків є впровадження механізму СВАМ (Carbon Border Adjustment Mechanism) – прикордонного вуглецевого регулювання імпорту. Цей інструмент передбачає встановлення ціни на викиди CO₂ при виробництві імпортованих продуктів таких як сталь, алюміній, цемент, водень та інших енергоємних матеріалів, це дозволить вирівняти конкуренцію між виробниками та спонукає зниженню викидів вуглецю. Впровадження цього механізму ставить певні сучасні вимоги до металургійної галузі, спонукаючи модернізацію, скорочення викидів парникових газів, а також розширення використання вторинних матеріальних ресурсів (ВМР) [2]. Використання ВМР набуває стратегічного значення, адже це дозволить значно зменшити видобуток руди, обсяги відходів, скоротити викиди парникових газів та зменшити споживання енергії.

ВМР виконують важливі функції в життєдіяльності промисловості: збереження природних запасів корисних копалин, за рахунок заміщення первинної сировини; скорочення енергоспоживання в виробничих процесах. Третім важливим фактором є те що, повторне використання матеріалів зменшує обсяги відходів, та захоронень на полігонах. Впровадження замкнутих циклів переробки ВМР дасть змогу знизити викиди CO₂ та зменшити кількість використання природних ресурсів як сировини [3].

Ключовим аспектом використання ВМР є підвищення ефективності економіки. Ринок перероблених матеріалів є частиною циркуляційної економіки, що сприяє зниженню залежності від імпорту природних матеріалів. Зважаючи на те що деякі країни мають передові технології в розвитку переробки матеріалів, торгівля вторинними ресурсами сприяє зменшенню забруднення навколишнього середовища, оскільки перероблені матеріали потребують менше енергії для їх переробки в цінний продукт. Так для деяких країн з обмеженими природними ресурсами імпорт переробленої сировини впливає на коливання цін на ринку сировини. А в інших накопичення промислових та побутових відходів є найбільшою екологічною проблемою. Ці фактори свідчать про значний потенціал в торгівлі ВМР та розвитку переробної галузі [4].

Сучасна металургійна промисловість здебільшого орієнтується на переробку металобрухту як альтернативної сировини. Це дозволяє знизити не тільки екологічне навантаження але й зменшити витрати на видобуток, логістику та збагачення руди. Однією із переваг використання ВМР є те що їх можна використовувати багаторазово без суттєвої втрати фізико-хімічних властивостей.

Для підвищення ефективності використання ВМР та торгівлі ними актуальним завданням є впровадження концепції Індустрії 4.0, яка дозволить впровадити цифровізацію виробничих процесів шляхом впровадження штучного інтелекту в системи управління та швидкого використання технологій обробки даних. Оптимізувати процеси сортування, переробки, логістики торгівлі та повторного використання відходів. Впровадження цифрового моніторингу за ВМР забезпечить раціональне використання ресурсів шляхом відповідної інформації де та коли утворені відходи, їх цінність, обсяг, та облік, ефективний розподіл та повну інформацію для ринку ВМР [5].

Враховуючи сучасні виклики з захисту довкілля, вимог щодо збереження цінних матеріальних ресурсів, клімату та економічного розвитку планети. Головною задачею стає не видобуток корисних копалин та первинної сировини, а забезпечення збереження екологічної доцільності шляхом формування стійких матеріальних потоків, в якому ВМР розглядаються як цінний виробничий ресурс. Таким чином роль промисловості переосмислюється: від звичайного використання природних багатств до інноваційного підходу переробки та використання відходів як цінного ресурсу. Модернізація виробництва формує конкурентоспроможність на міжнародному ринку та екологічну відповідальність. Комплексний підхід щодо використання ВМР зменшить екологічні ризики, підвищить економічну стабільність та забезпечить циркулярність металургійної промисловості.

Список використаних джерел

1. Глобальний огляд ресурсів 2024. Зігніть тренд: шляхи до придатної для життя планети / International Resource Panel, United Nations Environment Programme (UNEP). – 2024. – <https://www.resourcepanel.org>
2. Carbon Border Adjustment Mechanism (CBAM) / European Commission. https://taxation-customs.ec.europa.eu/carbon-border-adjustment-mechanism_en
3. Hagelüken C., Lee C., Buchert M. et al. Recycling and circular economy – towards a closed loop for metals. – 2022. – <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC9096070/>
4. Burinskienė A., Remeikienė R., Gasparėnienė L. Dynamics of trade in recycled raw materials and its impact on circular economy development. – Circular Economy and Sustainability. – 2025. – <https://link.springer.com/article/10.1007/s43621-025-01502-4>
5. Rupp M., et al. A Technological-Oriented Definition of Industry 4.0 Based on Bibliometric Analysis. – *Administrative Sciences*. – 2021. – <https://www.mdpi.com/2199-8531/7/1/68>

УДК 378.147:62

Шишков О.С., аспірант спеціальності Е4 Науки про землю

Науковий керівник: Ішков В.В., к.г.н., доцент кафедри геології та розвідки родовищ корисних копалин

(Національний технічний університет «Дніпровська політехніка», м. Дніпро, Україна)

МЕТОДОЛОГІЧНІ ЗАСАДИ КЛАСИФІКАЦІЇ ТЕХНОГЕННОЇ СИРОВИНИ ВУГЛЕВИДОБУТКУ В КОНТЕКСТІ ВИМОГ МІЖНАРОДНИХ СТАНДАРТІВ

Актуальність узагальнення методологічних засад класифікації техногенної сировини вуглевидобутку зумовлена необхідністю гармонізації національної системи обліку мінеральних ресурсів із положеннями Рамкової класифікації ресурсів Економічної комісії Організації Об'єднаних Націй (UNFC-2009) [1] та вимогами Міжнародних стандартів звітності Комітету з мінеральних запасів (CRIRSCO) [2]. Техногенні об'єкти (відвали, шламонакопичувачі, хвостосховища) історично не розглядалися як повноцінні геологічні об'єкти, що призвело до їх позасистемного статусу в державному балансі запасів [3]. Водночас міжнародні стандарти вимагають чіткої стратифікації ресурсів за рівнем геологічної вивченості (вісь G), техніко-економічної готовності (вісь F) та економічної доцільності (вісь E). Без формалізованої методології класифікації техногенної сировини неможливе коректне визначення категорій ресурсів і запасів, що унеможливило їх інтеграцію у міжнародний інвестиційний та звітний простір. Крім того, зростання попиту на критичні та стратегічні елементи, що концентруються у відходах вуглевидобутку в дисперсній або ізоморфній формах, обумовлює необхідність їх системної геолого-економічної переоцінки. Методологічні засади класифікації мають передбачати стандартизовані підходи до геометризації техногенних масивів, оцінки варіабельності вмістів, встановлення граничних кондицій, а також врахування модифікуючих факторів відповідно до вимог CRIRSCO. У цьому контексті класифікація виступає не лише інструментом впорядкування даних, а й механізмом трансформації техногенних накопичень з категорії екологічного ризику у категорію потенційних мінеральних ресурсів, придатних для промислового освоєння та включення до циркулярної моделі використання надр.

Отже, якісна оцінка відходів вуглевидобутку як техногенних родовищ відповідно до міжнародних класифікаційних систем (рамкова класифікація ресурсів UNFC-2009) та CRIRSCO є методологічно обґрунтованим і стратегічно необхідним кроком для реструктуризації мінерально-сировинної бази України. З геологічного погляду доцільність такої трансформації визначається наступними ключовими положеннями.

По-перше, визначення геологічної достовірності (вісь G у системі UNFC-2009). Так, у системі UNFC-2009 запаси і ресурси класифікуються за трьома взаємопов'язаними критеріями (E – економічна доцільність, F – техніко-проектна готовність, G – рівень геологічного вивчення). Вісь G характеризує ступінь геологічної впевненості, що базується на репрезентативності опробування, щільності розвідувальної мережі, якості аналітичних досліджень і валідності геологічної моделі. Більшість відвалів і хвостосховищ вуглевидобутку в Україні фактично відповідають категорії G4 (потенційні ресурси з мінімальною геологічною аргументацією). Проведення систематичних геолого-технологічних досліджень (буріння, шурфування, валове та селективне опробування, мінералого-петрографічний аналіз) дозволяє підвищити рівень вивченості до G2 (індикувані ресурси) або G1 (виміряні ресурси).

По-друге, подолання втрати та фрагментації геологічної інформації. Деградація фондів первинної геологічної документації, втрата кернавого матеріалу, відсутність цифрових архівів і стандартизованих баз даних призвели до зниження доказової

спроможності багатьох об'єктів. Міжнародні стандарти звітності CRIRSCO передбачають обов'язкову участь компетентної особи, яка несе професійну відповідальність за коректність геологічної інтерпретації; прозорість методики підрахунку ресурсів; відтворюваність аналітичних процедур; чітку стратифікацію техногенних товщ за літолого-гранулометричними та мінералогічними ознаками.

По-третє, комплексне вивчення стратегічних супутніх компонентів, бо техногенні масиви вуглевидобутку є полікомпонентними системами, сформованими з уламкового матеріалу вуглевмісних товщ, глинистих сланців, алевролітів та пісковиків, часто збагачених елементами розсіяного типу. У багатьох випадках фіксується підвищений вміст елементів: Sc (скандій), Ge (германій), V (ванадій), рідкісноземельних елементів. Міжнародні стандарти вимагають детального опису типу та стилю мінералізації; визначення мінеральних носіїв цінних елементів (глинисті мінерали, органічна речовина, оксиди Fe-Mn, фосфатні та титанові фази); створення тривимірних геолого-блочних моделей із врахуванням просторової варіабельності вмістів.

В-четверте, формування цифрової геопросторової основи, оскільки сучасна практика ресурсної оцінки передбачає інтеграцію геологічних, геохімічних і геофізичних даних у цифровому середовищі (GIS- та 3D-платформи). Для техногенних родовищ це включає геодезичну прив'язку меж відвалів і хвостосховищ; цифровізацію історичних планів і профілів; побудову 3D-моделей внутрішньої структури масиву; застосування інженерно-геофізичних методів (електротомографія, сейсморозвідка, георадар) для визначення зон ущільнення, зволоження та концентрації металів.

П'яте, геологічне обґрунтування економічної вилученості. Так, відповідно до стандартів CRIRSCO, переведення «мінеральних ресурсів» у категорію «мінеральних запасів» можливе лише після врахування модифікуючих факторів (гірничо-технічних, технологічних, економічних, екологічних та правових). Геологічний фактор є базовим, оскільки визначає середній і граничний вміст компонентів; коефіцієнт варіації розподілу елементів; технологічну придатність матеріалу до збагачення; стабільність мінеральних форм у процесах вилучення.

Отже, без проведення повномасштабної геологічної оцінки за стандартами UNFC-2009 та CRIRSCO відвали й хвостосховища залишаються переважно екологічним навантаженням. Натомість їхня системна розвідка, мінералого-геохімічна характеристика та цифрове моделювання дозволяють підвищити категорію геологічної достовірності (вісь G), сформувати прозору ресурсну звітність міжнародного рівня, ідентифікувати техногенні масиви як комплексні родовища стратегічної сировини, створити основу для виробництва високотехнологічної продукції (зокрема металевих порошків для адитивних технологій). Таким чином, геологічна переоцінка відходів вуглевидобутку є не лише інструментом ресурсної ревіталізації, а й елементом переходу до моделі циркулярної мінеральної економіки.

Список використаних джерел:

1. United Nations Economic Commission for Europe (UNECE). *United Nations Framework Classification for Resources (UNFC-2009)*// URL: https://unece.org/fileadmin/DAM/energy/se/pdfs/UNFC/unfc2009/UNFC2009_ES39_e.pdf
2. CRIRSCO. *International Reporting Template for the Estimation and Classification of Mineral Resources and Reserves*// URL: <https://crirSCO.com/wp-content/uploads/2023/10/The-CRIRSCO-International-Reporting-Template.pdf>
3. Про затвердження переліків корисних копалин та компонентів стратегічного та критичного значення і переліків ділянок надр (родовищ корисних копалин) стратегічного та (або) критичного значення : Постанова Кабінету Міністрів України від 14.07.2025 № 845. *Верховна Рада України*. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/go/845-2025-%D0%BF>

УДК 556.3:553.04

Беляшов М.В., здобувач третього рівня вищої освіти (доктора філософії) спеціальності 103 «Науки про Землю»

Науковий керівник: Деревягіна Н.І., к.т.н., завідувач кафедри гідрогеології та інженерної геології

(Національний технічний університет «Дніпровська політехніка»)

ВПЛИВ ГЛОБАЛЬНОЇ ВОДНОЇ КРИЗИ НА СВІТОВІ ТЕНДЕНЦІЇ ВИДОБУТКУ КРИТИЧНОЇ СИРОВИНИ

У сучасних умовах водні ресурси набувають статусу стратегічного чинника глобального розвитку, що безпосередньо впливає на функціонування гірничодобувної галузі. Глобальна водна криза формується під впливом кліматичних змін, зростання споживання та деградації водних екосистем. Попри значні загальні обсяги води, лише близько 2,5% є прісною, а доступними для використання — приблизно 0,3%, що створює суттєві обмеження для ресурсомістких виробництв.

Паралельно зростає попит на критичну мінеральну сировину, зумовлений енергетичним переходом. Літій, рідкісноземельні елементи, кобальт, нікель і графіт є основою сучасних технологій, однак їх видобуток характеризується значною водоемністю. Це посилює конкуренцію між гірничодобувною галуззю, аграрним і комунальним секторами, особливо в умовах, коли значна частина родовищ розташована в аридних регіонах.

Водна криза дедалі більше обмежує розвиток гірничодобувної галузі. Основними викликами є зростання витрат на водопідготовку та очищення стічних вод, посилення екологічних вимог, необхідність управління шахтними водами та ризики забруднення поверхневих і підземних вод. Водночас посилюється соціальна напруга через конкуренцію за водні ресурси.

Оцінка доступності води здійснюється за показником загальних фактично відновлюваних водних ресурсів (TARWR), однак значна їх частина є недоступною: близько 27% припадає на паводкові води, а контрольованими є лише близько третини. У глобальному масштабі близько 2370 км³ води використовується як первинне водопостачання, тоді як значні обсяги повертаються у водні об'єкти та можуть бути повторно використані.

Ситуація залишається критичною: приблизно половина населення світу зазнає нестачі води протягом року, а чверть — високого водного стресу. До 2050 року кількість міського населення, що стикається з дефіцитом води, може зрости до 1,7–2,4 млрд осіб.

Водні ресурси відіграють ключову роль на всіх етапах освоєння родовищ — від розвідки до переробки. Основними завданнями є захист вод від забруднення, управління техногенними водами, запобігання виснаженню водоносних горизонтів і мінімізація впливу на екосистеми. Ігнорування гідрогеологічних умов призводить до екологічних ризиків, економічних втрат і соціальних конфліктів.

Сучасні підходи передбачають впровадження інтегрованого управління водними ресурсами та концепції «м'якого шляху», орієнтованих на ефективність, децентралізацію та збереження екосистем. Світова практика демонструє ефективність замкнених циклів водокористування, повторного використання шахтних вод і застосування альтернативних джерел. У країнах Європи водозабір скоротився до 40% завдяки таким підходам.

Для України проблема має виражену регіональну специфіку. Ресурси підземних вод розподілені нерівномірно, а південні регіони характеризуються дефіцитом якісної води. Гірничодобувна діяльність спричиняє виснаження водоносних горизонтів, зміну

гідрогеологічного режиму та накопичення техногенних вод. Високе водоспоживання в промисловості й сільському господарстві додатково ускладнює ситуацію.

Отже, водний фактор стає ключовим у оцінці гірничих проєктів і визначає трансформацію галузі. Глобальна водна криза є одночасно обмеженням і стимулом для впровадження інноваційних технологій та управлінських рішень. Інтеграція гідрогеологічних, технологічних і екологічних підходів дозволяє знизити водне навантаження, підвищити стійкість проєктів і забезпечити баланс інтересів. Для України це є важливою умовою сталого розвитку та європейської інтеграції.

Список використаних джерел

1. <https://wrf2025.org/new-mining-sector-trends-are-exacerbating-water-risks/>

УДК 553.492:622

Літвінова К.С., студентка гр. 184-24-7

Науковий керівник: Ложніков О.В., професор кафедри відкритих гірничих робіт,
доктор технічних наук, Доктор-Інженер.

(Національний технічний університет "Дніпровська політехніка", Дніпро, Україна)

ПЕРСПЕКТИВИ ВИДОБУТКУ ТА ПЕРЕРОБКИ ТИТАНОВИХ РУД УКРАЇНИ В КОНТЕКСТІ ГЛОБАЛЬНОГО ДЕФІЦИТУ КРИТИЧНИХ МАТЕРІАЛІВ

Титанові руди (переважно ільменітові) належать до стратегічної та критичної мінеральної сировини України й офіційно включені до переліку корисних копалин стратегічного та критичного значення. Титан також внесений до списку критичної сировини Європейського Союзу. З огляду на зростання глобального попиту на продукцію титанової галузі, зокрема для потреб оборонно-промислового комплексу, авіакосмічної та хімічної промисловості, формування потужної мінерально-сировинної бази титану набуває особливого значення для забезпечення економічної та технологічної безпеки як України, так і європейського регіону. Виробництво концентратів і сполук титану (титановий шлак, діоксид титану тощо), а в перспективі — металу, належить до пріоритетних напрямів розвитку промислового комплексу держави.

Головна титанова металогенічна провінція України охоплює північно-західну та центральну частини Українського щита та його схили. Основу мінерально-сировинної бази становлять корінні (магматичні), гіпергенні (залишкові) та розсипні родовища. При цьому основні балансові запаси титану зосереджені у корінних родовищах, тоді як сучасний видобуток переважно здійснюється з розсипних покладів. Титанові руди мають комплексний характер: поряд з ільменітом у їх складі присутні рутил і циркон, а також фіксується підвищений вміст ванадію, фосфору та скандію, що підвищує їхню економічну цінність і потенціал комплексної переробки.

Станом на сьогодні в Україні обліковано 40 родовищ титану, серед яких два унікальних, 12 великих і 10 середніх; вісім родовищ перебувають у стадії розробки, а також відомо понад 30 рудопроявів різного ступеня вивченості. За оцінками експертів, Україна посідає третє місце у світі за запасами титанової сировини — близько 94 млн т, що становить приблизно 11 % світових запасів. Такий ресурсний потенціал формує вагомі передумови для довгострокового розвитку галузі та посилення позицій держави на міжнародному ринку критичних матеріалів.

Водночас сучасна структура галузі характеризується переважною орієнтацією на експорт сировини. В Україні виробляється до 1 млн т титанових концентратів на рік, при цьому основні обсяги спрямовуються на зовнішні ринки. Це пов'язано з обмеженими потужностями глибокої переробки та відносно невисоким внутрішнім споживанням. Україна експортує переважно концентрати та продукцію з невисокою доданою вартістю — титановий шлак, губку, діоксид титану, що свідчить про необхідність технологічної модернізації та формування повного виробничого циклу.

На міжнародному ринку Україна вже посідає вагоме місце: вона займає четверту позицію серед експортерів титанових руд і концентратів. У 2020 році обсяг експорту становив 530 тис. т, що забезпечувало майже 10 % світової торгівлі цією продукцією. Виручка від експорту у 2020 році склала 138 млн дол. США, а середня експортна ціна — 261 дол./т. Таким чином, Україна вже інтегрована до глобальних ланцюгів постачання титанової сировини, однак переважно на сировинному рівні.

Державна політика у сфері надрокористування спрямована на залучення інвесторів, зокрема іноземних, до розробки та геологічного довивчення родовищ стратегічної мінеральної сировини. Важливим інструментом у цьому процесі є «Інвестиційний атлас

надрокористувача», який забезпечує потенційних партнерів інформацією про перспективні об'єкти. Активізація геологорозвідувальних робіт, переоцінка запасів із застосуванням сучасних методів та впровадження інноваційних технологій видобутку і переробки є необхідними умовами розширення мінерально-сировинної бази титану.

Отже, в умовах глобального дефіциту критичних матеріалів титановий сектор України має значний потенціал для трансформації з переважно сировинного експортера до повноцінного учасника європейських ланцюгів доданої вартості. Реалізація цього потенціалу потребує модернізації переробних потужностей, розвитку виробництва продукції з високою доданою вартістю, удосконалення механізмів інвестування та системного державного регулювання галузі. У стратегічній перспективі це сприятиме зміцненню економічної стійкості України та її ролі у формуванні незалежної мінеральної бази Європейського Союзу.

Список використаних джерел:

1. Василенко А., Сукач В. Нарощування мінерально-сировинної бази України новими об'єктами титанових руд. *Mineral Journal*. 2023. Т. 45, № 3. С. УДК 553.4:622.3 (477). URL: <https://doi.org/10.15407/mineraljournal.45.03>.
2. Мандрик І., Сосницька Я., Маковецька Л. Сучасний стан та потенційні можливості виходу України на світовий ринок мінеральної сировини. *Географічні студії*. 2023. Т. 2. С. 5. URL: <https://doi.org/10.32782/geochasvnu.2023.2.05>.
3. Паранько І. С., Ярков С. В. Корисні копалини України. Вид. дім, 2011. URL: <https://doi.org/10.31812/123456789/5231> (дата звернення: 04.03.2026).
4. Язвинська М. В. Комплексна еколого-геохімічна оцінка та моніторингові дослідження стану поверхневих відкладів Іршанської групи та Стремигородського родовищ титану. *Пошукова та екологічна геохімія*. 2017. № 1 (18). С. 18–31.

УДК 504.06:622.33

Ломазов П.К., PhD., доцент кафедри Екології та технологій захисту навколишнього середовища

Павличенко А.В., д.т.н., професор кафедри Екології та технологій захисту навколишнього середовища

(Національний технічний університет «Дніпровська політехніка», м. Дніпро, Україна).

ІМПЛЕМЕНТАЦІЯ ESG-ПІДХОДІВ У РОЗВИТОК ВИДОБУТКУ КРИТИЧНОЇ МІНЕРАЛЬНОЇ СИРОВИНИ

Перехід світової економіки до низьковуглецевої моделі зумовлює стрімке зростання попиту на критичну мінеральну сировину, зокрема літій, кобальт, нікель, рідкісноземельні метали, які є ключовими компонентами технологій відновлюваної енергетики, електромобільності та накопичення енергії. Зростання масштабів їх видобутку створює значні екологічні, соціальні та управлінські виклики, що обумовлює необхідність інтеграції ESG-підходів у розвиток мінерально-сировинного сектору [1].

ESG-концепція (Environmental, Social, Governance) передбачає оцінювання та управління діяльністю підприємств з урахуванням впливу на довкілля, соціальні спільноти та якість корпоративного управління. У сфері видобутку критичних мінералів це охоплює мінімізацію екологічного навантаження на екосистеми, забезпечення прозорості ланцюгів постачання, дотримання прав місцевих громад та підвищення рівня корпоративної відповідальності [2].

Дослідження показують, що ESG-ризик у сфері видобутку критичної сировини пов'язані з деградацією земель, забрудненням водних ресурсів, порушенням прав корінних народів та недостатньою прозорістю управління ресурсами. Водночас застосування ESG-інструментів відкриває можливості для підвищення стійкості галузі, розвитку відповідального видобутку та формування довіри з боку інвесторів і суспільства [3].

Імплементація ESG-підходів у розвиток видобутку критичних мінералів передбачає впровадження екологічно безпечних технологій, цифрових систем простежуваності сировини, розширення механізмів участі громад у прийнятті рішень та посилення міжнародних стандартів управління ресурсами [4]. Такі заходи сприяють формуванню відповідального та сталого мінерально-ресурсного сектору, який є необхідною передумовою глобального енергетичного переходу та розвитку зеленої економіки. Схема підходів представлена на рис. 1.



Рисунок 1 - Інтеграція ESG-підходів у розвиток видобутку критичної мінеральної сировини

Для систематизації ESG-ризиків у гірничодобувному секторі доцільно розглянути основні компоненти ESG-концепції та відповідні інструменти управління. У табл. 1

представлено основні компоненти ESG, типові ризики, що виникають під час видобутку критичних мінералів, а також інструменти управління, які сприяють мінімізації негативного впливу та підвищенню прозорості функціонування галузі.

Таблиця 1

Ризики та інструменти управління у контексті ESG-компонентів

Компонент ESG	Основні ризики у видобутку	Інструменти управління
Environmental (Екологічний)	Забруднення водних ресурсів, деградація земель, підвищені викиди парникових газів	Впровадження чистих технологій, рекультивація земель, екологічний моніторинг
Social (Соціальний)	Конфлікти з місцевими громадами, порушення прав працівників, низький рівень безпеки праці	Stakeholder engagement, соціальні інвестиції, підвищення стандартів охорони праці
Governance (Управлінський)	Непрозорість ланцюгів постачання, корупційні ризики, недостатня ESG-звітність	ESG-звітність, цифрова простежуваність сировини, антикорупційні механізми управління

Таким чином, інтеграція ESG-підходів у розвиток видобутку критичної мінеральної сировини є важливою передумовою забезпечення екологічної безпеки, соціальної відповідальності та прозорості управління у гірничодобувному секторі. Застосування відповідних інструментів управління дозволяє зменшити екологічні ризики, підвищити довіру інвесторів і суспільства та сприяти формуванню сталих ланцюгів постачання критичних ресурсів, що є необхідними для забезпечення сталого розвитку мінерально-сировинного сектору в умовах глобального енергетичного переходу.

Список використаних джерел

1. Carr-Wilson, S., Pattanayak, S., & Weinthal, E. (2024). Critical mineral mining in the energy transition: ESG risks and opportunities. *Energy Research & Social Science*. <https://doi.org/10.1016/j.erss.2024.103453>
2. Moore, K. (2024). Mining of primary raw materials as the critical foundation of the energy transition. *Philosophical Transactions of the Royal Society A*. <https://doi.org/10.1098/rsta.2023.0241>
3. UNECE (2023). Aligning Critical Raw Materials Development with Sustainable Development. https://unece.org/sites/default/files/2023-07/2023_UN%20Energy%20Policy%20Brief%20Aligning%20CRMs.pdf
4. OECD (2025). The Role of Traceability in Critical Mineral Supply Chains. <https://www.oecd.org/publications/the-role-of-traceability-in-critical-mineral-supply-chains-edb0a451-en.htm>

УДК 553.493:622

Бондаренко А.А., аспірант спеціальності 184 Гірництво

Науковий керівник: Ложніков О.В., доктор технічних наук, професор кафедри
відкритих гірничих робіт

(Національний технічний університет «Дніпровська політехніка», м. Дніпро, Україна)

ВИДОБУТОК І ОСВОЄННЯ КРИТИЧНИХ МІНЕРАЛІВ ЛАНТАНОЇДІВ

Лантан (La) — хімічний елемент з атомним номером 57, що належить до групи лантаноїдів і входить до складу рідкісноземельних елементів (РЗЕ). Незважаючи на назву, рідкісноземельні елементи не є надзвичайно рідкісними у земній корі, проте їх родовища з високою концентрацією зустрічаються відносно нечасто, що ускладнює їх промисловий видобуток. Основні родовища рідкісноземельних елементів формуються у складних мінеральних системах, де лантан залягає разом з іншими лантаноїдами, такими як церій, неодим та празеодим. Лантан не зустрічається у природі у вільному стані і входить до складу понад двохсот мінералів. Основними промисловими джерелами цього елементу є монацит і бастнезит. Монацит є фосфатним мінералом, який містить значну частку рідкісноземельних елементів і часто утворює розсипні родовища у важких пісках. Завдяки високій густині монациту його можна відокремлювати від піску за допомогою гравітаційного збагачення, магнітної та електростатичної сепарації. Іншим важливим мінералом є бастнезит — фторкарбонат рідкісноземельних елементів, який становить основну сировинну базу для їх видобутку у світі.

Технологічний процес отримання лантану є складним і включає декілька етапів. На першому етапі проводиться дроблення та збагачення руди, що може включати флотацію, гравітаційні методи та магнітну сепарацію для отримання концентрату. Після цього здійснюється хімічна переробка концентрату, зокрема кислотне розкладання за допомогою сірчаної кислоти або лужне вилуговування. У результаті рідкісноземельні елементи переходять у розчинні сполуки. Наступним етапом є розділення окремих елементів, що здійснюється за допомогою рідинної екстракції або іонного обміну. Завершальною стадією є отримання чистого металу шляхом метало-термічного відновлення або електролізу розплавів.

Лантан широко використовується у сучасній промисловості завдяки своїм фізико-хімічним властивостям. Однією з важливих сфер застосування є оптична промисловість. Додавання оксиду лантану до скла підвищує показник заломлення та зменшує оптичну дисперсію, що дозволяє виготовляти високоякісні лінзи для камер, телескопів та мікроскопів. У нафтохімічній промисловості сполуки лантану використовуються як каталізатори у процесах крекінгу нафти, що сприяє підвищенню виходу бензину. Крім того, лантан застосовується у виробництві нікель-метало-гідридних акумуляторів, які широко використовуються у гібридних автомобілях. Також лантан застосовується у металургії для покращення властивостей сплавів, зокрема підвищення їх міцності, пластичності та корозійної стійкості. У сучасних технологіях він використовується у виробництві люмінофорів, лазерних матеріалів та електронних компонентів. Завдяки своїм властивостям рідкісноземельні елементи відіграють важливу роль у розвитку енергетики, електроніки та оборонної промисловості.

Світовий видобуток рідкісноземельних елементів значною мірою зосереджений у Китаї, який домінує як у видобутку, так і у переробці цієї сировини. За оцінками геологічних служб, Китай володіє приблизно 44 млн тон запасів рідкісноземельних елементів, що становить близько 40 % світових запасів. Значні ресурси також зосереджені у Бразилії, Австралії, В'єтнамі та США.

В Україні також існують перспективні родовища рідкісноземельних елементів, зокрема Азовське родовище у Донецькій області, Новополтавське родовище у Запорізькій області та ряд титан-цирконієвих розсипів. Однак промисловий видобуток лантану та інших рідкісноземельних елементів в Україні поки що практично не здійснюється. Основними причинами є складність технологій переробки рідкісноземельних руд, недостатній рівень сучасної геологічної розвідки, відсутність потужних переробних підприємств та економічні фактори.

Таким чином, лантан є важливим стратегічним металом, який використовується у багатьох високотехнологічних галузях. Незважаючи на значні світові ресурси цього елемента, його видобуток і переробка залишаються складними технологічними процесами, що потребують значних інвестицій та сучасних технологій.

Список використаних джерел

1. Rare Earth Elements. U.S. Geological Survey. - <https://www.usgs.gov/publications/rare-earth-elements>
2. Rare Earth Elements. U.S. Geological Survey Professional Paper 1802. <https://pubs.usgs.gov/publication/pp1802O>
3. Tse P. China's Rare-Earth Industry. U.S. Geological Survey Open-File Report 2011–1042. <https://pubs.usgs.gov/of/2011/1042/>
4. Rare Earth Elements and U.S. Supply Chains. Congressional Research Service. <https://www.everycrsreport.com/reports/IF13171.html>
5. PROSPECTS FOR THE DEVELOPMENT OF LIGHT AND HEAVY RARE EARTH ELEMENTS FROM ZIRCON-ILMENITE DEPOSITS IN UKRAINE
<https://nvngu.in.ua/index.php/en/archive/on-the-issues/1932-2026/content-1-2026/7438-13>

УДК 669.872:622.7:339.9(477)

Крячек В.П., аспірант

Науковий керівник: Собко Б.Ю., д.т.н., професор

(Національний технічний університет «Дніпровська політехніка», Дніпро, Україна)

ГАЛІЙ БЕЗ РОДОВИЩ: МОЖЛИВОСТІ УКРАЇНИ У ВИРОБНИЦТВІ КРИТИЧНОГО МЕТАЛУ

Галій є одним із ключових металів сучасної високотехнологічної економіки. Його значення визначається передусім використанням у напівпровідникових матеріалах, таких як арсенід галію та нітрид галію — GaAs і GaN.

Галій широко використовується у виробництві компонентів для телекомунікацій, зокрема в обладнанні мереж п'ятого покоління — 5G, а також у радіолокаційних системах.

Ще одним важливим напрямом є силова електроніка, де матеріали на основі галію дозволяють створювати більш ефективні та енергоощадні електронні пристрої.

Крім того, галій застосовується у тонкоплівкових сонячних панелях типу CIGS, а також у різних оборонних технологіях.

Саме тому галій включений до переліку критичної сировини Європейського Союзу, оскільки його постачання є важливим для стабільного розвитку стратегічних галузей економіки.

Світове виробництво галію є дуже концентрованим. На сьогодні понад дев'яносто відсотків первинного галію виробляється в Китаї.

Така ситуація пов'язана з тим, що галій не видобувається з окремих родовищ, а отримується переважно як побічний продукт у процесі виробництва глинозему з бокситів. Саме тому країни з розвинутою глиноземною промисловістю мають найбільші можливості для його виробництва.

У 2023 році Китай запровадив експортні обмеження на постачання галію та германію. Це рішення привернуло значну увагу міжнародної спільноти, оскільки воно продемонструвало вразливість глобальних ланцюгів постачання критичних мінералів.

У результаті для багатьох країн, зокрема для Європейського Союзу, постало питання диверсифікації джерел постачання галію та розвитку альтернативних виробничих центрів.

Саме в цьому контексті важливо розглянути потенційні можливості інших країн, зокрема України.

Однією з ключових особливостей галію є те, що він практично не утворює власних промислових родовищ. На відміну від багатьох інших металів, його видобуток не пов'язаний із розробкою окремих гірничих об'єктів.

Галій зазвичай присутній у дуже малих концентраціях у різних мінеральних ресурсах. Найчастіше він міститься у бокситах, які використовуються для виробництва глинозему та алюмінію. Саме тому основним джерелом галію у світі є глиноземна промисловість.

Окрім бокситів, певні кількості галію можуть також зустрічатися у цинкових рудах або у вугіллі, проте ці джерела відіграють значно меншу роль у глобальному виробництві.

Загалом близько дев'яноста відсотків світового галію отримують саме як побічний продукт у процесі переробки бокситів на глинозем.

Ця особливість робить галій унікальним металом, виробництво якого залежить не стільки від видобутку руди, скільки від ефективності металургійних процесів.

Основним джерелом отримання галію у світі є процес переробки бокситів на глинозем, який здійснюється за так званим процесом Байєра.

Під час цього процесу боксити обробляються концентрованим розчином гідроксиду натрію, у результаті чого утворюється алюмінатний розчин, з якого згодом виділяється глинозем.

Галій, який присутній у бокситах у невеликих концентраціях, переходить саме у цей алюмінатний розчин. У ході багаторазової циркуляції технологічних розчинів у виробничому циклі відбувається поступове накопичення галію.

Коли його концентрація досягає певного рівня, галій може бути вилучений із розчину за допомогою спеціальних технологій, таких як хімічна екстракція або електроліз.

Таким чином, виробництво галію не потребує видобутку окремої руди — воно може здійснюватися безпосередньо в межах існуючих глиноземних виробництв як побічний технологічний процес.

В Україні потенційним джерелом галію може бути глиноземна промисловість. Ключовим підприємством у цьому контексті є Миколаївський глиноземний завод.

Це одне з найбільших підприємств з виробництва глинозему в Європі, яке працює за класичною технологією переробки бокситів за процесом Байєра. Завод використовує імпортовану бокситову сировину, що переробляється для отримання глинозему — основної сировини для виробництва алюмінію.

У процесі цієї переробки, як і на інших глиноземних підприємствах світу, галій переходить у технологічні алюмінатні розчини, де може накопичуватися протягом виробничого циклу.

Саме тому глиноземні підприємства потенційно можуть розглядатися не лише як виробники глинозему, а і як джерело отримання побічних металів, зокрема галію.

Окрім технологічних розчинів глиноземного виробництва, потенційним джерелом галію можуть бути також вторинні ресурси.

Передусім це так званий червоний шлам — відхід, який утворюється під час переробки бокситів на глинозем. У цьому матеріалі можуть залишатися різні мікроелементи, зокрема і галій.

Іншим можливим джерелом є зола, що утворюється під час спалювання вугілля на теплових електростанціях, оскільки вугілля також може містити незначні концентрації галію.

Використання таких ресурсів відповідає сучасним підходам раціонального використання мінеральної сировини, зокрема концепції циркулярної економіки та розвитку так званих вторинних мінеральних ресурсів.

З урахуванням особливостей утворення галію можна визначити кілька потенційних напрямків розвитку його виробництва в Україні.

Першим напрямком є вилучення галію безпосередньо з технологічних розчинів глиноземних підприємств. Оскільки у процесі Байєра галій переходить у алюмінатні розчини та поступово накопичується в технологічному циклі, його можна виділяти як побічний продукт виробництва глинозему.

Другим можливим напрямком є переробка червоного шламу — відходу глиноземного виробництва, який також може містити певні концентрації галію та інших рідкісних елементів.

Ще одним перспективним напрямком може бути створення виробництва високочистого галію, необхідного для напівпровідникової промисловості.

У більш широкому контексті розвиток таких технологій може дозволити Україні інтегруватися у європейські ланцюги постачання критичних мінеральних ресурсів.

Перелік використаної літератури

1. <https://www.coface.com/news-economy-and-insights/electric-vehicles-is-europe-still-in-the-driver-s-seat-competition-between-china-and-europe-in-an-age-of-mobility-transition>
2. <https://www.europarl.europa.eu/topics/en/article/20221019STO44572/eu-ban-on-sale-of-new-petrol-and-diesel-cars-from-2035-explained>
3. <https://www.iea.org/reports/global-ev-outlook-2025/trends-in-the-electric-car-industry-3>

4. <https://webgate.ec.europa.eu/circabc-ewpp/d/d/workspace/SpacesStore/53a8ce7c-68bf-4e89-93bf-da3db2e30daa/download>
5. <https://www.mining.com/web/visualizing-the-eus-critical-minerals-gap-by-2030/>
6. https://single-market-economy.ec.europa.eu/sectors/raw-materials/areas-specific-interest/critical-raw-materials/critical-raw-materials-act_en#:~:text=Presented%20in%20parallel%20with%20the,EU's%20climate%20and%20energy%20ambitions.
7. <https://horizon-europe.org.ua/uk/success-stories/gr4fite3/>
8. <https://gr4fite3.eu/project/>
9. <https://ecga.net/strategic-critical/>
10. <https://op.europa.eu/en/publication-detail/-/publication/bfdf36a9-65e8-11f0-bf4e-01aa75ed71a1>
11. <https://www.minesparis.psl.eu/en/blog/actualites/lithium-graphite-nickel-europe-relaunches-its-industrial-strategy-for-critical-raw-materials-from-extraction-to-recycling/>
12. https://single-market-economy.ec.europa.eu/sectors/raw-materials/areas-specific-interest/critical-raw-materials/strategic-projects-under-crma/selected-projects_en
13. <https://ceenergynews.com/renewables/ukrainian-graphite-serbian-lithium-mining-eu-strategic-projects/>
14. <https://kyiv24.com/en/european-commission-approves-list-strategic/>
15. <https://cordis.europa.eu/project/id/101103752/reporting>
16. <https://gr4fite3.eu/>
17. <https://www.ft.com/content/363c1643-75ae-4539-897d-ab16adfc1416>
18. <https://bgv.com.ua/proyekt-bgv-graphite-uvijshov-do-pereliku-strategichnyh-inicziatyv-eu/>
19. https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/en/ip_25_1419
20. <https://www.bgv-graphite.com.ua/en/about-the-project/>
21. <https://www.geo.gov.ua/wp-content/uploads/presentations/en/critical-minerals-portfolio.pdf>
22. <https://nadra.info/2025/01/bgv-tests-ukrainian-graphite-for-lithium-ion-batteries/>
23. <https://www.geo.gov.ua/wp-content/uploads/presentations/en/investment-opportunities-in-exploration-production-strategic-and-critical-minerals.pdf>
24. <https://interfax.com.ua/news/economic/1087048.html>
25. https://en.lb.ua/news/2025/05/22/35960_serhiy_voytsekhovskyy_any.html
26. <https://geogroup.com.ua/blog/rodovyshha-grafitu-v-ukrayini-zabezpechenist-ta-perspektyvy/>
27. <https://www.reportlinker.com/dataset/0c3a0d10c0b2c42af688e66c7339fed86ee92d76>
28. <https://forbes.ua/news/pershe-ukrainske-rodovishche-vklyuchili-do-pereliku-strategichnikh-proektiv-es-bgv-group-butkevicha-04062025-30287>
29. <https://eba.com.ua/rodovyshha-grafitu-v-ukrayini-zabezpechenist-ta-perspektyvy/>
30. <https://gmcenter.ua/posts/shho-vidbuvaietsya-u-dobuvnij-promislovosti-na-chetvertomu-roci-vijni/>
31. <https://rubryka.com/ru/2025/10/23/u-bgv-rozpovily-shho-povnyj-tsykl-pererobky-grafitu-shans-zalyshyty-v-ukrayini-u-50-70-raziv-bilshe-vartosti/>

УДК 622.271

Адамова В.О., аспірантка спеціальності 184 Гірництво

Науковий керівник: Ложніков О.В., д.т.н., професор кафедри відкритих гірничих робіт

(Національний технічний університет «Дніпровська політехніка», м. Дніпро, Україна)

ПЕРСПЕКТИВИ ОСВОЄННЯ СКАНДІЮ ЯК КРИТИЧНОЇ СИРОВИНИ В УКРАЇНІ

Критична сировина має величезне значення для розвитку економіки, науки та технологій. Вона є фундаментом виробництва високотехнологічної продукції, що використовується в енергетиці, машинобудуванні, авіаційній та електронній галузях, а також в оборонній промисловості.

На території нашої держави виявлено значні родовища літію, титану, урану, графіту, нікелю, кобальту, рідкісноземельних металів, каоліну та інших корисних копалин. Ці ресурси відкривають широкі можливості для розвитку стратегічних виробництв і зміцнення економічної незалежності країни. За оцінками експертів, Україна входить до числа найбагатших європейських країн за запасами рідкісних і рідкісноземельних металів, включно зі скандієм, що робить її стратегічним гравцем на світовому ринку критичної сировини.

У 2017 році до переліку критичної сировини Європейського Союзу було офіційно включено скандій, а основними країнами-виробниками є Китай (60%), Казахстан та Україна (15–20%), Австралія (10%) та ПАР (5%).

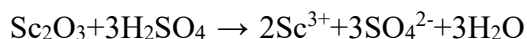
Скандій (Sc) є рідкісним перехідним металом із атомним номером 21. Його середній вміст у земній корі становить близько 9–10 г/т, що робить його одним із найменш поширених елементів. У природі він не утворює власних родовищ, а зустрічається як супутній компонент у титанових, цирконієвих, уранових та рідкісноземельних рудах. Основні мінерали, що містять скандій у значних кількостях: **тортвейтит ($\text{Sc}_2\text{Si}_2\text{O}_7$)**, **стеретит ($\text{ScPO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$)** та **бацит**.

Завдяки своїм унікальним властивостям, зокрема здатності утворювати надміцні алюмінієві сплави, високій міцності при невеликій масі, стійкості до високих температур та корозії, а також особливим оптичним і електронним характеристикам, **скандій** широко використовується в сучасних високотехнологічних галузях. Він застосовується у авіаційній та космічній промисловості для створення легких і надміцних конструкцій, у енергетиці — для виробництва твердих оксидних паливних елементів та акумуляторів нового покоління, у електроніці та лазерних технологіях — як компонент спеціальних матеріалів, а також у оборонній промисловості, де потрібні сплави з підвищеною міцністю та стійкістю.

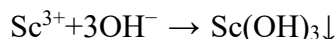
Скандій у природі не утворює власних великих родовищ, а завжди супроводжує інші мінерали. Він розсіяний у земній корі й трапляється у невеликих концентраціях у понад 800 різних мінеральних видах. Найчастіше його знаходять у сполуках із:

- **Алюмінієм** (у бокситах, які є основною сировиною для виробництва алюмінію).
- **Титаном** (наприклад, у рудних мінералах титану — ільменіті, рутилі).
- **Уранових породах** (де він може бути домішкою).
- **Рідкісноземельними елементами** (у мінералах групи монациту та бастнезиту).

Його економічно видобувати складно, тому елемент доводиться вилучати як побічний продукт при переробці титанових, уранових чи бокситових руд. Зазвичай застосовують кислотне вилуговування (наприклад, сірчаною кислотою):



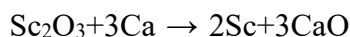
Тут оксид скандію переходить у розчин у вигляді іонів Sc^{3+} . Для того, щоб осадити гідроксид, то додають луг (NaOH або NH_4OH) і після цього відбувається нерозчинний осад:



Далі осад прожарюють при високій температурі:



Після цього метал отримують відновленням оксиду кальцієм або електролізом:



У результаті завершення цього процесу є отримання чистого металевого скандію, який використовується у виробництві високотехнологічних сплавів.

В Україні скандій видобувають переважно як попутний компонент при переробці уранових та титанових руд. Найбільш перспективні поклади зосереджені у кількох регіонах:

- **Житомирська область** — родовища рідкісноземельних металів і цирконію, де скандій трапляється як домішка.

- **Черкаська область** — відомі поклади рідкісних елементів, серед яких також є скандій.

- **Запорізька область (Східне Приазов'я)** — перспективні родовища рідкісноземельних металів, що містять скандій.

Основним родовищем, пов'язаними з скандієм, є Стремигородське родовище за запасами апатит-ільменітових руд, що може забезпечити країну критичною сировиною для високотехнологічних галузей, яке розташоване у Житомирській області в Коростенському районі приблизно за 20 км на південний схід від міста Коростень.

Подальший розвиток видобутку цього металу залежить від удосконалення технологій його вилучення та збагачення. Таким чином, ефективне освоєння скандію може стати стратегічним напрямом для України, забезпечивши її високотехнологічні галузі критичною сировиною та посиливши економічну незалежність держави.

Перелік використаної літератури

1. Собко, Б. Ю.; Ложніков, О. В.; Гойчук, М. В. Ресурсозабезпечення України критичною сировиною у розрізі світових тенденцій розвитку галузі виробництва електромобілів. 2022. <https://doi.org/10.33271/crpnmu/70.007>
2. Михайленко, О. Г.; Краснікова, Н. А. Конкурентоспроможність України на світовому ринку мінеральної продукції. *Економіка та держава*, 2021, 7: 71-82. <https://doi.org/10.32702/2306-6806.2021.7.71>
3. Рудько, Г. І.; Бала, Г. Р. Критична мінеральна сировина та її перспективи в Україні. *Мінеральні ресурси України*, 2021, 2: 3-14. <https://orcid.org/0000-0001-7752-4310>
4. Liu, S., Fan, H. R., Santosh, M., Liu, X., Wang, Q. W., & Butcher, A. R. (2023). Geological resources of scandium: a review from a Chinese perspective. *International Geology Review*, 65(19), 3065-3086. <https://doi.org/10.1080/00206814.2023.2169842>
5. Wang, J. X., Williams-Jones, A. E., Zhang, X. N., & Yuan, S. D. (2025). Are scandium sulfate complexes effective in mobilising scandium?. *Geochimica et Cosmochimica Acta*. <https://doi.org/10.1016/j.gca.2025.01.038>

УДК 553.493:553.98(477)

Батрак О.С., студент за спеціальністю 103 Науки про Землю

Науковий керівник: Деревягіна Н.І. к.т.н., доцент, завідувач кафедри гідрогеології та інженерної геології

(Національний технічний університет «Дніпровська політехніка», м. Дніпро, Україна)

ПРО ОСОБЛИВОСТІ РІДКІСНОЗЕМЕЛЬНОГО ЗРУДЕНІННЯ РОДОВИЩА БАЛКА КОРАБЕЛЬНА

Балка Корабельна – рідкоземельний об'єкт, зруденіння якого пов'язано з магnezіально-залізно-калієвим метасоматозом. Родовище розташоване на південному схилі Українського кристалічного щита в межах Побузького урановорудного району. Для рудних тіл характерна підвищена радіоактивність, а також висока магнітна сприйнятливність.

У тектонічному відношенні родовище має досить складну будову: тут спостерігається ціла система порушень субширотного і субмеридіонального простягання.

Вміст у руді (%): РЗЕ – до 4,4, Торій – 0,6, Уран – до 0,2, Ітербій – 0,092, Лантан – 0,177, Гадоліній – 0,05, Ербій – 0,092, Диспрозій – 0,12, Празеодим – 0,055, Неодим – 0,197, Самарій – 0,046, Церій – 0,485, Ітрій – 0,945.

Рудні тіла представлені дрібнозернистим вкрапленням і сегрегаціями монациту, ксенотиму і апатиту в крупнокристалічній породі, що складається з біотиту, польового шпату і кварцу при підпорядкованій ролі альмандину і магнетиту. Основна маса рідкісноземельних фосфатів у рудних тілах приурочена до ділянок біотитової породи, яка зазнала мікроклінізації. Рідкісноземельні фосфати, присутні в біотиті у вигляді одиночних зерен, при мікроклінізації біотиту укрупнюються й утворюють сегрегації вздовж тріщин його спайності і на контакті з мікрокліном. Монацит і ксенотим концентруються переважно в магнетиті, утворюючи в ньому зернисті агрегати й окремі кристали. В апатиті присутні включення ксенотиму і монациту неправильної форми, які, ймовірно, належать до ранньої генерації рідкісноземельних фосфатів.

Радіогеохронологічні дослідження монациту та циркону показали синхронність їх створення з гранітоїдами кіровоградського комплексу. Формування рудної мінералізації відбувалося у дві основні стадії метасоматозу: калієву (мікроклінізацію) та магnezіально-залізисту (біотитизацію). У продуктивну фазу в зонах тріщинуватості та катаклазу формувалася мінеральний комплекс, до складу якого входили біотит, рідкісноземельні мінерали, апатит, циркон і магнетит. Локалізація мінералізації контролювалася структурними порушеннями та зонами інтенсивної тріщинуватості. Це свідчить про генетичний зв'язок між утворенням гранітів і формуванням ітрій-рідкісноземельно-торієвої мінералізації родовища.

Комплекс мінералів і геохімічні особливості руд свідчать про значний потенціал родовища як джерела рідкісноземельних елементів. Подальші дослідження цього об'єкта мають важливе значення для розуміння процесів формування рідкісноземельних родовищ Українського кристалічного щита.

Список використаних джерел:

1. Михайлов, В., Курило, М., Кошарна, С. (2025). Геолого-промислова оцінка та ранжування перспективних об'єктів вітчизняної бази рідкоземельних елементів. Вісник Київського національного університету імені Тараса Шевченка. Геологія, 2(93), 32-40.

2. Степанюк, В., Сьомка, З., Карли, С., Бондаренко, Т., Довбуш, С., Курило (2015). Родовище Балка Корабельна (мінералогія, геохронологія) в побузькому урановорудному районі українського щита. Інститут геохімії, мінералогії та рудоутворення ім. М.П. Семененка НАН України

УДК 504.062

Малоок О.В., аспірант спеціальності 184 Гірництво

Науковий керівник: Ложніков О.В., д.т.н., професор кафедри відкритих гірничих робіт

(Національний технічний університет «Дніпровська політехніка», м. Дніпро, Україна)

ОЦІНКА РИЗИКІВ І ПЕРСПЕКТИВ УРАНОВОЇ ПРОМИСЛОВОСТІ УКРАЇНИ

Видобуток урану на території України було розпочато ще у 40-х роках минулого століття. Уранова руда видобувалась класичними, на той час, способами – відкритим (карерами) або підземним (шахтами). Але наприкінці 60-х років було освоєно вперше в світі принципово новий метод свердловинного підземного вилуговування (СПВ) видобутку урану. Після дослідного етапу даного методу фахівці СхідГЗК перейшли к промислового способу, що дозволило відпрацювати Девладівське та Братське родовища уранових руд. Метод СПВ дозволив розширити можливості видобутку уранових руд з не високими вмістами на родовищах піщовикового типу, що суттєво збільшило сировинні балансові запаси.

Враховуючи, що уран є стратегічною сировиною, дохід від видобуту якої буде наповнювати Американсько-Український інвестиційний фонд відбудови, потребує уваги збільшення його обсягів видобутку та розробку нових родовищ. На час війни доступ до інформації стосовно запасів уранових руд обмежено та видобутком може займатись виключно державні компанії (ДП «СхідГЗК»), які поступово тільки зменшують обсяги видобутку на морально та фізично зношених виробничих потужностях. Залучення приватних інвесторів на умовах приватно-державного партнерства дозволило оздоровити урановий напрямок та розпочати розробку нових родовищ піщовикового типу в Дніпропетровській та Миколаївській областях. Подібний підхід дозволив би в перспективі до 5 років забезпечити потреби АЕС власним ураном. Видобуток на Садовій площі, Сафоновському та Северинському родовищах може забезпечити до 1340 тон урану щорічно. Це покриває власні потреби трьох працюючих АЕС.

Метод СПВ має низку переваг та особливостей, що в короткостроковій перспективі більш доцільніший за традиційні способи розробки родовищ уранових руд (підземний або відкритий):

- Економічність – значно менші капітальні інвестиції та строки початку видобутку сировини;
- Екологічність – не відбуваються викиди в атмосферне повітря рідких відхлдів, газів чи аерозолів;
- Збереження земель – не відбувається будівництво хвостосховищ та потребує мінімальної рекультивації, оскільки видобуток ведеться свердловинним способом.

Суть технології методу СПВ полягає у наступному:

1. Буріння мережі нагнітальних (ін'єкційних), відкачувальних (експлуатаційних) та моніторингових свердловин. Свердловини облаштовують таким чином, щоб забезпечити ізоляцію продуктивного (рудоносного) горизонту від інших водоносних горизонтів. Тобто, наявність водоупору в підшві рудоносного шару є основною умовою для даного методу.
2. Процес вилуговування. Через нагнітальні свердловини у рудоносний шар закачують технологічний розчин, який може містити сірчанута/або азоту кислоти, аміачну селітру чи інші реактиви. Цей розчин, просочуючись крізь рудоносну породу, вступає в хімічну реакцію з ураном, переводячи його в розчинну форму. На поверхні створюється технологічний цикл, який включає процес закачування розчину та його відкачування.
3. Відкачування та переробка. Збагачений ураном розчин (продуктивний розчин) відкачується через експлуатаційні свердловини. Наземний комплекс переробляє цей розчин для вилучення урану.

Завдяки даному методу Казахстан за п'ять років збільшив обсяги видобутку в 4 рази та, окрім того, що отримав лідерство серед урановидобувних країн, фактично видобуває урану більше ніж країни, що знаходяться на другому-четвертому місцях разом.

Висновки:

1. Впровадження методу СПВ надає можливість суттєво збільшити видобуток урану в Україні;
2. Забезпечить державу власною урановою сировиною та створить можливість експорту по даному сегменту;
3. Завантажить переробні потужності ДП «СхідГЗК»

Перелік використаних посилань

1. Україна за запасами урану у світі – у топ-10. Як це використати для розвитку енергетики та інвестицій? — Forbes.ua. Режим доступу: <https://forbes.ua/money/do-2040-go-svit-mae-utrichi-narostiti-potuzhnosti-atomki-ukraina-z-ii-zapasami-uranu-v-idealniy-tochtsi-yak-tsim-skoristatisya-rozpovida-yuriy-bakarzhiev-z-bgv-group-29092025-32967>.
2. Ризики «недоторканності» BGV: урановидобувна галузь України - Kronos. Режим доступу: <https://ksdsi.org/ryzyky-nedotorkannosti-bgv-uranovydobuvna-haluz-ukrayiny/>.

ЗМІСТ

СЕКЦІЯ «ТЕХНОЛОГІЇ ВИДОБУТКУ, ПЕРЕРОБКИ ТА ТРАНСПОРТУВАННЯ КОРИСНИХ КОПАЛИН»	4
Askerov I.K. KEY ASPECTS OF THE APPLICATION OF HYDRAULIC HAMMERS IN WELL DRILLING	5
Vasylchenko D. PECULIARITIES AND OPERATIONAL CHALLENGES OF START- UP AND OPERATION OF THE GAS PUMPING UNIT AT THE «PAVLOHRAD» COMPRESSOR STATION DNIPRO LINEAR PRODUCTION DEPARTMENT OF MAIN GAS PIPELINES LLC «GAS TRANSMISSION SYSTEM OPERATOR OF UKRAINE»	7
Vashchenko I. METHODOLOGICAL FRAMEWORK FOR INTEGRATED MODELLING OF HEAVY OIL RECOVERY OPTIMISATION IN UKRAINIAN FIELDS	9
Войта М. О. ОПТИМІЗАЦІЯ ХАРАКТЕРИСТИК СИСТЕМ ФІЛЬТРАЦІЇ БУРОВИХ ПРОМИВАЛЬНИХ РІДИН	11
Воловик В.А. ГУСТИНОМІРИ ДЛЯ БУРОВИХ РОЗЧИНІВ	13
Галков Р.О. ІННОВАЦІЙНИЙ ПІДХІД ДО МОНІТОРИНГУ ТА ПРОГНОЗУВАННЯ ДЕФОРМАЦІЙ ПРИ ПОВТОРНОМУ ВИКОРИСТАННІ ГІРНИЧИХ ВИРОБОК ЗАХІДНОГО ДОНБАСУ	15
Ганжа Ю. В. АНАЛІЗ ДИНАМІКИ РУЙНУВАННЯ ГІРСЬКИХ ПОРІД ПІД ДИНАМІЧНИМ НАВАНТАЖЕННЯМ ЗА ДОПОМОГОЮ ВИСОКОШВИДКІСНОЇ ВІДЕОЗЙОМКИ	17
Григоришин В.В. АНАЛІЗ КОРОЗІЙНИХ ПРОЦЕСІВ НАФТОГАЗОВОГО ОБЛАДНАННЯ В УСКЛАДНЕНИХ УМОВАХ ЕКСПЛУАТАЦІЇ	19
Дмитрук О. І. ЗАСТОСУВАННЯ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ В МОДЕЛЮВАННІ ДИНАМІКИ РУЙНУВАННЯ ГІРСЬКИХ ПОРІД	21
Дригола М.А. АНАЛІЗ ТЕРМОПЛАСТИЧНИХ ТА ТЕРМОРЕАКТИВНИХ МАТЕРІАЛІВ	23
Літвінов В.М. ПРИНЦИПИ РЕАЛІЗАЦІЇ ПРОГРЕСИВНИХ ТЕХНОЛОГІЧНИХ РІШЕНЬ У СПОРУДЖЕННІ ГЕОЛОГОРОЗВІДУВАЛЬНИХ СВЕРДЛОВИН	25
Літвінов Я.М. ВДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЙ РЕМОНТУ І ВІДНОВЛЕННЯ ЕКСПЛУАТАЦІЙНИХ ВУГЛЕВОДНЕВИХ СВЕРДЛОВИН	28
Побединський Д.І. ВИКОРИСТАННЯ У ВИРОБНИЦТВІ РОЗЧИННИХ В'ЯЖУЧИХ РЕЧОВИН	30
Ребезюк О. М. ОГЛЯД ТЕХНОЛОГІЙ ЦЕМЕНТУВАННЯ СВЕРДЛОВИН	32
Рибак А. В. ОПТИМІЗАЦІЯ КОНСТРУКТИВНИХ ПАРАМЕТРІВ ПРИСТРОЮ ДЛЯ ГІДРОДИНАМІЧНОЇ СТИМУЛЯЦІЇ ПРИВИБІЙНОЇ ЗОНИ В ГІДРОГЕОЛОГІЧНИХ СВЕРДЛОВИНАХ	34
Снігур М.В. ВИВЧЕННЯ СТАНУ ГЕОМЕХАНІЧНОЇ СИСТЕМИ В РАЙОНІ СПОЛУЧЕННЯ ЛАВИ З ВИЇМКОВИМ ШТРЕКОМ	36
Шипунов С. О. ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСУ ЛОКАЛЬНОГО НАВАНТАЖЕННЯ ГРАНІТУ У ПРОГРАМНОМУ КОМПЛЕКСІ ANSYS.	42
Шумов А.С. ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНА ОЦІНКА ФІЗИКО-МЕХАНІЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК БІОПОЛІМЕРНОГО ГРАВІЙНОГО КОМПЗИТУ ДЛЯ БЛОКОВИХ ГАВІЙНИХ ФІЛЬТРІВ БУРОВИХ СВЕРДЛОВИН	44
Яшин Д.О. КОМПЛЕКСНА ОЦІНКА ТЕХНІЧНОГО СТАНУ МАГІСТРАЛЬНОГО ГАЗОПРОВОДУ ПРИ ПЕРЕТИНІ ЗАЛІЗНИЧНОЇ КОЛІЇ	46

Петелька А.В. ПОРІВНЯЛЬНИЙ АНАЛІЗ МОДЕЛЕЙ МАШИННОГО НАВЧАННЯ ДЛЯ ПРОГНОЗУВАННЯ ВОЛОГОСТІ МАГНЕТИТОВОГО КОНЦЕНТРАТУ НА КЕРАМІЧНИХ ФІЛЬТРАХ	48
Лівак О. В., Ганкевич В.Ф. СИНЕРГІЗМ МЕХАНІЗМІВ ДЕГРАДАЦІЇ МАТЕРІАЛІВ В УМОВАХ ТЕРМОЦИКЛІЧНОГО НАВАНТАЖЕННЯ	50
СЕКЦІЯ «ТЕХНОЛОГІЇ МАШИНОБУДУВАННЯ»	52
Носов Р.О. ТЕХНОЛОГІЧНІ ОСОБЛИВОСТІ МЕХАНІЧНОЇ ОБРОБКИ СКЛАДНОПРОФІЛЬНИХ ДЕТАЛЕЙ З ВАЖКООБРОБЛЮВАНИХ КОНСТРУКЦІЙНИХ МАТЕРІАЛІВ	53
Мазур В.А. АНАЛІЗ НАПРУЖЕНО-ДЕФОРМОВАНОГО СТАНУ ТОКАРНИХ РІЗЦІВ МЕТОДОМ СКІНЧЕННИХ ЕЛЕМЕНТІВ	55
Voichyshen O. HIGHLIGHTING THE FEATURES OF LIQUID ROCKET ENGINE CASING MANUFACTURING TECHNOLOGY, TAKING INTO ACCOUNT THE MODERN CAPABILITIES OF CAD-CAM SYSTEMS, 5-AXIS CNC MACHINES, AND SPECIAL CUTTING SYSTEMS	57
Вахалін Є.Д., Ганкевич В.Ф. СУЧАСНІ МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ ТА ПРОГНОЗУВАННЯ ТЕРМОЦИКЛІЧНОГО РУЙНУВАННЯ КОНСТРУКЦІЙНИХ МАТЕРІАЛІВ	59
Золотаренко С.А. ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНЕ ВИЗНАЧЕННЯ ЧАСУ РЕВЕРБЕРАЦІЇ ЛАБОРАТОРНОГО ПРИМІЩЕННЯ ДЛЯ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ КОРЕКТНОСТІ АКУСТИЧНИХ ВИМІРЮВАНЬ	61
СЕКЦІЯ «АВТОМОБІЛЬНИЙ ТРАНСПОРТ»	63
Гримало Б.В. АДАПТАЦІЯ ПРОГРАМНО-АПАРАТНИХ КОМПЛЕКСІВ ТАКСІ ДЛЯ ЛОГІСТИКИ ВАНТАЖНИХ ПЕРЕВЕЗЕНЬ ОБ'ЄКТІВ КРИТИЧНОЇ ІНФРАСТРУКТУРИ	64
Дудко А. Ю. ОЦІНКА ЕФЕКТИВНОСТІ ТА ПЕРСПЕКТИВ РОЗВИТКУ ТЯГОВИХ БАТАРЕЙ ЕЛЕКТРОМОБІЛІВ	66
Дудко А.Ю., Разбойніков О.О. АНАЛІЗ КОНСТРУКТИВНИХ ФАКТОРІВ СУЧАСНИХ ЕЛЕКТРОМОБІЛІВ, ЩО ВПЛИВАЮТЬ НА ЇХ ЗАПАС ХОДУ ТА ЕНЕРГОЕФЕКТИВНІСТЬ	68
Кривда В.В., Корніленко К.І. ЕКСЕРГЕТИЧНА ОЦІНКА ВПЛИВУ РЕЦИРКУЛЯЦІЇ ВІДПРАЦЬОВАНИХ ГАЗІВ НА ЕФЕКТИВНІСТЬ ТА ЕКОЛОГІЧНІ ПОКАЗНИКИ ЧОТИРИТАКТНОГО ДВИГУНА	70
Мишалов Є.В., Разбойніков О.О. ВПЛИВ ПІДВІСКИ НА БЕЗПЕКУ РУХУ АВТОМОБІЛЯ	72
Олішевська С.О. КОНСТРУКЦІЙНІ МАТЕРІАЛИ ДЛЯ ВИРОБНИЦТВА АКУМУЛЯТОРНИХ БАТАРЕЙ ЕЛЕКТРОМОБІЛІВ ТА ТЕНДЕНЦІЇ ЇХ РОЗВИТКУ	73
Рибак І.П. ПЕРСПЕКТИВИ РОЗВИТКУ ВЕЛИКОВАНТАЖНОГО ТРАНСПОРТУ ТА РЕМОНТ В УКРАЇНІ У ВОЄННИЙ ЧАС	75
Луценко М.В. РОЗРОБКА АЛГОРИТМУ ЗАМОВЛЕННЯ ДОСТАВКИ МАТЕРІАЛЬНИХ РЕСУРСІВ ДЛЯ ОБ'ЄКТІВ КРИТИЧНОЇ ІНФРАСТРУКТУРИ	77
СЕКЦІЯ «ТРАНСПОРТНІ СИСТЕМИ, ЕНЕРГОМЕХАНІЧНІ КОМПЛЕКСИ ТА ГІРНИЧОРУДНА ІНЖЕНЕРІЯ»	80
Yehorchenko R.R. NEW TECHNOLOGIES FOR MONITORING THE CONDITION OF MINE RAIL TRACKS	81
Herasymenko A.O. FORECASTING DYNAMIC LOADS ON MONORAIL DELIVERY WHEN DELIVERING LARGE-TONNAGE CARGO	83

СЕКЦІЯ «ГЕОДЕЗІЯ ТА ЗЕМЛЕУСТРІЙ»	85
Береза О.Г. ПОРІВНЯЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА DIGITALS ТА QGIS ДЛЯ ВИРІШЕННЯ ЗАДАЧ КОНТРОЛЬНОГО ГЕОДЕЗИЧНОГО ЗНІМАННЯ	86
Крамаренко О.Р. ОЦІНКА ВПЛИВУ ПОХИБКИ ПОЗИЦІОНУВАННЯ GNSS-ПРИЙМАЧІВ НАВІГАЦІЙНОГО КЛАСУ ПРИ ФОРМУВАННІ ПОЛІГОНІВ ЗАБРУДНЕНИХ ТЕРИТОРІЙ НА ОПОДАТКУВАННЯ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ ЗЕМЕЛЬ	88
Кухар М.А. КАТЕГОРІАЛЬНЕ ВІДОБРАЖЕННЯ ПРОСТОРОВО-ЧАСОВОГО ПОЗИЦІОНУВАННЯ В СИСТЕМІ GNSS	90
Жук О.В. ЕКСПЕРТНА ОЦІНКА ЗЕМЕЛЬ У СИСТЕМІ УПРАВЛІННЯ ТЕРИТОРІЯМИ	92
Причина Д. О. ЕКОЛОГО-ЕКОНОМІЧНІ ОСНОВИ РАЦІОНАЛЬНОГО ВИКОРИСТАННЯ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ ЗЕМЕЛЬ НА ТЕРИТОРІЇ ДНІПРОПЕТРОВСЬКОЇ ОБЛАСТІ	94
Савчук О.В. ОРГАНІЗАЦІЯ ТА ПРОВЕДЕННЯ ЗЕМЕЛЬНИХ ТОРГІВ З ПРОДАЖУ ПРАВА ОРЕНДИ У ФОРМІ АУКЦІОНУ НА ТЕРИТОРІЇ СКОРОХОДІВСЬКОЇ ТЕРИТОРІАЛЬНОЇ ГРОМАДИ ПОЛТАВСЬКОГО РАЙОНУ ПОЛТАВСЬКОЇ ОБЛАСТІ	96
Панчишин Д.І., Третяк І.О. INSAR ДЛЯ МОНІТОРИНГУ ДЕФОРМАЦІЙ ТЕРИТОРІЙ	98
Скречко В. В. РОЛЬ КОМПЛЕКСНИХ ПЛАНІВ ПРОСТОРОВОГО РОЗВИТКУ ТЕРИТОРІЙ ТЕРИТОРІАЛЬНИХ ГРОМАД У ФОРМУВАННІ ЕФЕКТИВНОЇ СИСТЕМИ ЗЕМЛЕУСТРОЮ	100
Князев Є. К. МЕХАНІЗМ УПРАВЛІННЯ ЕКОЛОГІЧНО ЗБАЛАНСОВАНИМ ЗЕМЛЕКОРИСТУВАННЯМ ТЕРИТОРІАЛЬНИХ ГРОМАД	102
Жук О.В. ЕКСПЕРТНА ОЦІНКА ЗЕМЕЛЬ У СИСТЕМІ УПРАВЛІННЯ ТЕРИТОРІЯМИ	104
Андропова В.В. ТРАНСФОРМАЦІЯ ФУНКЦІОНАЛЬНИХ ЗОН ВИКОРИСТАННЯ РЕКРЕАЦІЙНИХ ЗЕМЕЛЬ У ПЕРІОД ВІЙНИ	106
Гой В.В., Харів В. В. ПРОСТОРОВЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ВИКОРИСТАННЯ ЗЕМЕЛЬ ЖИТЛОВОЇ ТА ГРОМАДСЬКОЇ ЗАБУДОВИ РЕГІОНІВ	108
Штерндок Е.С., Войтенко О.Р. ТЕХНОЛОГІЯ ФОРМУВАННЯ ГЕОІНФОРМАЦІЙНОЇ СИСТЕМИ ОБЛІКУ І КОНТРОЛЮ ЗА ВИКОРИСТАННЯМ ЗЕМЕЛЬНИХ РЕСУРСІВ ТЕРИТОРІАЛЬНИХ ГРОМАД	110
Батура М. В. ІНВЕНТАРИЗАЦІЯ ЗЕМЕЛЬ ТЕРИТОРІАЛЬНИХ ГРОМАД ЯК ОСНОВА ЇХ ЕФЕКТИВНОГО ВИКОРИСТАННЯ В РИНКОВИХ УМОВАХ	112
СЕКЦІЯ «НАУКИ ПРО ЗЕМЛЮ»	114
Битько Ю.М. АНАЛІЗ ВІДКРИТИХ ГЛОБАЛЬНИХ ДЖЕРЕЛ КЛІМАТИЧНИХ ТА ГІДРОЛОГІЧНИХ ДАНИХ ДЛЯ ДОСЛІДЖЕНЬ РІЧКОВИХ СИСТЕМ	115
Андрєєв С.С., Гамбурян Д.С. ДИСТАНЦІЙНЕ ЗОНДУВАННЯ ЗЕМЛІ В СИСТЕМІ ЕКОЛОГІЧНОГО МЕНЕДЖМЕНТУ ТЕРИТОРІЙ	118
Руднєв О.В. ПАРАМЕТРИЗАЦІЯ ВІДБОРУ ТА ОЦІНКА ЕКСПЛУАТАЦІЙНИХ ЗАПАСІВ МІНЕРАЛЬНИХ ВОД НЕЛІПИНСЬКОГО РОДОВИЩА	120
Андрєєв С.С., Матвієнко Д.С. МОНІТОРИНГ ДЕГРАДАЦІЇ ЗЕМЕЛЬНИХ РЕСУРСІВ ВНАСЛІДОК ТЕХНОГЕННОГО ВПЛИВУ	122
Bohadorova L. M., Khorenzhenko I. M. FEATURES OF THE POST-WAR RECONSTRUCTION OF SOME COMPONENTS OF THE ENVIRONMENT OF UKRAINE	124
Піскунов О.В. ГІБРИДНА АРХІТЕКТУРА ГЛИБОКОГО НАВЧАННЯ ДЛЯ ІДЕНТИФІКАЦІЇ СЕЙСМІЧНИХ ГОРИЗОНТІВ	126

Курса О. В., Кріпак С. А. ЄВРОПЕЙСЬКИЙ ДОСВІД ЗБЕРЕЖЕННЯ І ПОПУЛЯРИЗАЦІЇ ГЕОЛОГІЧНОЇ ТА КУЛЬТУРНОЇ СПАДЩИНИ БУРШТИНУ	128
Глущенко Н.О. ЗМІНИ ПРОСАДКОВИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ ЛЕСОВИДНИХ СУГЛИНКІВ ПІД ВПЛИВОМ КОЛИВАНЬ РІВНЯ ҐРУНТОВИХ ВОД В УМОВАХ МІСТА ДНІПРО	131
Журба Р. С. РОЗРОБКА 3D МОДЕЛІ СУРСЬКОГО ПОРОГУ ТА СТВОРЕННЯ ВЕБСАЙТУ ДЛЯ ЗБЕРЕЖЕННЯ ГЕОЛОГІЧНОЇ ПАМ'ЯТКИ	133
Kozii Ye.S., Malashkevych D.S. GERMANIUM-BEARING CAPACITY OF THE C ₇ ^H COAL SEAM OF THE TERNIVSKA MINE OF THE WESTERN DONBAS	135
СЕКЦІЯ «БУДІВНИЦТВО, ГЕОТЕХНІКА ТА ГЕОМЕХАНІКА»	137
Куроп Л. В., Григор'єв О. Є. ЦИФРОВІ ДВІЙНИКИ І МАШИННЕ НАВЧАННЯ В СИСТЕМІ КОНТРОЛЯ СТАНУ ПІДЗЕМНИХ ОБ'ЄКТІВ	138
Olishevskaya S. O., Ivanova N. P. DIGITAL TWIN TECHNOLOGY IN CONSTRUCTION	140
СЕКЦІЯ «СІЧАСНІ ПИТАННЯ ЕКОЛОГІЇ, БІОЛОГІЇ ТА ЗАХИСТУ ДОВКІЛЛЯ»	142
Ломазов П. К. ЕКСПРЕС-ОЦІНКА ЯКОСТІ ВОДИ МЕТОДОМ ГАЗОРОЗРЯДНОЇ ФОТОГРАФІЇ	143
Березняк О.О. ЕКОЛОГІЧНИЙ ТА ТОКСИКОЛОГІЧНИЙ ВПЛИВ ТОНКОДИСПЕРСНОЇ ЗОЛИ ВІНОСУ ТЕПЛОВИХ ЕЛЕКТРОСТАНЦІЙ	145
Кандзюба О.Ю. ПЛАСТИКОВІ ВІДХОДИ ЯК СИСТЕМНИЙ ЧИННИК ЗАГРОЗ ДЛЯ ДОВКІЛЛЯ ТА ЗДОРОВ'Я НАСЕЛЕННЯ	147
Коломієць А.М. РОЛЬ ЕКОЛОГІЧНИХ ЧИННИКІВ У РОЗВИТКУ ЗУБОЩЕЛЕПНИХ АНОМАЛІЙ	149
Міронов І.І. ОБҐРУНТУВАННЯ СТРАТЕГІЇ ЕКОЛОГІЧНОЇ РЕКУЛЬТИВАЦІЇ ЗЕМЕЛЬ ЗАПОРІЗЬКОЇ ОБЛАСТІ, ДЕГРАДОВАНИХ УНАСЛІДОК ВІЙСЬКОВИХ ДІЙ, ІЗ ЗАСТОСУВАННЯМ ДИСТАНЦІЙНОГО МОНІТОРИНГУ	151
Таврель М.І. БІОЛОГІЧНА ДЕГРАДАЦІЯ ТА ВІДНОВЛЕННЯ ҐРУНТІВ ПІД ВПЛИВОМ ДЕТОНАЦІЇ ВИБУХОВИХ РЕЧОВИН	154
Фірсова В.Е. УПРАВЛІННЯ ВІДХОДАМИ: АСПЕКТ ВІДХОДІВ ГІРНИЧОДОБУВНОЇ ПРОМИСЛОВОСТІ ТА ВІДНОВЛЕННЯ ЇХ РЕСУРСІВ	156
Москальов М.О. ОСОБЛИВОСТІ ВРАХУВАННЯ ФОРМ ВАЖКИХ МЕТАЛІВ-ЗАБРУДНЮВАЧІВ ПРИ ОЦІНЮВАННІ СТУПЕНЯ ЕКОЛОГІЧНОЇ НЕБЕЗПЕКИ ВНАСЛІДОК ПІДВИЩЕННЯ ЇХ МІГРАЦІЙНОЇ ЗДАТНОСТІ В ҐРУНТАХ УРБАНІЗОВАНИХ ТЕРИТОРІЙ	158
Melnychenko S., But Yan. TRANSFORMATION OF ZOOPLANTON UNDER THE INFLUENCE OF GLOBAL CLIMATE CHANGE (REVIEW)	160
Melnychenko S. G., Zhdymora S. O. ABIOTIC DETERMINANTS OF THE ECOLOGICAL SUSTAINABILITY OF WATER RESERVOIRS (USING THE EXAMPLE OF SMALL RESERVOIRS): A REVIEW	162
Дементьєва В. В., Шпакович Б. В. ВИРОБНИЦТВО САДИВНОГО МАТЕРІАЛУ ЯБЛУНІ ТА ВИМОГИ ДО НЬОГО	164
Ковальова В. А., Коханівський О. В. СОРТО-ПІДЩЕПНА КОМБІНАЦІЯ ЯК ЗАСІБ ІНТЕНСИФІКАЦІЇ САДІВНИЦТВА	166
Коханівський О. В., Шпакович Б. В. АДАПТИВНІСТЬ ЩЕПЛЕНОЇ ЯБЛУНІ ДО ОСНОВНИХ СТРЕС-ФАКТОРІВ ДОВКІЛЛЯ	168
Манаєнкова О.А., Шпакович Б. В. СУМІСНІСТЬ СОРТО-ПІДЩЕПНИХ КОМБІНАЦІЙ ЯБЛУНІ	170

Щербатюк А. Б., Ковальова В. А. ВПЛИВ СОРТО-ПІДЩЕПНИХ КОМБІНАЦІЙ НА БІОЛОГІЧНІ ТА ГОСПОДАРСЬКО-ЦІННІ ВЛАСТИВОСТІ ДЕРЕВ ЯБЛУНІ	172
Тур В.М. ОБҐРУНТУВАННЯ РЕЦЕПТУРИ ВИГОТОВЛЕННЯ ФІТОПЕЛЕТІВ ДЛЯ ФІТОРЕМЕДІАЦІЇ ЗЕМЕЛЬ	174
Гетта А.А. ФОРМУВАННЯ СТАБІЛЬНОГО СУБСТРАТНОГО СЕРЕДОВИЩА У КОНТРОЛЬОВАНІЙ ТЕХНОЛОГІЇ ВЕРМІКУЛЬТИВУВАННЯ	176
Аміров М.Г. ЕНЕРГОЕКОЛОГІЧНІ АСПЕКТИ АВТОНОМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ТИМЧАСОВИХ УКРИТТІВ В УМОВАХ НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЙ	178
Прус М.В. ЕНЕРГОЕФЕКТИВНЕ КЕРУВАННЯ МОДУЛЬНОЮ ВЕРТИКАЛЬНОЮ ТЕПЛИЦЕЮ ЗІ ЗМІННИМ ОБ'ЄМОМ	180
Сенчишин С.С. ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ВОДООХОРОННОЇ ДІЯЛЬНОСТІ ПІДПРИЄМСТВ З ВИГОТОВЛЕННЯ ТА ПЕРЕРОБКИ СВИНЦЕВИХ АКУМУЛЯТОРІВ	182
Фадєєв В.Ю. ОБҐРУНТУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНИХ РІШЕНЬ З ПЕРЕРОБКИ ВІДХОДІВ ВИДОБУТКУ ТА ЗБАГАЧЕННЯ ВУГІЛЛЯ	184
СЕКЦІЯ «БЕЗПЕКА ПРАЦІ»	186
Шошин Д.В., Муха О.А. РОЗРОБКА ШАХТАРСЬКОГО ФІЛЬТРУВАЛЬНОГО РЕСПІРАТОРА	187
Стрілець Д.А., Веретельникова Ю.Ю. КІБЕРСТІЙКІСТЬ СИСТЕМ АВТОМАТИЗОВАНОЇ ВИДАЧІ ЗІЗ ЯК ФАКТОР ГАРАНТОВАНОЇ БЕЗПЕКИ ПРАЦІ	189
Чемикос С.В. МІЩДЕЛЬ ІНТЕГРОВАНОЇ ОЦІНКИ ПРОФЕСІЙНИХ РИЗИКІВ У АГРОПРОМИСЛОВОМУ СЕКТОРІ З УРАХУВАННЯМ КОМБІНОВАНОГО ВПЛИВУ НЕБЕЗПЕЧНИХ ФАКТОРІВ	191
Гречка Н.В. КОНСТРУКТИВНО-ТЕХНОЛОГІЧНІ АСПЕКТИ БЕЗПЕЧНОЇ ІНТЕГРАЦІЇ ВОДНЮ У СУДНОВІ ЕНЕРГОУСТАНОВКИ	194
Гречка Н.В. АНАЛІЗ ПОЖЕЖНОЇ НЕБЕЗПЕКИ МАШИННИХ ВІДДІЛЕНЬ СУДЕН	196
Шуваєв П. Штучний інтелект – користь чи небезпека?	198
Єфіменко О.П. ЕФЕКТИВНІСТЬ ЗАСОБІВ ІНДИВІДУАЛЬНОГО ЗАХИСТУ ОРГАНІВ ДИХАННЯ: ПРОБЛЕМИ ТА ПЕРСПЕКТИВИ	200
Кравченко Б.Д. ОПТИМІЗАЦІЯ СИСТЕМИ ЗАХИСТУ ОРГАНІВ ДИХАННЯ НА ПІДПРИЄМСТВІ: ВІД ОЦІНКИ РИЗИКІВ ДО СТАНДАРТІВ ISO	202
Таран Я.С. АНАЛІЗ ТЕХНІЧНОЇ ДОКУМЕНТАЦІЇ ТА МАТЕРІАЛІВ РОЗСЛІДУВАННЯ НВ ЯК ДЖЕРЕЛО ДОКАЗІВ У СУДОВІЙ ЕКСПЕРТИЗІ	205
Ребрищева В.І. ВИКОРИСТАННЯ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ ДЛЯ КОНТРОЛЮ БЕЗПЕКИ ПРАЦІ НА ТРАНСПОРТНИХ ОБ'ЄКТАХ	208
Лапко К.А. УДОСКОНАЛЕННЯ ПРОЦЕСУ ОЦІНКИ ТА КЕРУВАННЯ РИЗИКАМИ ВТРАТ В ДИНАМІЧНОМУ СЕРЕДОВІЩІ	210
Жир Є.С. РОЗПІЗНАВАННЯ ПОЖЕЖІ ЗА ВТОРИННИМИ ОЗНАКАМИ ДЛЯ СИСТЕМ ВІДЕОСПОСТЕРЕЖЕННЯ	212
Штефан А.Ю. ВИКОРИСТАННЯ ПІДЗЕМНОГО РОЗМІЩЕННЯ, ЗОКРЕМА ІСНУЮЧИХ ГІРНИЧИХ ВИРОБОК, ДЛЯ КРИТИЧНО ВАЖЛИВИХ ВИРОБНИЦТВ	214
Штефан А.Ю. ЛІДЕРСТВО ПРАЦІВНИКІВ В СИСТЕМАХ УПРАВЛІННЯ ОХОРОНОЮ ЗДОРОВ'Я І БЕЗПЕКОЮ ПРАЦІ	218

СЕКЦІЯ «ЕЛЕКТРОЕНЕРГЕТИКА, ЕЛЕКТРОТЕХНІКА ТА ЕЛЕКТРОМЕХАНІКА»	221
Білоус Н.М. ВИКЛИКИ ТА ПЕРСПЕКТИВИ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНИХ СИСТЕМ УПРАВЛІННЯ MICROGRID	222
Теліпський Д.А. СТРУКТУРИ ЕЛЕКТРИЧНИХ СХЕМ СОНЯЧНИХ ЕЛЕКТРОСТАНЦІЙ	224
Морозов І.В. INNOVATIONS IN REACTIVE POWER COMPENSATION	226
Starovoitov A.L. PROSPECTS OF DIGITAL GRID CONTROL SYSTEMS	228
Халаїмов Т.О. СУЧАСНІ НАПРЯМИ ДОСЛІДЖЕНЬ АКУМУЛЯТОРНИХ БАТАРЕЙ ЕЛЕКТРОМОБІЛІВ ТА ЇХ ЗНАЧЕННЯ ДЛЯ УКРАЇНИ	230
Алексенко С.Д. МЕТЕОРОЛОГІЧНІ МОДЕЛІ ПРОГНОЗУВАННЯ ДЛЯ ПРЕДИКТИВНОЇ ОЦІНКИ ГЕНЕРАЦІЇ ФОТОЕЛЕКТРИЧНИХ СТАНЦІЙ	232
Knysh V.O. USE OF SWARM ROBOTIC PLATFORM TECHNOLOGY WITH THE AIM OF IMPROVING THE EFFICIENCY OF EMERGENCY RESPONSE SERVICES	235
Plahunov O.M. APPLICATION AND DEVELOPMENT TRENDS OF MECANUM WHEELS	238
Замкова О.А. ЕНЕРГЕТИЧНА ТРАНСФОРМАЦІЯ ВУГЛЕДОБУВНИХ ГРОМАД	241
Чайка Д.А. ІНСТРУМЕНТИ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ ДЛЯ ПРОГНОЗУВАННЯ РЕЖИМІВ ГЕНЕРАЦІЇ ЕЛЕКТРИЧНОЇ ЕНЕРГІЇ	243
Шихов С. К. ВПЛИВ СТАНУ ІЗОЛЯЦІЇ ПІДЗЕМНИХ СТАЛЕВИХ ТРУБОПРОВІДІВ НА РЕКОМЕНДОВАНИЙ ТИП ВИПРЯМЛЯЧА В СКЛАДІ СТАНЦІЇ КАТОДНОГО ЗАХИСТУ	245
Шлапко Р. О. СИСТЕМА КОМПЛЕКСНОГО ПІДВИЩЕННЯ ЕНЕРГЕТИЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ ПРИВОДУ НАСОСІВ ПІДКАЧКИ-ДООЧИСТКИ ВОДИ	248
Кошеленко А.О. СЦЕНАРІЇ ВИКОРИСТАННЯ УСТАНОВОК ЗБЕРІГАННЯ ЕЛЕКТРИЧНОЇ ЕНЕРГІЇ	251
Яловий О.О. ОБҐРУНТУВАННЯ СТРУКТУРИ ТА РЕЖИМІВ РОБОТИ ГІБРИДНОЇ ЕЛЕКТРОСТАНЦІЇ З ВІДНОВЛЮВАНИМИ ДЖЕРЕЛАМИ ЕНЕРГІЇ ТА НАКОПИЧУВАЧАМИ	254
Джур Р. В. ВИЗНАЧЕННЯ ВПЛИВУ ЗАЛИШКОВОГО ЗАРЯДУ НА РЕЗУЛЬТАТИ ОБСТЕЖЕННЯ КОРПУСНОЇ ІЗОЛЯЦІЇ ВИСОКОВОЛЬТНИХ ЕЛЕКТРОДВИГУНІВ	257
Литвинчук О.В. ПІДКРІПЛЮВАЛЬНЕ НАВЧАННЯ В ЗАДАЧАХ ОПТИМІЗАЦІЇ ЕНЕРГЕТИЧНИХ ПОТОКІВ ЕЛЕКТРИЧНИХ МЕРЕЖ З ВИКОРИСТАННЯМ ТЕХНОЛОГІЙ ІНТЕРНЕТУ РЕЧЕЙ	259
Замкова О.А. ЕНЕРГЕТИЧНА ТРАНСФОРМАЦІЯ ВУГЛЕДОБУВНИХ ГРОМАД	261
СЕКЦІЯ «КІБЕРФІЗИЧНІ ТА ІНФОРМАЦІЙНО-ВИМІРЮВАЛЬНІ СИСТЕМИ»	263
Івашенко Є.Д. ОБҐРУНТУВАННЯ РЕЖИМІВ ВИХРОСТРУМОВОГО НЕРУЙНІВНОГО КОНТРОЛЮ ТРУБ ПЕРВИННОГО РЕФОРМІНГУ ПЕЧІ 101-В АТ «ДНІПРОАЗОТ»	264
Гурбанов Р.А. ПІДХІД ДО ПОБУДОВИ ЦИФРОВОГО БЛИЗНЮКА ЕЛЕКТРОПРИЛАДУ НА ОСНОВІ ГРАФОВОЇ МОДЕЛІ ЗМІНИ СПОЖИВАНОЇ ПОТУЖНОСТІ	266
Продан Б.Ш. АЛГОРИТМ АВТОМАТИЧНОГО КЕРУВАННЯ ШВИДКІСТЮ ТЯГОВОГО ОРГАНУ ЗАБІЙНОГО СКРЕБКОВОГО КОНВЕЄРА НА ОСНОВІ ІДЕНТИФІКАЦІЇ РЕЖИМУ ГРАНИЧНОЇ ТРАНСПОРТУВАЛЬНОЇ ЗДАТНОСТІ	268

СЕКЦІЯ «ІНФОРМАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ ТА ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЇ»	270
Беліков Ю. Ю. ПОРІВНЯЛЬНИЙ АНАЛІЗ МЕТОДІВ ПРОСТОРОВОГО МОДЕЛЮВАННЯ КЛІТИННИХ СИСТЕМ: ОБЧИСЛЮВАЛЬНІ ПІДХОДИ ТА СУЧАСНІ ВИКЛИКИ	271
Holinko O., Kuznetsov O. INFORMATION SUPPORT FRAMEWORK FOR DEGASSING MONITORING AND CONTROL IN COAL MINES	273
Gorev V., Shedlovskaya Y., Shedlovsky I., Podliatska A. MFSD HEAVY-TAIL PROCESS PREDICTION BASED ON THE POLYNOMIALS ORTHOGONAL WITHOUT WEIGHT	275
Деретюк І.К. ГІБРИДНЕ УПРАВЛІНСЬКЕ СЕРЕДОВИЩЕ, ЯК ОПТИМІЗАЦІЯ ЕКОНОМІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ ІТ-ПРОЄКТІВ	276
Жабко О.С. СИНТЕЗ ІоТ-СИСТЕМИ АГРОМОНІТОРИНГУ ЗА ЯКІСТЮ ТА АКТУАЛЬНІСТЮ ДАНИХ	278
Загинайло Є.О. АНАЛІЗ АЛГОРИТМІВ DOA ДЛЯ МОДЕЛЮВАННЯ ЛОКАЛІЗАЦІЇ ДЖЕРЕЛА ЗВУКУ З ВИКОРИСТАННЯМ PYROOMACOUSTICS	280
Каштан В.Ю. КЛАСИФІКАЦІЯ ЗЕМНОГО ПОКРИВУ ЗА РАДАРНИМИ ДАНИМИ НА ОСНОВІ КВАНТОВОГО МАШИННОГО НАВЧАННЯ ЗІ ЗБЕРЕЖЕННЯМ ТЕНЗОРНОЇ СТРУКТУРИ ДАНИХ	282
Козін М.Д. ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ПАРАМЕТРІВ ІНТЕРВАЛЬНОГО УЗГОДЖЕННЯ ЗАПИТІВ НА ЗАПИС ДАНИХ НА ПРОМІЖНЕ ПРОГРАМНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ МУЛЬТИХМАРНИХ СИСТЕМ	284
Korotenko S. ADAPTIVE STRUCTURAL ATTENTION UNDER PROCESS DRIFT	286
Кривокопитов А.В. ІНТЕГРАЦІЯ МОДЕЛЕЙ ПРОГНОЗУВАННЯ ТА ОПТИМІЗАЦІЇ ЦІН НА ЕНЕРГОНОСІЇ: ІНФОРМАЦІЙНО-ТЕХНОЛОГІЧНИЙ ПІДХІД	288
Кучер П.В. ВИКОРИСТАННЯ МЕТОДІВ DATA SCIENCE У ЗАДАЧАХ ПРОГНОЗУВАННЯ БІЗНЕС-ПОКАЗНИКІВ	290
Лактіонов І.С. РЕЗУЛЬТАТИ МОДЕЛЮВАННЯ ТА ПОРІВНЯЛЬНОГО АНАЛІЗУ АЛГОРИТМІВ ПСЕВДОВИПАДКОВОГО ПЕРЕЛАНШТУВАННЯ ЧАСТОТИ В БЕЗДРОТОВИХ СИСТЕМАХ ЗВ'ЯЗКУ	291
Лисенко О. М. ПРАКТИЧНА РЕАЛІЗАЦІЯ АДАПТИВНОГО КЕРУВАННЯ ПРОЦЕСОМ 3D ДРУКУ НА БАЗІ EDGE AI СИСТЕМ	293
Миронов Ю.А. КІЛЬКІСНА ОЦІНКА НАКЛАДНИХ ВИТРАТ ПРОЦЕСІВ НЕПЕРЕРВНОЇ ІНТЕГРАЦІЇ В ЕФЕМЕРНИХ СЕРЕДОВИЩАХ	294
Миронюк М.В. ДОЦІЛЬНІСТЬ ВИКОРИСТАННЯ ПАРАМЕТРИЧНО КОМПАКТНИХ МОВНИХ МОДЕЛЕЙ У МОБІЛЬНИХ ПРОГРАМНИХ СИСТЕМАХ	296
Овчаренко М.А. МУЛЬТИМОДАЛЬНА ОБРОБКА ДАНИХ КОНТАКТ-ЦЕНТРУ З ВИКОРИСТАННЯМ МАШИННОГО НАВЧАННЯ	298
Павленко Є. В. ПОРІВНЯЛЬНИЙ АНАЛІЗ МОДЕРНОВИХ ENGLISH-ONLY ТА БАГАТОМОВНОЇ EMBEDDING-МОДЕЛЕЙ ДЛЯ АВТОМАТИЧНОГО ПОШУКУ ПІДСАНКЦІЙНИХ ОСІБ	300
Радіонов Є.Д., Каштан В.Ю. РОЗПІЗНАВАННЯ ВІЙСЬКОВИХ ОБ'ЄКТІВ НА АЕРОКОСМІЧНИХ ЗОБРАЖЕННЯХ З ВИКОРИСТАННЯМ SAR ДАНИХ	302
Rudskiy O.V. A NEURO-SYMBOLIC ARCHITECTURE FOR BUSINESS PROCESS CONFORMANCE CHECKING	304
Федоренко А.Є. РОЗПІЗНАВАННЯ СОНЯЧНИХ ПАНЕЛЕЙ НА АЕРОКОСМІЧНИХ ЗНІМКАХ ДЛЯ ОЦІНКИ ПОТЕНЦІАЛУ СОНЯЧНОЇ ЕНЕРГЕТИКИ В УКРАЇНІ	306
Tsukanova A. HOW TO COMBINE CLASSICAL LINEAR ALGEBRA AND COMPUTER TECHNOLOGIES	308

Цукур В.Г. ТЕОРЕТИЧНІ ОСНОВИ ТА СУЧАСНИЙ СТАН РОЗВИТКУ ГІБРИДНОГО УПРАВЛІННЯ ПРОЕКТАМИ	310
Шиян І.О. ФОРМУВАННЯ КОМПЕТЕНТНОСТІ МАЙБУТНІХ ПРОГРАМІСТІВ З МОБІЛЬНОЇ РОЗРОБКИ В УМОВАХ ПРОЄКТНОГО НАВЧАННЯ	312
Titov M.H. USING ARTIFICIAL INTELLIGENCE TECHNOLOGIES TO OPTIMIZE THE MANAGEMENT OF MUNICIPAL AND PRIVATE HEATING SYSTEMS	314
Olishevskiy I.H. PROGRAMMATIC DETECTION OF TEXTS GENERATED BY ARTIFICIAL INTELLIGENCE	316
Журавльова Ю.С., Корж О.Д. ЗАСТОСУВАННЯ АЛГОРИТМУ DBSCAN ДЛЯ КЛАСТЕРИЗАЦІЇ АСТРОФІЗИЧНИХ ОБ'ЄКТІВ	318

СЕКЦІЯ «ЕКОНОМІКА І УПРАВЛІННЯ» 320

Березний О.В. ІНТЕГРАЦІЯ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ ТА МАШИННОГО НАВЧАННЯ В СИСТЕМУ БУХГАЛТЕРСЬКОГО ОБЛІКУ	321
Бондаренко П.В. СУЧАСНЕ ЗАСТОСУВАННЯ УЗАГАЛЬНЕНИХ АДИТИВНИХ МОДЕЛЕЙ (GAM) ТА GAMM У СТРАХОВИХ КОМПАНІЯХ	323
Veretilnyk O. ECONOMIC TRANSFORMATION OF AFGHANISTAN AFTER 2021: CONSTRAINTS, RESOURCES, AND DEVELOPMENT PROSPECTS	325
Гнатчук О.В. РОЗВИТОК ЕКОНОМІЧНОГО ПОТЕНЦІАЛУ ПІДПРИЄМСТВА В УМОВАХ НЕОМОДЕРНІЗАЦІЇ	327
Гульчак О.М. ЕНЕРГЕТИЧНИЙ МЕНЕДЖМЕНТ У СИСТЕМІ ESG-ОРІЄНТОВАНОГО УПРАВЛІННЯ ПІДПРИЄМСТВОМ	329
Dervisheva B. GLOBALIZATION AND THE ROLE OF INTERNATIONAL ORGANIZATIONS IN SHAPING ECONOMIC AND POLITICAL ORDER: CHALLENGES AND CRITICISM	331
Захаров Д.М. МЕТОДОЛОГІЧНІ ПРОБЛЕМИ ОБЛІКУ МЕРЕЖЕВОГО КАПІТАЛУ В КОРПОРАТИВНИХ СТРУКТУРАХ	333
Ільченко В.І., Єжелей Ю.О. РОЗВИТОК СИСТЕМ ЕЛЕКТРОННОГО ДОКУМЕНТООБІГУ ЯК ІНСТРУМЕНТ ОПТИМІЗАЦІЇ УПРАВЛІНСЬКИХ РІШЕНЬ	335
Караїм В.П. СТРАТЕГІЧНІ ПРІОРИТЕТИ РОЗВИТКУ СТАЛОГО ЗЕМЕЛЬНОГО МЕНЕДЖМЕНТУ АГРОСФЕРИ	337
Кислякова Є.Ю., Єжелей Ю.О. ВПЛИВ ЦИФРОВИХ ПЛАТФОРМ НА ТРАНСФОРМАЦІЮ ФУНКЦІЙ МЕНЕДЖЕРА В СУЧАСНОМУ БІЗНЕСІ	339
Краліч Є.Р. ІННОВАЦІЙНИЙ ЦИКЛ В ОБОРОННО-ПРОМИСЛОВОМУ КОМПЛЕКСІ УКРАЇНИ: КЛЮЧОВІ ВИКЛИКИ ТА ЧИННИКИ ВПЛИВУ ВОЄННОГО СТАНУ	341
Макуха Р.С. МІЖНАРОДНИЙ ДОСВІД ЦИФРОВІЗАЦІЇ ТА ЇХ ВПЛИВ НА ОБЛІК БУДІВЕЛЬНИХ ПІДПРИЄМСТВ	343
Михальський Є.В. ПРОГНОЗУВАННЯ ФІНАНСОВО-ЕКОНОМІЧНИХ ПОКАЗНИКІВ ДІЯЛЬНОСТІ ПІДПРИЄМСТВА В УМОВАХ НЕВИЗНАЧЕНОСТІ	345
Осадчий М.Л. ЕКОНОМІЧНИЙ ВПЛИВ МОРСЬКИХ ПОРТІВ УКРАЇНИ НА УРБАНІЗАЦІЙНІ ПРОЦЕСИ В ПРИБЕРЕЖНИХ РЕГІОНАХ	347
Переволоцька В. С. СУЧАСНІ ПРОБЛЕМИ АУДИТУ ТА ФІНАНСОВОГО КОНТРОЛЮ	349
Поліщук В.О. ФІНАНСОВО-ЕКОНОМІЧНІ ІНСТРУМЕНТИ СТИМУЛЮВАННЯ «РОЗУМНОЇ УРБАНІЗАЦІЇ» У ПОРТОВИХ МІСТАХ УКРАЇНИ	351
Просвірніков М. В. ОСОБЛИВОСТІ ВИКОРИСТАННЯ AI-АГЕНТІВ У СИСТЕМІ МІЖНАРОДНИХ АВТОМОБІЛЬНИХ ПЕРЕВЕЗЕНЬ	353
Тихоплав В.І. РОЗВИТОК ЦИРКУЛЯРНИХ ІНДУСТРІАЛЬНИХ КЛАСТЕРІВ: МОЖЛИВОСТІ ДЛЯ УКРАЇНИ В УМОВАХ ЄВРОІНТЕГРАЦІЇ	355

Хомюк Н. Л. ІНСТРУМЕНТИ СТРАТЕГІЧНОГО УПРАВЛІННЯ ВІДНОВЛЕННЯМ ПОШКОДЖЕНИХ ЗЕМЕЛЬ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКОГО ПРИЗНАЧЕННЯ НА ЗАСАДАХ СТАЛОГО ТА ІНКЛЮЗИВНОГО РОЗВИТКУ	357
Анпілогов А.О. СУЧАСНА ЕКОНОМІЧНА ПАРАДИГМА ХХІ СТОЛІТТЯ: ЦИФРОВІЗАЦІЯ, ДАНІ, УВАГА, МЕРЕЖІ ТА СТАЛИЙ РОЗВИТОК	359
Білецький Я.О. ІНСТИТУЦІЙНА АДАПТАЦІЯ ТА СТРАТЕГІЧНІ НАПРЯМИ РОЗВИТКУ БІЗНЕС-ЕКОСИСТЕМ УКРАЇНИ В УМОВАХ ЄВРОІНТЕГРАЦІЇ	361
Кривий І.О. ЛЮДСЬКИЙ ПОТЕНЦІАЛ ПІДПРИЄМСТВ ПРОМИСЛОВОСТІ В УМОВАХ ВІЙНИ ТА ЦИФРОВОЇ ТРАНСФОРМАЦІЇ	363
Сурган В.В. АНАЛІЗ СТАНУ ГАРМОНІЗАЦІЇ ФІНАНСОВОЇ ЗВІТНОСТІ В УКРАЇНІ, ПЕРСПЕКТИВИ ЇЇ РОЗВИТКУ І УДОСКОНАЛЕННЯ В СИСТЕМІ АУДИТУ ТА КОНТРОЛЮ	365
СЕКЦІЯ «ГУМАНІТАРНІ НАУКИ»	369
Андрєєв С.С., Гризлов В.С. ЦИФРОВА ГУМАНІТАРНИСТИКА: НОВІ МЕТОДИ ЗБЕРЕЖЕННЯ КУЛЬТУРНОЇ СПАДЩИНИ	370
Андрєєв С.С., Лесяк Д.А. ІСТОРИЧНА ПАМ'ЯТЬ ЯК ІНСТРУМЕНТ КОНСОЛІДАЦІЇ СУЧАСНОГО СУСПІЛЬСТВА	372
Андрєєв С.С., Лобас А.А. ТРАНСФОРМАЦІЯ СОЦІОКУЛЬТУРНОЇ ІДЕНТИЧНОСТІ В УМОВАХ ГЛОБАЛЬНОЇ ЦИФРОВІЗАЦІЇ	374
Андрєєв С.С., Малявіна М.О. МОВНІ СТРАТЕГІЇ ПОДОЛАННЯ КРИЗОВИХ СТАНІВ У СУЧАСНІЙ КОМУНІКАЦІЇ	376
Андрєєв С.С., Павленко В.С. ПСИХОЛОГІЧНА СТІЙКІСТЬ ОСОБИСТОСТІ В УМОВАХ ТРИВАЛОЇ СОЦІАЛЬНОЇ НЕСТАБІЛЬНОСТІ	378
Андрєєв С.С., Ющенко А. О. ЕТИЧНІ ВИМІРИ ВПРОВАДЖЕННЯ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ В ОСВІТНІЙ ПРОЦЕС	380
Rahnfeld M. NATURAL TRANSFORMATIONS AND THE CONCEPT OF ESSENCE	382
Базь Л.О. ТЕЛЕСЕРІАЛ ЯК АГЕНТ СОЦІАЛІЗАЦІЇ: ПСИХОЛОГІЧНІ АСПЕКТИ РЕЦЕПЦІЇ МЕДІАКОНТЕНТУ ПІДЛІТКАМИ	384
Білоус О. Л. ГЕНДЕРНІ АСПЕКТИ ДОМАШНЬОГО НАСИЛЬСТВА В СІМ'ЯХ ВETERANІВ ВІЙНИ	386
Блейхер О.Д. ВІД ЗАКОНУ ПЕРШОЇ ФІЛОСОФІЇ ДО ЩАСЛИВОГО ЖИТТЯ	388
Карастан С. К. ТІНЬОВА ЕКОНОМІКА В СИСТЕМІ СУЧАСНИХ СУСПІЛЬНИХ ІНСТИТУТІВ: ФІЛОСОФСЬКИЙ ВИМІР	390
Lapko A. WHITEHEAD'S THEORY OF SYMBOLIC REFERENCE IN AI-INDUCED PSYCHOSIS	393
Laszko S. W. GNOSTIC IDEAS IN THE CHRISTIAN WORLDVIEW: HISTORY AND CONTEMPORARY RELEVANCE	395
Семенов М.В. ЕМПІРИЧНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ ДОЦІЛЬНОСТІ ВПРОВАДЖЕННЯ ЕЛЕКТРОННОГО НАВЧАЛЬНОГО ПОСІБНИКА В ДИСЦИПЛІНУ «ІНЖЕНЕРНА ПІДГОТОВКА»	397
Чабан Н. А. ТІНЬОВІ ПРАКТИКИ У СФЕРІ БІОТЕХНОЛОГІЧНОГО ПІДПРИЄМНИЦТВА: СОЦІОКУЛЬТУРНИЙ ТА ЕТИКО-ФІЛОСОФСЬКИЙ АНАЛІЗ	399
Коваль Т. О. ОСОБЛИВОСТІ РОБОТИ З УЧНЯМИ ІЗ ЗАТРИМКОЮ ПСИХІЧНОГО ТА МОВЛЕННЄВОГО РОЗВИТКУ НА УРОКАХ ФІЗИЧНОЇ КУЛЬТУРИ В СЕРЕДНІЙ ТА СТАРШІЙ ШКОЛІ	401

СЕКЦІЯ «ІНЖИНІРИНГ І ДИЗАЙН В МАШИНОБУДУВАННІ»	402
Гайдар В.В. ФОРМУВАННЯ КОНЦЕПЦІЇ ТА МЕТОДОЛОГІЇ ЦИФРОВОГО ТЕСТУВАННЯ ПРОЦЕСУ УКЛАДАННЯ СТАЛЕВОГО КАНАТА НА КАНАТОМІСТКИЙ БАРАБАН ШАХТНОЇ ПІДЙОМНОЇ МАШИНИ	403
Старовойт Р.В. ЗАСТОСУВАННЯ ГАЗОСТРУМИННОГО ІНЖЕКТОРА ДЛЯ ВИ	405
СЕКЦІЯ «ГІРНИЧА ПРОМИСЛОВІСТЬ ТА ГЕОІНЖЕНЕРІЯ»	408
Шека І.В., Клімов Д.Г. АНАЛІЗ РОЗВИТКУ ЦИРКУЛЯРНОЇ ЕКОНОМІКИ В ГІРНИЧОМУ ВИРОБНИЦТВІ	409
Саїк П.Б. СИСТЕМАТИЗАЦІЯ ДОСВІДУ ТА ФОРМУВАННЯ НАУКОВИХ ЗАСАД ГАЗИФІКАЦІЇ ВІДХОДІВ ВУГЛЕВИДОБУТКУ	411
Хорольський А.О. МЕТОДИКА ВИЗНАЧЕННЯ КОЕФІЦІЄНТУ ГОТОВНОСТІ ТЕХНОЛОГІЧНИХ СХЕМ ВУГІЛЬНИХ ШАХТ	413
Кравченко О.Г., Мовчан І.Д. АНАЛІЗ ВИДОБУТКУ РІДКІСНИХ ТА РІДКОЗЕМЕЛЬНИХ ЕЛЕМЕНТІВ ІЗ ВУГІЛЬНИХ ТА ТЕХНОГЕННИХ РОДОВИЩ	415
Саїк П.Б. ПЕРЕДУМОВИ ВПРОВАДЖЕННЯ ПРИНЦИПІВ ЦИРКУЛЯРНОЇ ЕКОНОМІКИ У ТЕХНОЛОГІЇ ВИДОБУТКУ КОРИСНИХ КОПАЛИН	417
Хорольський А.О., Шека І.В., Мамайкін О.Р. ВИБІР СТРАТЕГІЇ ТРАНСФОРМАЦІЇ ВУГЛЕПРОМИСЛОВИХ РЕГІОНІВ УКРАЇНИ НА ОСНОВІ МЕТОДУ АНАЛІЗУ ІЄРАРХІЙ	419
Малашкевич Д.С., Козій Є.С., Лантух Д.О. СВІТОВИЙ ДОСВІД ВПРОВАДЖЕННЯ ПРИНЦИПІВ ЦИРКУЛЯРНОЇ ЕКОНОМІКИ У ГІРНИЧІЙ ПРОМИСЛОВOSTІ ТА ПЕРСПЕКТИВИ ЇХ ЗАСТОСУВАННЯ В УКРАЇНІ	421
СЕКЦІЯ «ПУБЛІЧНЕ УПРАВЛІННЯ ТА АДМІНІСТРУВАННЯ»	423
Буштрук Є. ФІСКАЛЬНА МЕДІАЦІЯ ЯК ІННОВАЦІЙНИЙ МЕХАНІЗМ РЕАЛІЗАЦІЇ ДЕРЖАВНОЇ ФІСКАЛЬНОЇ ПОЛІТИКИ В УМОВАХ ВОЄННОГО СТАНУ	424
Гладков К.Ю. НЕДЕРЖАВНІ ОРГАНІЗАЦІЇ (NGO) ЯК НАДАВАЧІ СОЦІАЛЬНИХ ПОСЛУГ В УКРАЇНІ	426
Гречуха А.С. СТАН ТА ОСОБЛИВОСТІ ПУБЛІЧНОГО УПРАВЛІННЯ КОСМІЧНОЮ ГАЛУЗЗЮ УКРАЇНИ В УМОВАХ ПРАВОВОГО РЕЖИМУ ВОЄННОГО СТАНУ	428
Живага О. В. ЗНАЧЕННЯ ЕМПІРИЧНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ У ФОРМУВАННІ ПРОФЕСІЙНОГО СЕРЕДОВИЩА ПІДПРИЄМСТВ ВУГІЛЬНОЇ ГАЛУЗІ В УКРАЇНІ	430
Кіслов О. В. ЛІДЕРСТВО НА ПУБЛІЧНІЙ СЛУЖБІ ЯК КЛЮЧОВИЙ ЧИННИК ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЕФЕКТИВНОЇ ДІЯЛЬНОСТІ ОРГАНІВ ПУБЛІЧНОЇ ВЛАДИ	432
Корсун В. В. МЕТОДОЛОГІЧНІ ЗАСАДИ ДОСЛІДЖЕННЯ МЕРЕЖЕВИХ МЕХАНІЗМІВ У ПУБЛІЧНОМУ УПРАВЛІННІ	434
Косоногов Д.Д. ІНФОРМАЦІЙНІ ІНДИКАТОРИ СОЦІАЛЬНО-ЕКОНОМІЧНОГО РОЗВИТКУ ТЕРИТОРІЙ.	436
Магиляс Ю. В. БЛОКЧЕЙН-ТЕХНОЛОГІЇ В СИСТЕМІ ПУБЛІЧНОГО УПРАВЛІННЯ	438
Мацак В.В. ІНСТИТУЦІЙНІ МОДЕЛІ МІСЦЕВОГО САМОВРЯДУВАННЯ В КОНТЕКСТІ ПОВОЄННОГО ВІДНОВЛЕННЯ: ЗАРУБІЖНИЙ ДОСВІД ТА МОЖЛИВОСТІ АДАПТАЦІЇ В УКРАЇНІ	440
Осадчий М.Л. ПУБЛІЧНЕ УПРАВЛІННЯ РОЗВИТКОМ ПОРТОВИХ МІСТ УКРАЇНИ В УМОВАХ ДЕЦЕНТРАЛІЗАЦІЇ	442

Полішко М.С. МАТРИЦЯ ЦИФРОВОЇ ЗРІЛОСТІ ЗАКЛАДІВ ФАХОВОЇ ПЕРЕДВИЩОЇ ОСВІТИ ЯК ІНСТРУМЕНТ ПУБЛІЧНОГО УПРАВЛІННЯ	444
Пономаренко М. ФУНКЦІОНАЛЬНИЙ ЗМІСТ ДІЯЛЬНОСТІ ОРГАНІВ МІСЦЕВОГО САМОВРЯДУВАННЯ У СФЕРІ БЛАГОУСТРОЮ В УМОВАХ ПОВОЄННОГО ВІДНОВЛЕННЯ УКРАЇНИ	446
Руснак А.А. КРІ ТА PERFORMANCE MANAGEMENT У ДЕРЖАВНИХ ОРГАНАХ: СУЧАСНІ ЦИФРОВІ ПІДХОДИ	449
Сухоруков О. І., Шпекторенко І. В. МЕТОДОЛОГІЧНА ІНТЕГРАЦІЯ ПОЛІТИЧНОГО МЕНЕДЖМЕНТУ ТА СТРУКТУРИ УПРАВЛІНСЬКОЇ ДІЯЛЬНОСТІ	451
Шебанов В.А. ГРОМАДЯНСЬКЕ СУСПІЛЬСТВО ЯК АГЕНТ РОЗВИТКУ ЦИФРОВОЇ ДЕМОКРАТІЇ	454
СЕКЦІЯ «ПРАВО»	456
Завгородній М.О. ТРАНСКОРДОННЕ ВИЗНАННЯ ПРОЦЕДУР БАНКРУТСТВА: ПРОБЛЕМА АДАПТАЦІЇ ЗАКОНОДАВСТВА УКРАЇНИ ДО СТАНДАРТІВ ЮНСІТРАЛ ТА ЄС	457
Tiuria Yu.I., Makhova L.O. ADVANTAGES AND ESSENCE OF MARRIAGE REGISTRATION THROUGH THE “ДПА” PORTAL	460
Бойчук М.М. АКТУАЛЬНІ ПРОБЛЕМИ РЕАЛІЗАЦІЇ КАДРОВОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ У НАЦІОНАЛЬНІЙ ПОЛІЦІЇ УКРАЇНИ ТА ШЛЯХИ ЇХ ПОДОЛАННЯ	463
Біла А.В. РОЛЬ ПОЧЕРКОЗНАВЧОЇ ЕКСПЕРТИЗИ У ЗАБЕЗПЕЧЕННІ ДОКАЗУВАННЯ ПІД ЧАС РОЗГЛЯДУ ЦИВІЛЬНИХ СПРАВ ЩОДО ЗАХИСТУ МАЙНОВИХ ПРАВ	465
Лисюк О.Г. СПОСОБИ ВИРІШЕННЯ СПОРІВ У СФЕРІ ВИКОРИСТАННЯ НАДР	468
Черниш М. В. ПРОБЛЕМИ ДОКАЗУВАННЯ В ЦИВІЛЬНОМУ ПРОЦЕСІ ЗА СУЧАСНИХ УМОВ	472
Беликов В.І. РЕАЛІЗАЦІЯ АДМІНІСТРАТИВНИХ ПРОЦЕДУР У СФЕРІ ДЕРЖАВНОЇ РЕЄСТРАЦІЇ РЕЧОВИХ ПРАВ НА НЕРУХОМЕ МАЙНО В УКРАЇНІ	475
Пікінер М. О. ВІДШКОДУВАННЯ ВИТРАТ НА ПРАВНИЧУ ДОПОМОГУ В ЦИВІЛЬНОМУ СУДОЧИНСТВІ: СУЧАСНІ ТЕНДЕНЦІЇ ТА ПРОБЛЕМИ ЗАСТОСУВАННЯ	477
Махова Л.О. СПЛАТА ПДФО ЮРОСОБОЮ ЩОДО НАЙМАНИХ ПРАЦІВНИКІВ ЗА НЕОСНОВНИМ МІСЦЕМ ОБЛІКУ	479
Пікінер М. О. PARTICULARLY IMPORTANT CASES CONCERNING CORRUPTION OFFENSES AND THREATS TO NATIONAL SECURITY	481
Сисак В.Т. СУТНІСТЬ КРИМІНАЛЬНО-ПРАВОВОГО КОНФЛІКТУ	483
Пікінер М. О. СУЧАСНА ПРАКТИКА ВІДШКОДУВАННЯ ВИТРАТ НА ПРАВНИЧУ ДОПОМОГУ В ЦИВІЛЬНОМУ СУДОЧИНСТВІ УКРАЇНИ	485
Красільников В.П. ГЕНДЕРНИЙ ПІДХІД У ВОГНЕВІЙ ПІДГОТОВЦІ ПРАВООХОРОНЦІВ: АКТУАЛЬНІ ПРОБЛЕМИ ДЛЯ УКРАЇНИ	488
Махова Л.О. ПОРЯДОК НАРАХУВАННЯ ТА ВИПЛАТИ ЗАРОБІТНОЇ ПЛАТИ	490
Черниш М. В. ПОРІВНЯЛЬНИЙ АНАЛІЗ ЦИВІЛЬНОГО ПРОЦЕСУАЛЬНОГО ЗАКОНОДАВСТВА УКРАЇНИ ТА ЄС	492
Бойчук М.М. РОЛЬ АДМІНІСТРАТИВНО-ПРАВОВИХ НОРМ У ЗАБЕЗПЕЧЕННІ ДИСЦИПЛІНАРНОЇ ВІДПОВІДАЛЬНОСТІ ТА ДОБРОЧЕСНОСТІ ПОЛІЦЕЙСЬКИХ	495
Makhova L.O. FAMILY MEDIATION	497
Заболотна І.Є. ПРАВОПОРУШЕННЯ У СФЕРІ ДОРОЖНЬО-ТРАНСПОРТНИХ ПРИГОД ТА ПОЗБАВЛЕННЯ ПРАВА КЕРУВАТИ ТРАНСПОРТНИМИ	499

ЗАСОБАМИ, ЯК ДОДАТКОВЕ ПОКАРАННЯ: СУДОВА ПРАКТИКА УКРАЇНИ ТА ПРАКТИКА ЄСПЛ

СЕКЦІЯ «МАТЕРІАЛОЗНАВСТВО ТА ТЕХНІЧНА ЕСТЕТИКА»	503
Слупська Ю.С., Заморена Н.В. ОЦІНКА ВИТРИВАЛОСТІ ТА СТАТИЧНОЇ МІЦНОСТІ ЗУБНИХ ІМПЛАНТАТІВ З ЦИРКОНІЮ І ТИТАНУ В ЕКСТРЕМАЛЬНИХ УМОВАХ	504
Слупська Ю.С. АНАЛІТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ НАВАНТАЖЕНОГО СТАНУ ЕНДОДОНТИЧНОГО ІНСТРУМЕНТА Н-ФАЙЛ У КОРЕНЕВОМУ КАНАЛІ	507
Ліхацький І.Ф. ОБМЕЖЕНІСТЬ ІНТЕГРАЛЬНИХ ТЕРМОДИНАМІЧНИХ КРИТЕРІЇВ ПРИ ПРОГНОЗУВАННІ ФАЗОВОГО СТАНУ AL-ВМІСНИХ БАГАТОКОМПОНЕНТНИХ СПЛАВІВ	511
Слупська Ю.С., Монахова К.В. АНАЛІЗ ПРОЦЕСІВ РУЙНУВАННЯ ТИТАНОВИХ ІМПЛАНТАТІВ НА ОСНОВІ МІКРОСТРУКТУРНОГО АНАЛІЗУ	514
Колосов Д.Л., Онищенко С.В. ВСТАНОВЛЕННЯ ВПЛИВУ ПАРАМЕТРІВ СТРУКТУРНО-ВАНТОВИХ ШАРУВАТИХ КОМПОЗИТНИХ ТЯГОВИХ ОРГАНІВ НА ЇХНІЙ НАПРУЖЕНО-ДЕФОРМОВАНИЙ СТАН МЕТОДАМИ ЧИСЕЛЬНОГО МОДЕЛЮВАННЯ	517
Слупська Ю.С., Романець М.Р. РОЗРАХУНКОВО-ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНА ОЦІНКА ВТРАТИ МАСИ ЕНДОДОНТИЧНИХ ІНСТРУМЕНТІВ У МОДЕЛЬНИХ СЕРЕДОВИЩАХ	519
Соколовський М.В., Бернацький А.В. ЛАЗЕРНЕ НАПЛАВЛЕННЯ КОНСТРУКТИВНИХ ЕЛЕМЕНТІВ НА ТОНКОСТІННІ ДЕТАЛІ З ВИСОКОЛЕГОВАНИХ КОРОЗІЙНОСТІЙКИХ СТАЛЕЙ	522
Юрченко Ю.В., Бернацький А.В. ВПЛИВ ПАРАМЕТРІВ ЛАЗЕРНОГО ЗВАРЮВАННЯ НА РОЗМІРИ СТРУКТУРНИХ СКЛАДОВИХ КОРОЗІЙНОСТІЙКОЇ СТАЛІ AISI 304	524
Slupska Yu.S. MICROSTRUCTURAL CHANGES IN THE SURFACE OF THE «PULP EXTRACTOR» TOOL (1Kh18N9 STEEL) AFTER EXPOSURE TO LACTIC ACID	526
Лакша В.М., Бекетов О.В., Опанасенко А.А., Лаухін Д.В., Пачьковський А.О. АНАЛІЗ ТЕХНОЛОГІЧНИХ СХЕМ ВИРОБНИЦТВА НИЗЬКОВУГЛЕЦЕВИХ НИЗЬКОЛЕГОВАНИХ СТАЛЕЙ З ФОРМУВАННЯМ БЕЙНІТНОЇ СТРУКТУРИ	529
Бекетов О.В., Нестеренкин О.О., Кузнецов С.В., Мамчур Д.І., Мосейченко Д.В. ОСОБЛИВОСТІ ЗСУВНОГО МЕХАНІЗМУ ФОРМУВАННЯ СТРУКТУРИ НИЗЬКОВУГЛЕЦЕВИХ НИЗЬКОЛЕГОВАНИХ СТАЛЕЙ	532
Лаухін Д.В., Зіннер В.А., Бекетов О.В., Тиквенко П.А., Радько О.В. ОСОБЛИВОСТІ МЕХАНІЗМІВ РУЙНУВАННЯ НИЗЬКОВУГЛЕЦЕВИХ НИЗЬКОЛЕГОВАНИХ СТАЛЕЙ	535
Пілюгін Є.Д., Лаухін Д.В. СТРУКТУРНІ ОСОБЛИВОСТІ БУДОВИ МІЖФАЗНИХ ГРАНИЦЬ МІЖ МАТРИЦІЄЮ ТА ВОЛОКНАМИ В КОМПОЗИТНІЙ АРМАТУРІ	537
Колеснікова Т.М., Москаленко А.С. ЕРГОНОМІЧНІ АСПЕКТИ КОГНІТИВНОГО НАВАНТАЖЕННЯ ВОДІЯ ПРИ ВИКОРИСТАННІ ПРОЄКЦІЙНИХ ДИСПЛЕЇВ (HUD)	539
Kolosov D., Antonova K. ANALYTICAL MODELING OF RIGID FIBER INTERACTION IN AN ORTHOTROPIC COMPOSITE ROPE	542
Колосов Д.Л., Черниш П.В. НАПРУЖЕНО-ДЕФОРМОВАНИЙ СТАН ГУМОТРОСОВОГО КАНАТА З ТРОСАМИ РІЗНОЇ ЖОРСТКОСТІ ПРИ ОСЬОВОМУ РОЗТЯГУ	546

СЕКЦІЯ «ПІДПРИЄМНИЦТВО ТА ТОРГІВЛЯ»	549
Бойко О.О. ВНУТРІШНІ ЧИННИКИ ВПЛИВУ НА ПРИЙНЯТТЯ РІШЕНЬ В БУДІВЕЛЬНОМУ БІЗНЕСІ	550
Велюс Д.О. МАШИНОБУДІВНА ГАЛУЗЬ В УМОВАХ ВІЙНИ ТА НАПРЯМИ ВІДНОВЛЕННЯ	551
Горпинич А.О. ФАНДРАЙЗИНГ ЯК ІНСТРУМЕНТ ЗАЛУЧЕННЯ ФІНАНСОВОГО РЕСУРСУ ДЛЯ РОЗВИТКУ ЗАКЛАДІВ СФЕРИ NORECA	553
Госалов Ю.С. ІНСТРУМЕНТИ ПІДВИЩЕННЯ КОНКУРЕНТОСПРОМОЖНОСТІ ПІДПРИЄМСТВ ПРИ ВСТУПІ ДО ЄС	554
Замкова В.В. ОСОБЛИВОСТІ ВЗАЄМОДІЇ ЗАЦІКАВЛЕНИХ СТОРІН У ПРОЕКТАХ СТАЛОГО РОЗВИТКУ	555
Косинський П.А. БІЗНЕС-СТРАТЕГІЇ АДАПТАЦІЇ ПІДПРИЄМСТВ ДО МІНЛИВОСТІ ЗМІН ЗОВНІШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА	557
Кукулюк О.І. УПРАВЛІННЯ БІЗНЕС-ПРОЦЕСАМИ ПІДПРИЄМНИЦЬКОГО УНІВЕРСИТЕТУ	559
Невенченко А.А., Перегон С.В. ПІДХОДИ ДО ОЦІНЮВАННЯ ВАРТОСТІ БІЗНЕСУ ТА ОСОБЛИВОСТІ ЇХ ЗАСТОСУВАННЯ В УКРАЇНІ	561
Осадчий М.Л. МОРСЬКІ ПОРТИ УКРАЇНИ ЯК ДРАЙВЕРИ МІЖНАРОДНОЇ ТОРГІВЛІ ТА ЗРОСТАННЯ МІСЬКОЇ ІНФРАСТРУКТУРИ	563
Подзєга О.П. ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЕКОНОМІЧНОЇ БЕЗПЕКИ ПІДПРИЄМСТВА ПРИ ЗАСТОСУВАННІ ФОРЕНЗІК-СЕРВІСУ: СВІТОВИЙ ДОСВІД ТА УКРАЇНА	565
Поліщук В.О. СУЧАСНІ ПРОБЛЕМИ ІНВЕСТИЦІЙНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ПІДПРИЄМНИЦЬКОЇ ДІЯЛЬНОСТІ У СФЕРІ ВОДНОГО ТРАНСПОРТУ УКРАЇНИ	566
Тищенко Ю. А. ВПЛИВ ІМІДЖУ НА ЕФЕКТИВНІСТЬ ДІЯЛЬНОСТІ ПІДПРИЄМСТВА	568
СЕКЦІЯ «ТУРИЗМ, РЕКРЕАЦІЯ ТА ГОСТИННІСТЬ»	571
Платонова Д.Ю. ФОРМУВАННЯ РЕКЛАМНОЇ КАМΠΑНІЇ У СФЕРІ ТУРИЗМУ ДНІПРОВСЬКОГО РЕГІОНУ	572
Bieloborodova M., Paliienko A. INDUSTRIAL HERITAGE AS A DRIVER OF TERRITORIAL BRANDING AND TOURISM COMPETITIVENESS	574
Апонюк Д.І. СТВОРЕННЯ ТУРИСТИЧНОГО АГЕНТСТВА В УМОВАХ СУЧАСНОГО РИНКУ	576
Герасименко Т.В. ЦИФРОВІЗАЦІЯ ГОТЕЛЬНО-РЕСТОРАННОГО БІЗНЕСУ В УКРАЇНІ ШЛЯХОМ ДОСТУПНОЇ АДАПТАЦІЇ МІЖНАРОДНИХ ІННОВАЦІЙ	578
Гнип І. Г. ІННОВАЦІЙНІ ПІДХОДИ ДО ОРГАНІЗАЦІЇ КЕЙТЕРИНГУ У РЕАБІЛІТАЦІЙНИХ ЦЕНТРАХ ДЛЯ ВІЙСЬКОВОСЛУЖБОВЦІВ	580
Григор'єва В.В. ФОРМУВАННЯ КЛІЄНТООРІЄНТОВАНОЇ СТРАТЕГІЇ ГОТЕЛЬНИХ ПІДПРИЄМСТВ	582
Павлюк А.М., Гречко А.Р. ШЛЯХИ ПОЛІПШЕННЯ ЕКОЛОГІЧНОГО УПРАВЛІННЯ В УКРАЇНСЬКІЙ ІНДУСТРІЇ ГОСТИННОСТІ	584
Самарцева А.Б. ЕКОЛОГІЗАЦІЯ ДІЯЛЬНОСТІ ПІДПРИЄМСТВ РЕСТОРАННОГО ГОСПОДАРСТВА В УМОВАХ СТАЛОГО РОЗВИТКУ	586
Шаповал В.А. ІНДУСТРІАЛЬНА СПАДЩИНА ЯК ТУРИСТИЧНИЙ РЕСУРС	588
Кислий А.О. ІНТЕГРОВАНІЙ РОЗВИТОК ТУРИСТИЧНИХ ТЕРИТОРІЙ УКРАЇНИ В УМОВАХ ПІСЛЯВОЄННИХ ТРАНСФОРМАЦІЙ	590

СЕКЦІЯ «МАРКЕТИНГОВІ ТЕХНОЛОГІЇ. СУСПІЛЬНІ КОМУНІКАЦІЇ. МЕДІА СТУДІЇ»	592
Дейнега К.В. МАРКЕТИНГОВА ОРІЄНТАЦІЯ ЯК ПРИКЛАДНИЙ МЕХАНІЗМ УПРАВЛІННЯ РОЗВИТКОМ СОЦІАЛЬНИХ ПІДПРИЄМСТВ	593
Таран А. Ю. ЦИФРОВІ КОМУНІКАЦІЇ БЛАГОДІЙНИХ ОРГАНІЗАЦІЙ: ОЦІНКА ЕФЕКТИВНОСТІ КОНТЕНТ-СТРАТЕГІЙ У СОЦМЕРЕЖАХ	595
Мекушкін В.Д. ОСОБЛИВОСТІ ПРОСУВАННЯ ПІДПРИЄМСТВ У СФЕРІ ПОСЛУГ В УМОВАХ ЦИФРОВІЗАЦІЇ	597
Черкасова М.В. ОСОБЛИВОСТІ ПОВЕДІНКИ СПОЖИВАЧІВ НА РИНКУ ДИТЯЧОГО ХАРЧУВАННЯ: ПОЄДНАННЯ РАЦІОНАЛЬНИХ ТА ЕМОЦІЙНИХ ФАКТОРІВ	599
СЕКЦІЯ «ПЕРСПЕКТИВИ ОСВОЄННЯ КРИТИЧНОЇ МІНЕРАЛЬНОЇ СИРОВИНИ В УКРАЇНІ ТА ЄВРОПЕЙСЬКОМУ СОЮЗІ»	601
Чайка В.Є. ЕКОЛОГІЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ КОМПЛЕКСНОЇ ПЕРЕРОБКИ ПОБУТОВИХ ХІМІЧНИХ ДЖЕРЕЛ СТРУМУ	602
Білоштан П.Є. ПЕРСПЕКТИВИ ОСВОЄННЯ ТИТАНУ З РОДОВИЩ КРИТИЧНОЇ МІНЕРАЛЬНОЇ СИРОВИНИ УКРАЇНИ	604
Пінчук С.А., Шаповал М.О. ПОВЕДІНКА ГЕРМАНІЮ ПІД ЧАС ВИСОКОТЕМПЕРАТУРНОЇ ТЕРМІЧНОЇ ПЕРЕРОБКИ ВУГІЛЛЯ	606
Сорока В.В. ПЕРСПЕКТИВИ ВИКОРИСТАННЯ ВТОРИННИХ МАТЕРІАЛЬНИХ РЕСУРСІВ В МЕТАЛУРГІЙНОМУ ВИРОБНИЦТВІ	608
Шишков О.С. МЕТОДОЛОГІЧНІ ЗАСАДИ КЛАСИФІКАЦІЇ ТЕХНОГЕННОЇ СИРОВИНИ ВУГЛЕВИДОБУТКУ В КОНТЕКСТІ ВИМОГ МІЖНАРОДНИХ СТАНДАРТІВ	610
Беляшов М.В. ВПЛИВ ГЛОБАЛЬНОЇ ВОДНОЇ КРИЗИ НА СВІТОВІ ТЕНДЕНЦІЇ ВИДОБУТКУ КРИТИЧНОЇ СИРОВИНИ	612
Літвінова К.С. ПЕРСПЕКТИВИ ВИДОБУТКУ ТА ПЕРЕРОБКИ ТИТАНОВИХ РУД УКРАЇНИ В КОНТЕКСТІ ГЛОБАЛЬНОГО ДЕФІЦИТУ КРИТИЧНИХ МАТЕРІАЛІВ	614
Ломазов П.К., Павличенко А.В. ІМПЛЕМЕНТАЦІЯ ESG-ПІДХОДІВ У РОЗВИТОК ВИДОБУТКУ КРИТИЧНОЇ МІНЕРАЛЬНОЇ СИРОВИНИ	616
Бондаренко А.А. ВИДОБУТОК І ОСВОЄННЯ КРИТИЧНИХ МІНЕРАЛІВ ЛАНТАНОЇДІВ	618
Крячек В.П. ГАЛІЙ БЕЗ РОДОВИЩ: МОЖЛИВОСТІ УКРАЇНИ У ВИРОБНИЦТВІ КРИТИЧНОГО МЕТАЛУ	620
Адамова В.О. ПЕРСПЕКТИВИ ОСВОЄННЯ СКАНДІЮ ЯК КРИТИЧНОЇ СИРОВИНИ В УКРАЇНІ	623
Батрак О.С. ПРО ОСОБЛИВОСТІ РІДКІСНОЗЕМЕЛЬНОГО ЗРУДЕНІННЯ РОДОВИЩА БАЛКА КОРАБЕЛЬНА	625
Малоок О.В. ОЦІНКА РИЗИКІВ І ПЕРСПЕКТИВ УРАНОВОЇ ПРОМИСЛОВОСТІ УКРАЇНИ	626