



Riga Nordic University

International scientific conference

**THE ROLE OF TECHNICAL SCIENCES
IN THE SUSTAINABLE DEVELOPMENT
OF SOCIETY**

March 4–5, 2026



Head of organising committee:

Romans Djakons – Dr.sc.ing., Professor, Academician, Chairman of the Board of Riga Nordic University.

Each author is responsible for content and formation of his/her materials.

The reference is mandatory in case of republishing or citation.

The Role of Technical Sciences in the Sustainable Development of Society (March 4–5, 2026. Riga, the Republic of Latvia) : International scientific conference. Riga, Latvia : Baltija Publishing, 2026. 76 pages.

CONTENTS

SECTION 1. INFORMATION SYSTEMS AND TECHNOLOGIES

Artificial intelligence of non-player characters

Kyrychek H. H., Nikitchenko S. O., Shlapik O. A. 5

Digital models as a tool for predicting the results of combat operations

Murashov I. Yu., Hnatov I. G., Rusanov O. Yu. 10

Hybrid machine learning model implementation for traffic prediction
in software-defined networks

Oleshchenko L. M. 13

Development of a universal software tool for assessing the impact
of military operations on landscape and urban areas using cloud technology

Solona I. R. 17

SECTION 2. APPLIED MECHANICS

Study of component loads on the screw conveyor auger shaft

Chasov D. P., Shpalyarenko S. A., Shpalyarenko O. A. 22

SECTION 3. INDUSTRIAL ENGINEERING

Modeling of kernel yield during mechanical dehulling of industrial hemp seeds
in a centrifugal device

Petrachenko D. O. 26

SECTION 4. ELECTRIC POWER ENGINEERING

Interdisciplinary approach to teaching electrical engineering
through programming

Ushkarenko O. O. 30

SECTION 5. HEAT POWER ENGINEERING

Analytical studies of heating processes of ceramic products

Logvynenko D. M., Pylypenko R. A. 35

SECTION 6. AUTOMATION AND TOOL ENGINEERING

Processing statistical data of meteorological parameters
using artificial intelligence

Holyk O. P., Nerush O. A., Korsikov O. V. 39

**SECTION 7. CHEMICAL TECHNOLOGIES
AND ENGINEERING**

Chemistry as a Tool for Achieving the Sustainable Development Goals:
Technologies, Materials, Energy

Nadala O. S. 43

SECTION 8. FOOD TECHNOLOGIES

Intensification of drying of thermolabile materials using heat pump cycles

Dabizha N. O., Husarova O. V., Malashchuk N. S. 46

SECTION 9. ENVIRONMENTAL TECHNOLOGIES

Processing of ash and slag waste from power plants as a necessary element
of the implementation of European environmental legislation in Ukraine

Sezonenko O. B., Gonchar V. P., Alekseenko V. V. 51

SECTION 10. ARCHITECTURE AND CONSTRUCTION

Campus of the Technical University: barrier-free environment, ease of use

Agieieva G. M. 56

Regulatory aspects of integration of electric charging stations
into the filling station structure

Zyhun A. Yu., Boiko D. D. 60

Research on noise characteristics of technological processes
in road construction

Matyash V. M., Shapovalov O. V., Hanzha V. P. 64

SECTION 11. TRANSPORT

Key Issues in Studying Urban Transport Behaviour
in Ukrainian Cities During Wartime

Kopytkov D. M., Shvets-Bohdanov A. O. 69

SECTION 1. INFORMATION SYSTEMS AND TECHNOLOGIES

DOI <https://doi.org/10.30525/978-9934-26-661-4-1>

ARTIFICIAL INTELLIGENCE OF NON-PLAYER CHARACTERS

ШТУЧНИЙ ІНТЕЛЕКТ НЕІГРОВИХ ПЕРСОНАЖІВ

Курчак Н. Н.

*Candidate of Technical Sciences,
Associate Professor,
Associate Professor at the Department
of Computer Systems and Networks,
Zaporizhzhia Polytechnic
National University
Zaporizhzhia, Ukraine*

Киричек Г. Г.

*кандидат технічних наук, доцент,
доцент кафедри комп'ютерних
систем та мереж
Національний університет
«Запорізька політехніка»
м. Запоріжжя, Україна*

Nikitchenko S. O.

*Student at the Faculty of Computer
Sciences and Technologies,
Zaporizhzhia Polytechnic National
University
Zaporizhzhia, Ukraine*

Нікітченко С. О.

*студент факультету комп'ютерних
наук і технологій,
Національний університет
«Запорізька політехніка»
м. Запоріжжя, Україна*

Shlapik O. A.

*Student at the Faculty of Computer
Sciences and Technologies,
Zaporizhzhia Polytechnic National
University
Zaporizhzhia, Ukraine*

Шлапик О. А.

*студент факультету комп'ютерних
наук і технологій,
Національний університет
«Запорізька політехніка»
м. Запоріжжя, Україна*

Сучасні відеоігри є складними програмно-апаратними системами, реалізація яких базується на використанні спеціалізованих ігрових рушіїв, модульних архітектур і методів інтерактивного моделювання віртуального середовища [1]. Найбільш поширеними платформами розробки є універсальні ігрові рушії, такі як Unreal Engine та Unity [2–5]. Архітектура сучасної гри, як правило, включає такі основні компоненти: модуль візуалізації (рендеринг), фізичний рушії, систему керування подіями, модуль взаємодії з користувачем, підсистему мережевої взаємодії (у багатокористувацьких іграх), а також підсистему штучного інтелекту [6]. Особливе місце у сучасних іграх займають

методи реалізації штучного інтелекту неігрових персонажів (NPC), що дозволяють моделювати автономну поведінку, адаптацію до дій гравця та динамічну зміну сценаріїв [7, 8]. До найбільш поширених методів належать автомати кінцевих станів (Finite State Machines), поведінкові дерева (Behavior Trees), системи запитів до середовища (Environment Query System), планувальники на основі цілей (Goal-Oriented Action Planning), а також алгоритми машинного навчання [9]. Застосування зазначених методів сприяє підвищенню інтерактивності, реалістичності та варіативності ігрового процесу.

Метою дослідження є аналіз та обґрунтування ефективності використання методів реалізації штучного інтелекту, зокрема автоматів кінцевих станів, поведінкових дерев та систем запитів до середовища, для забезпечення адаптивної поведінки неігрових персонажів та підвищення інтерактивності ігрового процесу. Об'єктом дослідження є системи штучного інтелекту неігрових персонажів у сучасних відеоіграх жанру survival escape. Предметом є методи та моделі реалізації логіки прийняття рішень неігрових персонажів на основі автоматів кінцевих станів, поведінкових дерев та систем запитів до середовища.

Системи штучного інтелекту в сучасних відеоіграх відіграють ключову роль у формуванні інтерактивного середовища, моделюванні поведінки неігрових персонажів та забезпеченні динамічності ігрового процесу [10]. Особливої актуальності це набуває у відеоіграх жанру survival escape, ігровий процес яких базується на створенні атмосфери напруги, непередбачуваності та необхідності адаптивної реакції противників на дії гравця [11]. У таких умовах ефективність ігрового процесу значною мірою визначається здатністю системи штучного інтелекту реалізувати гнучкі моделі прийняття рішень, що забезпечують варіативність сценаріїв та високий рівень реіграбельності.

Серед найбільш поширених підходів до реалізації логіки поведінки неігрових персонажів у сучасній ігровій індустрії виокремлюють автомати кінцевих станів (Finite State Machines, FSM), поведінкові дерева (Behavior Trees, BT) та системи запитів до середовища (Environment Query System, EQS) [12]. Узагальнену схему взаємодії основних підходів до реалізації систем штучного інтелекту у відеоіграх жанру survival escape наведено на рисунку 1.

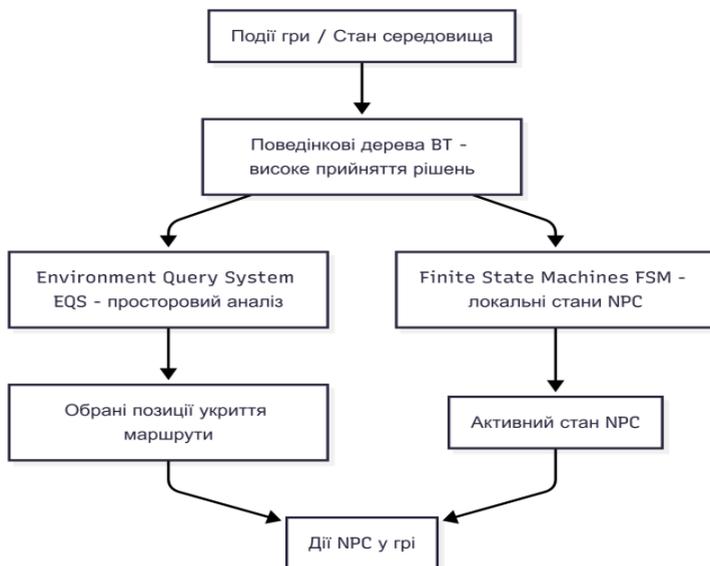


Рис. 1. Узагальнена схема архітектури III survival escape-ігри

Кожен із зазначених підходів реалізує власний механізм прийняття рішень та управління поведінкою NPC, характеризується специфічними перевагами та обмеженнями, а також по-різному впливає на складність реалізації, підтримки та масштабування програмної архітектури гри. Використання відповідних моделей дозволяє забезпечити адаптивність поведінки противників, підвищити реалістичність їх взаємодії з ігровим середовищем та оптимізувати структуру програмної реалізації системи штучного інтелекту.

Для досягнення поставленої мети вирішено наступні задачі: проведено аналіз сучасних технологій та архітектур реалізації відеоігор; досліджено існуючі методи реалізації штучного інтелекту неігрових персонажів; виконано порівняльний аналіз автоматів кінцевих станів, поведінкових дерев та систем запитів до середовища; обґрунтовано вибір оптимального підходу для реалізації штучного інтелекту у відео-грі жанру survival escape; реалізовано систему поведінки неігрового персонажа з використанням обраних методів та проведено оцінку ефективності функціонування реалізованої системи.

Наукова новизна одержаних результатів полягає в: удосконаленні підходу до реалізації поведінки неігрових персонажів у відеоіграх жанру survival escape шляхом комплексного використання поведінкових дерев та систем аналізу ігрового середовища; подальшому розвитку

застосування ієрархічних моделей прийняття рішень для забезпечення адаптивності поведінки неігрових персонажів та отриманні результатів оцінювання ефективності використання сучасних методів реалізації штучного інтелекту з точки зору забезпечення інтерактивності та варіативності ігрового процесу.

Подальші дослідження доцільно спрямувати на розширення адаптивних можливостей моделей прийняття рішень, підвищення реалістичності поведінки NPC та оптимізацію функціонування в умовах динамічного ігрового середовища, дослідженню персоналізації поведінки неігрових персонажів, спрямованих на адаптацію їх дій відповідно до індивідуального стилю гри користувача, що сприятиме підвищенню рівня інтерактивності та реіграбельності.

Література:

1. De Lope R. P., Medina-Medina N., Urbieta M., Lliteras A. B., García A. M.. A novel UML-based methodology for modeling adventure-based educational games. *Entertainment Computing*, 2021, 38: 100429. DOI: 10.1016/j.entcom.2021.100429.
2. Konttinen A.. Core Features of 3D Platformers. 2024. URL: <https://urn.fi/URN:NBN:fi:amk-2024122238039> (Accessed: 12.02.2026)
3. Unreal Engine, Epic Games, 2025. URL: <https://www.unrealengine.com/en-US/features>. (Accessed: 12.02.2026)
4. Unity Documentation, Unity Technologies, 2025. URL: <https://docs.unity.com>. (Accessed: 12.02.2026)
5. Faisal N., Chadhar M., Goriss-Hunter A., Stranieri A. Business simulation games in higher education: A systematic review of empirical research. *Human Behavior and Emerging Technologies*, 2022, 2022.1: 1578791. DOI: 10.1155/2022/1578791.
6. Octaviani A. W., Irfansyah I. Formal Game Element Analysis of Rhythm Fighting Game. In the 2nd International Conference on Art, Craft, Culture and Design (ICON-ARCADE 2021). Atlantis Press, 2021. P. 243-251. DOI: 10.2991/assehr.k.211228.032.
7. Tiahunova M., Tronkina O., Kirichek G., Skrupsky S. The Neural Network for Emotions Recognition under Special Conditions, in: CMIS-2021, Zaporizhzhia, Ukraine, April 27, 2021, volume 2864, CEUR-WS.org, 2021, pp. 121–134. URL: <https://ceur-ws.org/Vol-2864/paper11.pdf> (Accessed: 12.02.2026)
8. Kostetskyi D. V., Tiahunova M. Y., Kyrychek H. H. Computer system for distance learning with integrated artificial intelligence, *CEUR Workshop* (3781), 2024. P. 160–174. URI: <https://ceur-ws.org/Vol-3781/paper22.pdf>. (Accessed: 12.02.2026)

9. Poberailo O.. The genre specificity of interactive cinema. *Scientific Journal of Polonia University*, 2025, 69.2: 64–74. DOI: 10.23856/10.23856/6907.

10. Kyrychek, H., Hetman, S. Shader optimisation during scene creation in blender. Publishing House “Baltija Publishing”, 2025. C. 5–9. DOI: 10.30525/978-9934-26-601-0-2.

11. Kyrychek, H. H., Pestov, O. D., Tiahunova, M. Y. Organizing remote access to the object. Publishing House “Baltija Publishing”, 2025. C. 5–8. DOI: 10.30525/978-9934-26-519-8-1.

12. Felini D.. Beyond today’s video game rating systems: A critical approach to PEGI and ESRB, and proposed improvements. *Games and Culture*, 2015, 10.1: 106–122. DOI: 10.1177/1555412014560192.

DOI <https://doi.org/10.30525/978-9934-26-661-4-2>

**DIGITAL MODELS AS A TOOL FOR PREDICTING
THE RESULTS OF COMBAT OPERATIONS**

**ЦИФРОВІ МОДЕЛІ ЯК ІНСТРУМЕНТ ПРОГНОЗУВАННЯ
РЕЗУЛЬТАТІВ БОЙОВИХ ДІЙ**

Murashov I. Yu.

*Teacher of the cyclical commission
of combined-arms disciplines
Non-Commissioned Officer College
of the Hetman Petro Sahaidachny
National Army Academy
Lviv, Ukraine*

Мурашов І. Ю.

*викладач циклової комісії
загальновійськових дисциплін
Військовий коледж сержантського
складу Національної академії
сухопутних військ імені гетьмана
Петра Сагайдачного
м. Львів, Україна*

Hnatov I. G.

*Senior Teacher of the cyclical
commission of combined-arms
disciplines
Non-Commissioned Officer College
of the Hetman Petro Sahaidachny
National Army Academy
Lviv, Ukraine*

Гнатів І. Г.

*старший викладач циклової комісії
загальновійськових дисциплін
Військовий коледж сержантського
складу Національної академії
сухопутних військ імені гетьмана
Петра Сагайдачного
м. Львів, Україна*

Rusanov O. Yu.

*Teacher of the cyclical commission
of combined-arms disciplines
Non-Commissioned Officer College
of the Hetman Petro Sahaidachny
National Army Academy
Lviv, Ukraine*

Русанов О. Ю.

*викладач циклової комісії
загальновійськових дисциплін
Військовий коледж сержантського
складу Національної академії
сухопутних військ імені гетьмана
Петра Сагайдачного
м. Львів, Україна*

Російсько-українська війна – це не лише про біль і втрати, невимовну трагедію людства XXI століття. Це, водночас, безцінний, на жаль, травматичний, воєнний досвід, який формує уже сучасні підходи до ведення бойових дій, трансформуючи їх у військові стратегії, планування, застосування новітніх технологічних інструментів ведення бою. Ще Герберт Веллс говорив, що історія людства – це історія перегонів між освітою і катастрофою, наголошуючи на думці, що війни пришвидшують наукові зміни, але й несуть небезпеку.

Російсько-українська війна, вочевидь, не виняток – ми спостерігаємо дуже тонку грань між технологічним розвитком та безпекою.

Зважаючи на те, що війна набула характеру позиційних боїв, глибоких оборонних ліній, мінних полів і артилерійських зіткнень, підготовка військових фахівців має будуватися на посилених практичних заняттях з імітаційними макетами, симуляторами, віртуальними тренажерами та систематичними польовими виходами, де успішно формуються знання, уміння та навички швидко приймати рішення в умовах стресу, реагувати на непередбачувані обставини; відточуються до автоматизму координація дій у групі, зменшуються ризики помилок у бойових діях.

Застосування цифрових моделей дає можливість обирати оптимальний сценарій за критеріями “мінімальні втрати – максимальний результат”. У чітко спланованому навчальному процесі прогнозування бойових дій враховуються погодні умови, геопросторові характеристики місцевості, розташування власних сил, розвіддані про противника, логістичні та ресурсні показники, моделюються можливі реакції противника тощо. Це дозволяє командирі приймати обґрунтовані рішення, підвищує точність оцінки ризиків та ефективність дій підрозділів, а також створює основу для адаптивного планування операцій у змінних умовах бойової обстановки.

Симуляційні технології виявили себе як ефективний інструмент у системі вогневої та тактико-спеціальної підготовки, що дозволяє моделювати складні бойові ситуації з високим ступенем реалізму та адаптивності. Їх використання сприяє розвитку не лише технічних умінь, а й тактичного мислення, психологічної стійкості та командної взаємодії. Особливої цінності набуває тренування в умовах сенсорного переважання, яке формує готовність діяти в умовах стресу, часової обмеженості та невизначеності. Поєднання симуляційного моделювання з традиційною підготовкою забезпечує комплексне формування професійної компетентності [2, с. 25].

Основними переваги цифрових моделей планування бою є швидкість прийняття рішень (супутникові знімки, дрони та цифрова розвідка дозволяють оперативно отримувати інформацію й реагувати майже в реальному часі); точність ударів (цифрова координація та високоточні системи зменшують потребу у масованому вогні); збереження життя військових (безпілотні системи дають змогу виконувати небезпечні завдання дистанційно); гнучкість і мобільність (цифрові системи зв'язку об'єднують підрозділи в єдину інформаційну мережу).

Цифрові технології прогнозування бою не роблять війну менш трагічною, але вони змінюють її правила, запроваджуючи сміливі виклики: кіберзагрози, інформаційні операції, залежність від технологій

та швидке моральне старіння уже існуючих воєнних систем. У XXI столітті сила не завжди вимірюється ресурсами – справжній успіх належить тим, хто швидко реагує, гнучко пристосовується та інтегрує нові технології.

Література:

1. Громов М. В. Використання симуляційних тренажерів у системі бойової підготовки: зарубіжний досвід та вітчизняні перспективи. *Збірник наукових праць Національного університету оборони України*. 2022. № 2(67). С. 105–112.
2. Луценко І. М., Кондратенко В. В., Нестеренко О. М. Застосування сучасних симуляційних технологій у вогневій та ТСП підготовці: ефективність тренування віртуального бою. *Актуальні проблеми вітчизняної юриспруденції*. 2025. № 1. С. 20–25.
3. Нікітенко В. Філософія військового управління в умовах цифровізації як нового наукового напрямку. *HUMANITIES STUDIES*. 2023. № 17 (94). С. 75–85.
4. Рудковський В. П., Нестеров М. Ю., Плахтій О. С. Симуляційні технології у системі професійної підготовки військовослужбовців: досвід та перспективи. *Науковий вісник Національної академії внутрішніх справ*. 2023. № 1. С. 52–59.

DOI <https://doi.org/10.30525/978-9934-26-661-4-3>

HYBRID MACHINE LEARNING MODEL IMPLEMENTATION FOR TRAFFIC PREDICTION IN SOFTWARE-DEFINED NETWORKS

ВИКОРИСТАННЯ ГІБРИДНОЇ МОДЕЛІ МАШИННОГО НАВЧАННЯ ДЛЯ ПРОГНОЗУВАННЯ ТРАФІКУ В ПРОГРАМНО-КЕРОВАНИХ МЕРЕЖАХ

Oleshchenko L. M.

*Candidate of Technical Sciences,
Associate Professor,
Associate Professor at the Computer
Systems Software Department
National Technical University
of Ukraine "Igor Sikorsky Kyiv
Polytechnic Institute"
Kyiv, Ukraine*

Олещенко Л. М.

*кандидат технічних наук, доцент,
доцент кафедри програмного
забезпечення комп'ютерних систем,
Національний технічний університет
України «Київський політехнічний
інститут імені Ігоря Сікорського»
м. Київ, Україна*

Software-defined networking (SDN) is becoming the backbone of modern computing infrastructures due to its flexibility and centralized management of data flows. Dynamic traffic changes and high quality of service (QoS) requirements pose challenges for traditional load balancing and prediction algorithms. In this context, machine learning (ML) offers powerful tools for modeling complex patterns in network data. The study [1] evaluates a hybrid CNN-GRU model for classifying SDN traffic as normal or attack. The results show the effectiveness of combining spatial and temporal features in a deep learning model for analyzing network traffic. The paper [2] proposes an RL policy set for routing and load balancing in hybrid SDN networks. The proposed method demonstrates an improved ability to quickly adapt to dynamic traffic requirements compared to static algorithms, which highlights the promise of ML approaches in traffic engineering. In [3], multi-agent RL is used for distributed traffic engineering in hybrid SDNs. The approach allows to effectively solve scaling problems and flexibly respond to load changes in real networks, which is important for practical SDN systems. In the paper [4], a DQN-based algorithm for intelligent traffic planning in SDN is proposed, which is compared with classical methods. The results show advantages in throughput, latency, and load stability, especially under sudden traffic changes. Although the study [5] is aimed at the transport network, it demonstrates the application of hybrid models for predicting complex spatio-temporal data.

This approach is relevant for network traffic prediction, as it combines spatial and temporal dependencies into a single forecast structure. Of particular interest are hybrid models that combine classical algorithms and deep learning methods, which allow simultaneously taking into account general trends and detailed nonlinear dependencies in the prediction residuals. The works emphasize that the use of RandomForest (RF) provides stability and speed of the initial prediction, while LSTM (Long Short-Term Memory) allows to take into account sequential dependencies and complex nonlinearities in time, which is critical for the accuracy of QoS predictions in dynamic SDN environments. Recent studies confirm the effectiveness of combining traditional and deep ML methods in network prediction and management tasks.

The purpose of this research is to demonstrate the effectiveness of a hybrid ML model for predicting QoS in SDN and to justify its practical application. The proposed hybrid model combines two main components: RF and LSTM models. RF model is used for initial QoS prediction based on network characteristics. RF decision trees form an ensemble that consistently predicts general QoS trends. The advantages of this model are fast learning, interpretability, and stability of predictions in noisy data.

LSTM model is trained on the residuals of the RF, i.e. the difference between the actual and predicted QoS values. The model takes into account time dependencies and complex nonlinearities that are not taken into account by classical ML. The advantages of this model are modeling long-term temporal patterns, increasing the accuracy of the forecast. The combined approach is as follows. The basic RF forecast is corrected by the LSTM forecast, which allows obtain the final QoS value with high accuracy. Such a structure provides a balance between speed, stability and forecast accuracy.

For the SDN controller, centralized flow control was emulated (traffic generator: Poisson distribution of requests with an intensity of 200–1200 requests/s). Experiment duration was 60 min, 10 repetitions for each scenario. Metrics are average delay (ms), 95th percentile of delay (ms), load variance between servers (%), QoS prediction accuracy (MSE). Network characteristics and QoS data were collected during the first 10 min to train the model. RandomForest was trained on the baseline data.

The prediction residuals were calculated and the LSTM was trained on these residuals. Consider a fragment of the program using the hybrid model, where RF first predicts QoS based on network characteristics, and the LSTM is trained on the residuals to improve the prediction accuracy:

```
rf = RandomForestRegressor ()  
rf.fit (X_rf , y_rf)  
rf_pred = rf.predict (X_rf)
```

```

# LSTM on residuals to improve prediction
residuals = y_rf - rf_pred
X_lstm = np.array ([ residuals [i:i+5] for i in range (len ( residuals )-5)]). reshape (-
1,5,1)
y_lstm = residuals [5:]
model = Sequential ([
LSTM(10, activation =' relu ', input_shape =(5,1)),
Dense (1)
])
model.compile ( optimizer =' adam ', loss =' mse ')
model.fit ( X_lstm , y_lstm , epochs =50, verbose =0)
# QoS Prediction
hybrid_pred = rf_pred [-1] + model.predict ( X_lstm [-1]. reshape (1,5,1))[0][0]

```

The code snippet presented uses a hybrid model consisting of two stages.

In the first stage, RandomForest predicts the baseline QoS based on five network metrics. In the second stage, the forecast residuals (the difference between the actual and predicted values) are fed to an LSTM, which is trained to model complex nonlinear relationships and improve the prediction accuracy. After training, the model allows combining the baseline RF prediction with the LSTM correction to obtain the final QoS value. To verify the effectiveness of the proposed approach using a hybrid model, a laboratory research was conducted in an SDN cluster environment.

The equipment included two servers with 8 vCPUs and 16 GB RAM, an SDN controller for centralized flow management, and a traffic generator with variable intensity from 100 to 1000 requests/s. The experiment lasted 60 minutes, with data for training the hybrid model collected in the first 10 minutes. The average latency, load variance, and QoS prediction accuracy were evaluated. The results showed that the hybrid approach provides an average improvement in prediction accuracy compared to using RF alone, and also reduces load variance between servers. The proposed hybrid ML model demonstrates effectiveness in predicting QoS in SDN environments through the combination of traditional machine learning and deep neural networks (Table 1).

Table 1

Average latency and load variance (60 min experiment)

Model	Medium delay (ms)	95th percentile (ms)	Dispersion load (%)
RandomForest	120	220	18
LSTM	110	210	15
Hybrid	95	180	9

RF provides fast and stable baseline prediction, while LSTM models complex temporal dependencies and adjusts the prediction residuals, which allows for more accurate results. Laboratory research has confirmed the practical value of this approach: the use of a hybrid model allows for reduced load dispersion, reduced latency, and increased QoS predictability even under variable network traffic conditions (Table 2). The load variance between servers is almost half that of the previous model, indicating a more even distribution of traffic. QoS prediction is reduced by almost half, demonstrating the high accuracy of the combined approach.

The research results can be used to build adaptive network management systems and improve the efficiency of SDN infrastructure in real conditions.

Table 2

QoS prediction accuracy	
Model	MSE of QoS prediction
RandomForest	0.018
LSTM	0.015
Hybrid	0.009

The research confirmed that the proposed hybrid ML model can significantly improve the accuracy of QoS prediction in software-defined networks. The combination of fast basic RF prediction with LSTM residual correction allows simultaneously take into account general trends and complex temporal patterns.

Experimental results show a reduction in average latency, load variance, and QoS prediction error compared to using individual models.

The obtained data indicate the potential of integrating hybrid ML models into SDN adaptive network management systems to improve performance and stability.

Bibliography:

1. Elshewey M. M., Abbas S. A., Osman A. M., Aldakheel E. A., Fouad Y. DDoS classification of network traffic in software defined networking SDN using a hybrid convolutional and gated recurrent neural network. *Scientific Reports*. 2025. 15(1), 29122. <https://doi.org/10.1038/s41598-025-13754-1>
2. Guo Y., Wang W., Zhang H., Guo W., Wang Z., Tian Y., Yin X., Wu J. Traffic Engineering in Hybrid Software Defined Network via Reinforcement Learning. *Journal of Network and Computer Applications*. 2021. 189, 103116. <https://doi.org/10.1016/j.jnca.2021.103116>
3. Guo Y., Lin B., Tang Q., Ma Y., Luo H., Tian H. Distributed Traffic Engineering in Hybrid Software Defined Networks: A Multi-Agent

Reinforcement Learning Framework. *IEEE Transactions on Network and Service Management*. 2024. 21(6), 6759–6769. <https://doi.org/10.1109/TNSM.2024.3454282>

4. Xie B. Deep Reinforcement Learning-Based Intelligent Traffic Scheduling in Software-Defined Networks. *Informatica*. 2025. 49(22). <https://doi.org/10.31449/inf.v49i22.8109>.

5. Zhang J., Sha J., Zhang C., Zhang Y. A CNN-LSTM-GRU Hybrid Model for Spatiotemporal Highway Traffic Flow Prediction. *Systems*. 2025. 13(9), 765. <https://doi.org/10.3390/systems13090765>

DOI <https://doi.org/10.30525/978-9934-26-661-4-4>

**DEVELOPMENT OF A UNIVERSAL SOFTWARE TOOL
FOR ASSESSING THE IMPACT OF MILITARY OPERATIONS
ON LANDSCAPE AND URBAN AREAS USING CLOUD
TECHNOLOGY**

**РОЗРОБКА УНІВЕРСАЛЬНОГО ПРОГРАМНОГО ЗАСОБУ
ДЛЯ ОЦІНКИ ВПЛИВУ ВІЙСЬКОВИХ ДІЙ НА ЛАНДШАФТНІ
ТА УРБАНІЗОВАНІ ТЕРИТОРІЇ З ВИКОРИСТАННЯМ
ХМАРНИХ ТЕХНОЛОГІЇ**

Solona I. R.

*1st year Student, Group PZ-25-2,
Dnipro University of Technology
Dnipro, Ukraine*

Сольона І. Р.

*студентка 1 курсу групи ПЗ-25-2,
Національний технічний університет
«Дніпровська політехніка»
м. Дніпро, Україна*

Актуальність теми. В умовах бойових дій в Україні дистанційне зондування Землі (ДЗЗ) є безальтернативним методом безпечного моніторингу інфраструктурних та екологічних збитків на недоступних територіях. Широке використання комерційних супутникових платформ обмежується високою вартістю та закритою архітектурою, а десктопних геоінформаційних систем (наприклад, QGIS) – надмірними вимогами до локальних обчислювальних потужностей. З огляду на це, розробка автоматизованих хмарних алгоритмів є критично актуальним завданням, виконання якого дозволить оперативню документувати руйнування, оптимізувати ресурси та мінімізувати суб'єктивний людський фактор.

Наукова новизна. Новизна дослідження полягає у розробці комплексної хмарної архітектури для моніторингу наслідків військових дій, яка інтегрує в єдиний процес автоматизованої обробки аналіз урбанізованих (NDBI), природних (NDVI) та гідрологічних (NDWI) об'єктів. На відміну від класичних алгебраїчних підходів, що потребують емпіричного ручного калібрування, у розробленому алгоритмі реалізовано гібридний метод класифікації. Для міської забудови та лісових масивів застосовано метод адаптивного статистичного підбору порогів на базі стандартного відхилення, а для водних об'єктів – фізично обґрунтований метод нульового перетину.

Головною **метою** дослідження є розробка автоматизованого хмарного інструменту, який на основі гібридного алгоритму обробки бітемпоральних супутникових знімків (обчислення індексів NDBI, NDVI, NDWI з використанням адаптивної статистики та нульового перетину) автоматично генерує карти руйнувань і розраховує площу уражених урбанізованих, природних та гідрологічних об'єктів.

Теоретичним підґрунтям алгоритму є фізичні принципи ДЗЗ, засновані на унікальних спектральних сигнатурах поверхонь [1, с. 33–48]. Через неефективність прямого порівняння оптичних пікселів, математичним фундаментом обробки слугують нормалізовані різницеві індекси (NDBI для забудови, NDVI для ландшафтів, NDWI для води) [4, с. 5], розраховані за мультиспектральними знімками Sentinel-2 (10 м/піксель), що довели свою ефективність для швидкого картографування руйнувань в Україні [2].

Для просторової ідентифікації руйнувань застосовується класичний алгебраїчний метод виявлення змін (Change Detection), який обчислює абсолютну різницю бітемпоральних індексів і є значно доцільнішим та швидшим для хмарних платформ порівняно з ресурсоемними нейромережевими моделями [3]. З метою повної автоматизації класифікації відкинута метод емпіричного підбору порогів і впроваджено гібридний математичний апарат. Для урбанізованих і природних зон діє модуль адаптивної статистики, де динамічний поріг аномалії розраховується індивідуально за формулою $T = |\mu| + \sigma$ (де μ – середнє значення зміни індексу, σ – стандартне відхилення). Натомість для водних поверхонь (NDWI) використовується фізичний метод нульового перетину. Це дозволяє генерувати точні карти збитків абсолютно автономно.

Розроблений мовою Python у хмарному середовищі Google Earth Engine програмний засіб реалізує комплексний чотирьохетапний алгоритм автоматизованої оцінки руйнувань. Робота скрипта розпочинається з гнучкого просторового обмеження зони інтересу (шляхом інтерактивного полігону або буферного радіуса) та підготовки «чистих» медіанних композитів Sentinel-2 за рахунок автоматичної фільтрації

хмарності. Ядром алгоритму є багатовекторний спектральний аналіз, який адаптується до типу покриття: для урбанізованих територій розраховується індекс NDBI (з фільтрацією через маску забудови ESA WorldCover), для природних ландшафтів – NDVI, а для водних об'єктів – NDWI. Бінарна класифікація ушкоджень здійснюється автоматично за допомогою гібридного методу, що поєднує розрахунок динамічних адаптивних порогів на основі стандартного відхилення гістограми та фізичний метод нульового перетину. На фінальному етапі алгоритм здійснює кількісну оцінку уражених ділянок у квадратних кілометрах та експортує згенеровану бінарну маску у форматі GeoTIFF на Google Drive для подальшої інтеграції з ГІС-системами.

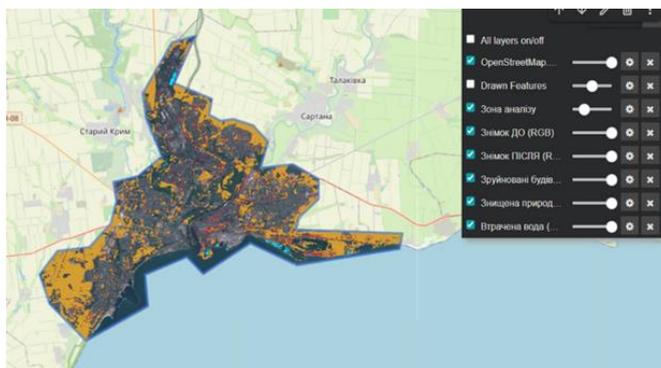


Рис. 1. Просторовий аналіз м. Маріуполь: візуалізація виявлених руйнувань (червоний колір). Площа зруйнованої інфраструктури: 12.07 км²; знищеної супутньої рослинності: 50.27 км²

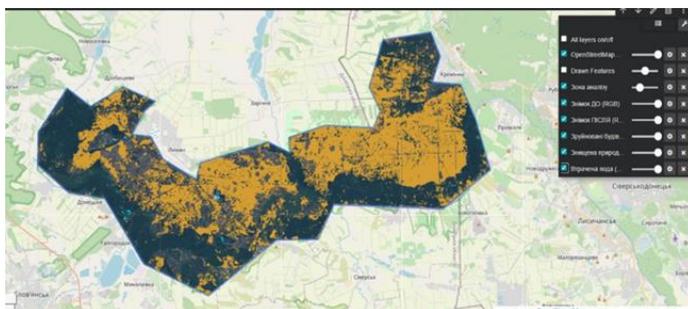


Рис. 2. Просторовий аналіз Серебрянського лісу: фіксація втрат лісового покриття (помаранчевий колір). Площа знищеної рослинності: 207.10 км²; пошкодження суміжної інфраструктури: 0.41 км²



Рис. 3. Просторовий аналіз Каховського водосховища: візуалізація втраченої водної поверхні (блакитний колір). Площа зниклої водної поверхні: 1530.60 км²; втраченої прибережної рослинності: 114.13 км

З метою верифікації розробленого програмного засобу та підтвердження його універсальності проведено тестування алгоритму на трьох репрезентативних локаціях із різними типами ландшафтного покриття. Робота гібридного методу класифікації ідентифікувала руйнування щільної міської забудови у м. Маріуполь (із застосуванням індексу NDBI та урбан-маски), зафіксувала масштабні екологічні збитки від пожеж у лісових масивах Серебрянського лісу (за індексом NDVI) та відобразила глобальні гідрологічні зміни внаслідок зникнення водної маси Каховського водосховища (за індексом NDWI). Просторовий розподіл виявлених аномалій (рис. 1–3) та відповідні їм кількісні показники уражених площ демонструють високу вибірковість алгоритму: програма здатна з високою точністю розділяти різні типи збитків, мінімізуючи хибні спрацьовування на суміжні фактори (наприклад, відокремлюючи руйнування інфраструктури від сезонних змін на полях).

Висновки. У результаті дослідження розроблено та програмно реалізовано автоматизований хмарний інструмент на базі Google Earth Engine для просторової та кількісної оцінки наслідків воєнних дій. Головною прикладною перевагою розробки є інтеграція в єдину автоматизовану систему методів адаптивної статистики (динамічний розрахунок порогів для міської забудови і лісів) та нульового перетину (для водних об'єктів), що мінімізує вплив хибних факторів та усуває потребу в ручному калібруванні. Тестування підтвердило адаптивність алгоритму: успішно ідентифіковано втрату 12.07 км² забудови у Маріуполі, 207.10 км² насаджень у Серебрянському лісі та 1530.60 км² водної поверхні Каховського водосховища. Програмний засіб є ефективним навчально-аналітичним інструментарієм для закладів вищої освіти в межах опанування сучасних ГІС-технологій, а також прикладним

рішенням для державних органів у документуванні збитків. Подальший розвиток алгоритму спрямований на кількісну оцінку його точності за допомогою матриці похибок (Confusion Matrix), інтеграцію всепогодних радарних даних Sentinel-1 (SAR), залучення нейромереж (CNN) для точнішого розпізнавання контурів та розробку користувачького вебдодатка (Dashboard).

Література:

1. Довгий С. О., Лялько В. І., Бабійчук С. М., Кучма Т. Л., Томченко О. В., Юрків Л. Я. Основи дистанційного зондування Землі: історія та практичне застосування : навч. посіб. Київ : Інститут обдарованої дитини НАПН України, 2019. 316 с. URL: https://nvkarta.com/project/library/uploads/geography/map-technology/%5bsensing%5d%5bhandbook%5d%5b2019%5d_osnovy_dystantsiynoho_zonduvannya_zemli_istoriya_ta_praktychne_zastosuvannya.pdf
2. Aimaiti Y., Sanon C., Koch M., Baise L. G., Moaveni B. War Related Building Damage Assessment in Kyiv, Ukraine, Using Sentinel-1 Radar and Sentinel-2 Optical Images. USA, 2022. 21 p. URL: <https://www.mdpi.com/2072-4292/14/24/6239>
3. Cheng G., Huang Y., Li X., Lyu S., Xu Z., Zhao H., Zhao Q., Xiang S. Change Detection Methods for Remote Sensing in the Last Decade: A Comprehensive Review. UK, China, 2024. 36 p. URL: <https://www.mdpi.com/2072-4292/16/13/2355>
4. Yasin M. Y., Abdullah J., Noor N. M., Yusoff M. M., Noor N. M. Landsat observation of urban growth and land use change using NDVI and NDBI analysis. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. Malaysia, 2021. 15 p. URL: <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1755-1315/1067/1/012037/pdf>

SECTION 2. APPLIED MECHANICS

DOI <https://doi.org/10.30525/978-9934-26-661-4-5>

STUDY OF COMPONENT LOADS ON THE SCREW CONVEYOR AUGER SHAFT

ДОСЛІДЖЕННЯ СКЛАДОВИХ НАВАНТАЖЕНЬ НА ВАЛУ ШНЕКУ ГВИНТОВОГО КОНВЕЄРУ

Chasov D. P.

*Candidate of Technical Sciences,
Associate Professor,
Associate Professor at the Department
of Mechanical Engineering
Technologies and Engineering,
Dniprovsky State Technical University
Kamenske, Ukraine*

Часов Д. П.

*кандидат технічних наук, доцент,
доцент кафедри машинобудівних
технологій та інженерії,
Дніпровський державний технічний
університет
м. Кам'янське, Україна*

Shpalyarenko S. A.

*Postgraduate student at the Department
of Industrial Mechanical Engineering,
Dniprovsky State Technical University
Kamenske, Ukraine*

Шпалярєнко С. А.

*аспірант кафедри галузевого
машинобудування,
Дніпровський державний технічний
університет
м. Кам'янське, Україна*

Shpalyarenko O. A.

*Postgraduate student at the Department
of Industrial Mechanical Engineering,
Dniprovsky State Technical University
Kamianske, Ukraine*

Шпалярєнко О. А.

*аспірант кафедри галузевого
машинобудування,
Дніпровський державний технічний
університет
м. Кам'янське, Україна*

Актуальність теми обумовлена сучасними тенденціями до підвищення енергоощадності та зменшення металоємності гвинтових конвеєрів, які широко експлуатуються в аграрному секторі та різних галузях промисловості. Значний вплив на енергетичні витрати під час транспортування матеріалу має маса робочого елемента – спіральної стрічки шнека, а також динамічні навантаження, що формуються в процесі її взаємодії з сипким або штучним вантажем. У більшості наукових праць основна увага приділяється швидкісним режимам роботи та фізико-механічним властивостям матеріалу, тоді як роль

конструктивних параметрів спіралі у формуванні кінетичної складової енергії системи досліджена недостатньо.

Зменшення маси конструктивних елементів можливе лише за умови збереження їх надійності, функціональної придатності та здатності повністю реалізовувати технологічне призначення. Визначальними показниками працездатності такої механічної системи є її динамічні характеристики, зокрема величини потенціальної та кінетичної енергій та складових їх навантажень. У зв'язку з цим встановлення й аналітичне обґрунтування складових енергетичних параметрів гвинтового конвеєра як складної енергоємної системи становить актуальне наукове та практичне завдання.

За стандартизованою паспортною документацією продуктивність конвеєра Q визначається через погонну масу транспортованого вантажу q :

$$q = Q/v, \quad (1)$$

де: q – погонна маса таспортованого вантажу, кг/м;

Q – паспортна продуктивність конвеєра, кг/с;

v – швидкість транспортування, м/с.

Оскільки в статичному положенні конвеєра навантаження на опори стрічки спіралі шнеку визначається через погонну масу вантажу, то логічно і під час руху вантажу використовувати цю величину із запровадженням нового поняття коефіцієнта динамічності.

$$K_{\delta} = \frac{P_{\delta}}{g(q_r + q_{\wedge})s}, \quad (2)$$

де: K_{δ} – коефіцієнт динамічності, наведений до погонної маси вантажу;

P_{δ} – динамічне навантаження на опору стрічки спіралі шнеку, н;

g – прискорень сили тяжіння, м/с²;

q_r – погонна маса вантажу, кг/м;

q_{\wedge} – погонна маса стрічки, кг/м;

s – крок опор стрічки спіралі шнеку, м.

При визначенні розрахункових навантажень беремо випадки транспортування крупно фракційного матеріалу та дрібні сипкі вантажі.

Це дає підставу загальний вантажопотік представити як суму окремих вантажопотоків: безперервний вантажопотік дрібних фракцій та дискретний потік великих елементів:

$$q = \sum_i q_i, \quad (3)$$

де: q – погонна маса вантажопотоку;

q_i – погонна маса i -ї складової повного вантажопотоку.

Під час руху стрічки кожен вантажопотік взаємодіє з опорами стрічки спіралі шнеку зі своїм коефіцієнтом динамічності.

Динамічне навантаження, що діє на кожному опорі стрічки спіралі шнеку, відповідно до виразу (3) можна подати в наступному вигляді:

$$P_{\partial} = K_{\partial} (q_{\wedge} + q_r) g s = g s \sum_i K_{\partial i} q_i, \quad (4)$$

де: P_{∂} – динамічне навантаження, що діє на опорі стрічки спіралі шнеку, н;

K_{∂} – наведений коефіцієнт динамічності;

q_{\wedge} – погонна маса стрічки спіралі шнеку, кг/м;

q_r – погонна маса вантажопотоку, кг/м;

g – прискорення сили тяжіння, м/с²;

s – крок розміщення опор стрічки спіралі шнеку, м;

$K_{\partial i}$ – коефіцієнт динамічності для i -ї складової вантажопотоку;

q_i – погонна маса i -ї складової вантажопотоку, включаючи стрічку спіралі шнеку.

Для великих елементів вантажопотоків формулу (4) можна переписати в наступному вигляді:

$$P_{\partial} = g s [K_{\partial 1} (0,60 \div 0,70) q + K_{\partial 2} (0,15 \div 0,20) q + K_{\partial 3} (0,10 \div 0,15) q + K_{\partial 4} q_{\wedge}] \quad (5)$$

де: $K_{\partial 1}$, $K_{\partial 2}$, $K_{\partial 3}$, $K_{\partial 4}$ – коефіцієнти динамічності для потоку фракцій дрібних, середніх, великих елементів та стрічки спіралі шнеку відповідно.

Література:

1. Lyashuk O., Serilko L., Hevko I., Serilko D., Lutsiv I., Vovk Y., Levkovich M., Tson O. The investigation of a physical pendulum motion, which move along a horizontal axis. Herald of Karaganda University. *Series "Physics"*. 2022. Vol. 2 (106), pp.75–85.
2. Leonid Vaisberg (2019). Vibration technology research achievements of the Mekhanobr scientific school and their practical implementation. *Vibroengineering Procedia*. Vol. 25, pp. 76–82.
3. Yamaguchi, K.; Higashimori, M. 1-Actuator 3-DoF manipulation using a virtual turntable based on differential friction surface. *In Proceedings of the 2018 IEEE International Conference on Robotics and Automation*. Brisbane, QLD, (Australia, 21-25 May), 2018. Pp. 3573–3580.
4. Chasov D. Determining the equation of surface of additional blade of a screw conveyor. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies (Engineering technological systems)*. 5/1 (83). 2016. P. 4–9. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2016.80606>
5. Chasov D. Devising a procedure for calculating the designed strength of a kingpin-type load-carrying system for an articulated tractor container carrier. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies (Engineering technological systems)*. 2020. Vol. 5/7 (107), pp. 22–29.
6. Rogatinskiy R.M., Serilko L.S., Sasuk Z.K., Serilko D.L. (Study of the dynamics of inertial conveyors. *All-Ukrainian Scientific and Technical Journal "Vibrations in Engineering and Technologies"*. Vinnitsa, 2018. Vol. 2 (89), pp. 41–48.
7. Serilko L. S., Lyashuk O. L., Sasyuk Z. K., Serilko D. L. The research of inertial conveyor transitional chute oscillations influence on its technical and economic indicators. *Resource-saving technologies of raw-material base development in mineralmini* : multi-authored monograph. Petrosani, Romania Universitas Publishing, 2020. Pp. 293–309.
8. Serilko L. S., Lyashuk O. L., Chasov D. P., Serilko D. L., Ihnatiuk R. M. (2025). Body movement along the surface of an inertial conveyor chute under combined friction. *Journal of Engineering Sciences (Ukraine)*, Vol. 12(1), pp. D1–D8. [https://doi.org/10.21272/jes.2025.12\(1\).d1](https://doi.org/10.21272/jes.2025.12(1).d1)

SECTION 3. INDUSTRIAL ENGINEERING

DOI <https://doi.org/10.30525/978-9934-26-661-4-6>

MODELING OF KERNEL YIELD DURING MECHANICAL DEHULLING OF INDUSTRIAL HEMP SEEDS IN A CENTRIFUGAL DEVICE

МОДЕЛЮВАННЯ ВИХОДУ ЯДРА ПРИ МЕХАНІЧНОМУ ОБРУШУВАННІ НАСІННЯ ПРОМИСЛОВИХ КОНОПЕЛЬ У ВІДЦЕНТРОВОМУ ПРИСТРОЇ

Petrachenko D. O.

*Candidate of Technical Sciences,
Lecturer at the Agroengineering
Department
Separate Structural Subdivision
"Hlukhiv Agrotechnical Professional
College of Sumy National Agrarian
University"
Hlukhiv, Ukraine*

Петраченко Д. О.

*кандидат технічних наук,
викладач відділення агроінженерії,
Відокремлений структурний
підрозділ Глухівський агротехнічний
фаховий коледж
Сумського національного аграрного
університету
м. Глухів, Україна*

В останні роки промислові коноплі набули помітного поширення в агропромисловому секторі завдяки поєднанню харчової, технічної та екологічної цінності [1]. Насіння конопель є цінною сировиною для харчової промисловості, оскільки містить білки, незамінні жирні кислоти та інші біологічно активні сполуки [2]. Його використовують для виробництва олії, рослинного білка, функціональних продуктів і обрушеного ядра. Водночас отримання ядра потребує ефективного відокремлення оболонки, а отже технологічно обґрунтованого процесу обрушування з максимальним виходом готового продукту.

Механічне обрушування є одним із ключових етапів переробки насіння, оскільки саме на цій стадії формуються вихід ядра, рівень втрат і частка необрушеного матеріалу. Ефективність процесу суттєво залежить як від техніко-технологічних параметрів обладнання, так і від фізико-механічних властивостей сировини [3]. За відсутності раціонального підбору режимів роботи зростають втрати, знижується вихід ядра та погіршується якість продукту. Попередні дослідження [4] показали перспективність застосування відцентрового механізму для обрушування насіння конопель, де відділення оболонки забезпечується

дією відцентрових сил і керованим механічним впливом. Проте вплив режимних параметрів на вихід ядра та повноту відокремлення оболонки вивчено недостатньо, що зумовлює необхідність подальших досліджень.

Аналіз публікацій свідчить, що проблема добору ефективних режимів обрушування є актуальною для різних культур. Спроби використання універсальних пристроїв [5] не забезпечили належної якості без конструктивної адаптації: спостерігалися зростання втрат, погіршення якості продукту та зниження продуктивності. Подібні результати отримано і в роботі [6], де застосування стандартних механізмів супроводжувалося зниженням виходу та надмірним пошкодженням ядра. Таким чином універсальний підхід до обрушування насіння різних культур є малоефективним, а для кожного виду сировини потрібні спеціалізовані технологічні рішення та адаптовані режими роботи обладнання. Це особливо важливо для насіння промислових конопель, яке характеризується специфічною геометрією та особливостями будови оболонки і ядра. У зв'язку з цим метою дослідження є оцінка впливу основних технологічних факторів на ефективність механічного відокремлення оболонки та визначення раціональних умов, що забезпечують максимальний вихід ядра.

Дослідження виконували на насінні промислових конопель сорту «Глесія», вирощеному на виробничих посівах Інституту луб'яних культур НААН України. Обрушування виконували на експериментальному відцентровому пристрої власної конструкції [3]. Насіння в сипучому стані подавали через завантажувальний отвір у зону дії робочого колеса, де воно змінювало напрям руху та взаємодіяло з відбивною декою. У результаті отримували рушанку – суміш обрушених і необрушених частинок, яку далі розділяли на повітряно-решітному сепараторі.

Під час експериментів конструктивні параметри пристрою залишали сталими: діаметр робочого колеса – 236 мм, зазор між робочим колесом і відбивною декою – 15 мм. Змінними факторами були частота обертання робочого органу (1500, 2000 і 2500 об/хв), фракція насіння (<2,5; 2,5-3,0; >3,0 мм) та вологість (8,8; 16,3; 21,6%). Опрацювання результатів проводили в середовищі Statistica 10.0.

Для кількісної оцінки впливу зазначених факторів застосовано багатофакторний експеримент третього порядку (ПФЕ³). Як функцію відгуку використовували вихід ядра, який визначали як відношення маси обрушеного ядра до маси початкової наважки. За результатами повного факторного експерименту одержано регресійні залежності (1), (2), (3), які описують вплив вологості насіння, фракційного складу та частоти обертання робочого колеса на вихід ядра.

$$R = 45,9049 - 31,1766 \times D - 0,3078 \times W + 6,7 \times D^2 + 0,0787 \times DW + 0,0094 \times W^2 \quad (1)$$

$$R = -113,0583 + 0,1249 \times N + 0,4147 \times W - 3,0167E^{-5} \times N^2 - 0,0003 \times NW + 0,0094 \times W^2 \quad (2)$$

$$R = -119,0911 + 0,1442 \times N - 11,1856 \times D - 3,0167E^{-5} \times N^2 - 0,0094 \times ND + 6,7 \times D^2 \quad (3)$$

де R – вихід ядра; D – фракція насіння; W – вологість насіння; N – частота обертання робочого колеса

Одержані рівняння регресії (1), (2), (3) відображають закономірності зміни виходу ядра (R) залежно від поєднання досліджуваних факторів і дають змогу виконати аналітичну інтерпретацію процесу обрушування.

Рівняння (1) характеризує залежність виходу ядра від фракції насіння (D) та вологості (W). Його аналітична форма підтверджує, що ефективність обрушування визначається не лише окремо дією зазначених факторів, але й їх поєднанням. З урахуванням характеру отриманої залежності можна констатувати, що фракційний склад формує основну тенденцію зміни виходу ядра, тоді як вологість виконує коригувальну роль і впливає на стабільність відокремлення оболонки.

Рівняння (2) описує спільний вплив частоти обертання робочого колеса (N) та вологості насіння (W) на вихід ядра. Фактор частота обертання свідчить про екстремальний характер залежності, тобто існування раціональної області значень N , за якої досягається найбільша ефективність обрушування. Це узгоджується з фізичною сутністю процесу, оскільки недостатня інтенсивність механічної дії не забезпечує повного руйнування оболонки, а надмірна інтенсифікація призводить до зростання подрібнення ядра. Вплив вологості в межах цієї моделі має менш виражений характер, однак її врахування є необхідним для коректного опису процесу, оскільки вона змінює умови руйнування оболонки та ступінь реалізації ударної дії.

Рівняння (3) відображає спільну дію двох визначальних факторів – частоти обертання робочого колеса (N) і фракції насіння (D). Його структура підтверджує, що вихід ядра формується під впливом нелінійної зміни режиму обрушування та характеристик сировини. За змістом цієї моделі фракційний склад визначає потенційну здатність насіння до ефективного обрушування, тоді як частота обертання забезпечує реалізацію цього потенціалу в межах раціонального швидкісного режиму.

У цілому аналіз рівнянь (1), (2), (3) підтверджує, що процес обрушування насіння промислових конопель є багатofакторним і нелінійним, а найбільш суттєвими параметрами його керування є фракційний склад насіння та частота обертання робочого колеса.

Вологість насіння також впливає на вихід ядра, але переважно як фактор, що уточнює та стабілізує перебіг процесу. Отримані регресійні залежності можуть бути використані як аналітична основа для вибору раціональних режимів роботи відцентрового обрешувача.

Література:

1. Bárta J., Roudnický P., Jarošová M., Zdráhal Z., Stupková A., Bártová V., Krejčová Z., Kyselka J., Filip V., Říha V., Lorenc F., Bedrníček J., Smetana P. Proteomic profiles of whole seeds, hulls, and dehulled seeds of two industrial hemp (*Cannabis sativa* L.) cultivars. *Plants*. 2023. Vol. 13. <https://doi.org/10.3390/plants13010111>
2. Oseyko M., Sova N., Yefimov V., Petrachenko D. Chemical composition of seeds of industrial Ukrainian hemp varieties. *Ukrainian Food Journal*. 2024. Vol. 13(3):542–556. DOI: 10.24263/2304-974X-2024-13-3-8
3. Sheichenko V., Petrachenko D., Koropchenko S., Rogovskii I., Gorbenko O., Volianskyi M., Sheichenko D. Substantiating the rational parameters and operation modes for the hemp seed centrifugal dehuller. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*. 2024. № 2 (1(128)), P. 34–48. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2024.300174>
4. Petrachenko D. Results of crushing of industrial hemp seeds depending on seed size and moisture. *Bast and Technical Crops*. 2020. Vol. 8 (13). P. 58–65. [https://doi.org/10.48096/btc.2020.8\(13\).58-65](https://doi.org/10.48096/btc.2020.8(13).58-65)
5. Lazor, J. (2013). *The organic grain grower: Small-scale, holistic grain production for the home and market producer*. Chelsea Green Publishing, Inc. White River Junction, VT.
6. Wright, G. (2014). Selling grains at the farmers market. Paper presented at the NOFA-NY Winter Conference. Saratoga Springs, NY. January 24, 2014.

SECTION 4. ELECTRIC POWER ENGINEERING

DOI <https://doi.org/10.30525/978-9934-26-661-4-7>

INTERDISCIPLINARY APPROACH TO TEACHING ELECTRICAL ENGINEERING THROUGH PROGRAMMING

МІЖДИСЦИПЛІНАРНИЙ ПІДХІД ДО ВИКЛАДАННЯ ЕЛЕКТРОТЕХНІКИ ЗАСОБАМИ ПРОГРАМУВАННЯ

Ushkarenko O. O.

*Doctor of Technical Sciences, Professor,
Professor at the Department
of Programmable Electronics, Electrical
Engineering and Telecommunications,
Admiral Makarov National University
of Shipbuilding
Mykolaiv, Ukraine*

Ушкаренко О. О.

*доктор технічних наук, професор,
професор кафедри програмованої
електроніки, електротехніки
і телекомунікацій,
Національний університет
кораблебудування імені адмірала
Макарова
м. Миколаїв, Україна*

The theoretical foundations of electrical engineering are a core discipline in engineering education, providing fundamental knowledge of electrical circuits, their laws, and methods of analysis. Studying this subject requires students not only to understand physical processes but also to perform a significant number of mathematical calculations. At the same time, in the early stages of learning programming, students focus on mastering logic, syntax, and conceptual constructs, and often work with abstract examples that have no direct connection to their future professional activities, as noted in [1, p. 6456].

Modern research in the field of training students in engineering specialties indicates a growing need for competency-based approaches to teaching that promote the development of cognitive and practical skills in programming [2, p. 20350]. However, these approaches are often considered in the context of IT courses without close connection to specific technical disciplines, and do not show how to integrate programming directly with a technical subject, such as electrical engineering, in the curriculum. Other studies, for example [3, p. 8], demonstrate the positive impact of programming on the understanding of technical phenomena, in particular electromagnetic processes, but do not propose generalized models combining technical knowledge and programming skills.

This creates a need for an interdisciplinary approach that combines fundamental disciplines, in particular the theoretical foundations of electrical engineering, with information technologies. Modern trends in engineering education indicate a gradual transition to competency-based learning [4, p. 2], which presupposes the active integration of digital technologies and interdisciplinary practices. Educational programs should develop not only professional disciplinary knowledge but also broad competencies, including digital skills, critical thinking, the ability to solve real-world engineering problems, and the effective application of information technology in a technical context.

The interdisciplinary approach discussed in this paper addresses these limitations through the gradual integration of calculations in the course on the theory of electrical engineering and programming, the development of testing competencies, and the systematic verification of results. This is an important step toward improving the effectiveness of technical education.

At the initial stages of learning programming, it is advisable to combine the study of programming fundamentals with the calculation of DC electrical circuits, which are relatively simple and intuitive from an engineering perspective. Such problems allow students to become familiar with basic programming concepts, in particular data types, type casting, arithmetic operations, and the main control constructs of a programming language. As the course material becomes more complex and students move on to electrical circuit calculation methods, such as the nodal potential method and the loop current method, the need to work with systems of linear equations arises in programming. This, in turn, requires the use of matrix methods implemented using multidimensional arrays and corresponding mathematical operations. This ensures a natural transition from simple algorithms to more complex programming structures.

As their programming knowledge deepens and the complexity of the problems in the electrical engineering course increases, students gradually master the means of visualizing calculation results, particularly graphical output, and acquire basic knowledge of numerical methods. In this case, graphical representation of signals in the form of timing diagrams or vector diagrams provides a visual tool for analyzing processes in AC circuits. Figure 1 shows an example of software implementation for calculating a three-phase electrical circuit, combining a schematic representation, numerical results, and graphical visualization. The program calculates phase currents and voltages and constructs a vector diagram, which allows for a clear illustration of phase shifts and the symmetry of a three-phase system.

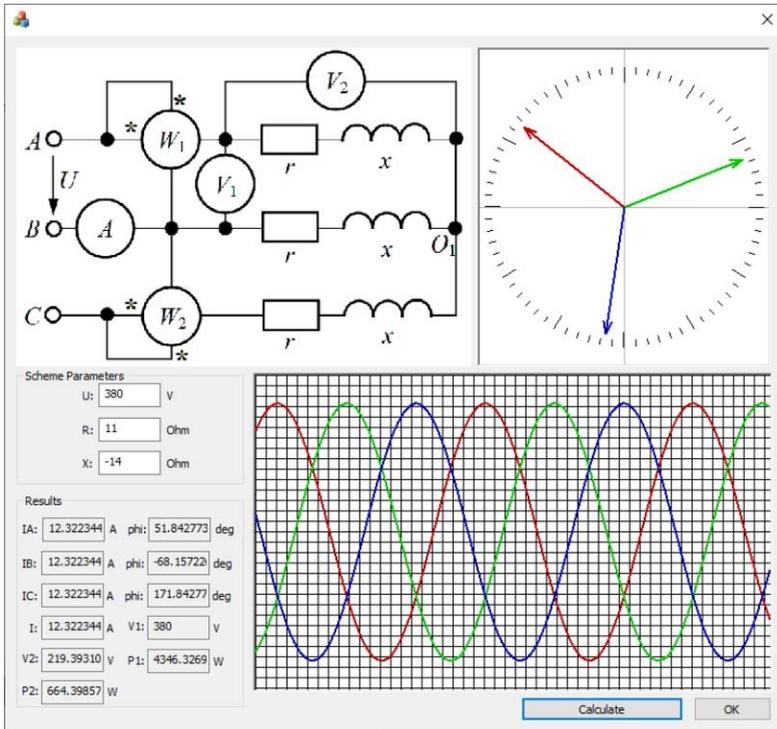


Fig. 1. Results of the software-based calculation of a three-phase circuit

The use of numerical methods is effective for calculating transient processes, performing parametric analysis of electrical circuits, and studying the impact of changes in component parameters on system operating modes. Implementing such methods in a software environment facilitates a deeper understanding of dynamic processes in electrical systems.

Particular attention should be paid to working with complex numbers, which are widely used in the analysis of AC circuits. During programming, it is advisable to create a custom class for representing complex numbers with overloaded arithmetic operators, allowing students to combine theoretical knowledge of electrical engineering with object-oriented programming approaches.

The presented methodology eliminates these shortcomings through a step-by-step approach:

- at the initial stages, students solve simple DC problems, which allows them to master data types, type casting, and basic operations;

– later, when studying nodal potential and loop current methods, systems of linear equations, multidimensional arrays, and mathematical operations are used;

– when analyzing AC circuits, signal visualization is used to clearly demonstrate phase shifts and transient processes;

– for working with complex numbers, the creation of a custom class with overloaded operators, integrating programming and mathematical modeling is proposed.

An analytical calculation of an electrical circuit, performed by a student in accordance with the theory of electrical engineering, should be considered a reference solution. The obtained results can be used to verify the correctness of the algorithms and software implementations. Comparing the results of manual and software calculations allows for the identification of possible errors in algorithms, the implementation of numerical methods, or the processing of input data, which develops students' basic skills in software testing and verification, as well as an understanding of the permissible errors inherent in numerical methods. The interdisciplinary approach proposed in the thesis is practically implemented in the textbook [5], which describes in detail the methods for the step-by-step integration of programming with electrical circuit calculations, numerical methods, and the visualization of results. Thus, the combination of programming and the theoretical foundations of electrical engineering provides an interdisciplinary link between academic disciplines, fosters professional, information technology, and analytical competencies, develops engineering thinking, and enhances the effectiveness of the educational process. In this approach, programming and the theoretical foundations of electrical engineering mutually support each other, creating a synergy focused on the practical training of future engineers.

Bibliography:

1. Garcia M. B. Profiling the Skill Mastery of Introductory Programming Students: A Cognitive Diagnostic Modeling Approach. *Education and Information Technologies*. 2024. Vol. 30(5), P. 6455–6481. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10639-024-13039-6>

2. Dunhong Yao, Jing Lin. Cognitive enhancement through competency-based programming education: a 12-year longitudinal study. *Education and Information Technologies*. 2025. Vol. 30. P. 20347–20383. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10639-025-13582-w>

3. Nogueira J. R., Alves R., Carmona Marques P. Computational programming as a tool in the teaching of electromagnetism in engineering courses. *Education Sciences*. 2019. Vol. 9, No. 1(64). P. 1–10. DOI: [10.3390/educsci9010064](https://doi.org/10.3390/educsci9010064)

4. Yu-Ping Hsu, Danielle F. Chiang, Ifedayo Kehinde. Transforming engineering education in the digital era: findings from a systematic review. *Frontiers in Education*. 2025. Vol. 10. P. 1–12. DOI: <https://doi.org/10.3389/feduc.2025.1568917>

5. Рябенький В. М., Ушкаренко О. О., Островерхов М. С., Аль-суод Махмуд М. С. Програмна реалізація методів розрахунку та аналізу електричних кіл : навч. посібник. Київ : Вид-во Ліра-К, 2021. 462 с.

SECTION 5. HEAT POWER ENGINEERINGDOI <https://doi.org/10.30525/978-9934-26-661-4-8>**ANALYTICAL STUDIES OF HEATING PROCESSES
OF CERAMIC PRODUCTS****АНАЛІТИЧНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСІВ НАГРІВАННЯ
КЕРАМІЧНИХ ВИРОБІВ****Logvynenko D. M.**

*Candidate of Technical Sciences,
Head of laboratory
State Enterprise
«All-Ukrainian State Research
and Production Center
for Standardization, Metrology,
Certification and Consumers' Rights
Protection»;
Researcher
The Gas Institute of the National
Academy of Sciences of Ukraine
Kyiv, Ukraine*

Логвиненко Д. М.

*кандидат технічних наук, начальник
лабораторії
Державне підприємство
«Всеукраїнський державний науково-
виробничий центр стандартизації,
метрології, сертифікації та захисту
прав споживачів»;
науковий співробітник,
Інститут газу Національної академії
наук України
м. Київ, Україна*

Pylypenko R. A.

*Candidate of Technical Sciences,
Senior researcher,
Leading researcher,
The Gas Institute of the National
Academy of Sciences of Ukraine
Kyiv, Ukraine*

Пилипенко Р. А.

*кандидат технічних наук, старший
науковий співробітник,
провідний науковий співробітник,
Інститут газу Національної академії
наук України
м. Київ, Україна*

One of the main tasks in the firing of ceramic products in tunnel kilns is the intensification of the heating process. The heating process is characterized by two main parameters: temperature and heating rate. The research was conducted to obtain a preliminary quantitative assessment of the heating process rate with subsequent experimental verification of the obtained data.

The analytical research was conducted on the example of bilateral symmetric heating of solid and hollow bricks with a linear change in temperature on the surface, which most closely corresponds to its heating in tunnel kilns.

Taking into account that the surface of the narrow faces of a standard single brick is 44% of its total surface, and up to 50% of the surface of the narrow faces in a conventional kiln cage is closed, for the calculation you can use the solution of the heat conductivity equation for heating an unlimited plate with a linear change in temperature on the surface [1, 2].

If we take into account that the heating of the brick in a tunnel kiln occurs in such a way that its speeds are set in certain temperature intervals based on permissible differences in thickness, then it is advisable to consider a multi-stage heating mode, in which the temperature change on the surface occurs along a broken line consisting of straight sections, especially since any temperature heating curve can be replaced by a broken one with straight sections.

The resulting solution of the heat conductivity equation with a linear change in temperature on the surface for multi-stage heating has the form

$$t = t_S + \frac{C_m \cdot S^2}{2a} \cdot \left(\frac{x^2}{S^2} - 1 \right) + \frac{S^2}{a} \cdot [C_1 \cdot \Phi^1 + (C_2 - C_1) \cdot \Phi^{11} + \dots + (C_m - C_{m-1}) \cdot \Phi^m] \quad (1)$$

where

$$t_S = C_1 \cdot \tau_1 + C_2 \cdot \tau_2 + \dots + C_m \cdot \left(\tau - \sum_{i=1}^{m-1} \tau_i \right)$$

In solution (1) the number of terms included in the sum of an infinite series is equal to the number of heating stages. Each of the terms is the product of the differences in the heating rate in this and the previous sections and the function Φ , which is determined by the dependencies for single-stage heating for the entire time from the beginning of this section [1].

The proposed solution allows you to determine the temperature field at any stage of heating, holding or cooling. In the specified solution, the thermophysical properties of the brick have constant values. The values of the thermal conductivity coefficient λ , thermal diffusivity a and heat capacity C_p change during heating. The reliability of the calculation increases with correctly selected average values of these coefficients in the temperature change interval. The true dependence of the thermal conductivity coefficient, thermal diffusivity and heat capacity of ceramic materials on temperature, taking into account endo- and exothermic reactions, is quite complex. To solve thermophysical problems, for the purpose of simplification, a rectilinear dependence of their values on temperature is usually assumed, and this coincides quite well with experimental data.

In the calculations, the average values of the thermal conductivity coefficient, thermal diffusivity and heat capacity were determined as the arithmetic mean of the extreme values in the temperature intervals studied.

Two-stage, speed-dependent heating of bricks was analyzed. In the first stage, the surface temperature of the wide faces varied from 100 °C (conditionally accepted for the end of brick drying in a tunnel kiln) to 700 °C, in the second stage – from 700 °C to the final firing temperature, which is 950 °C.

Fig. 1 shows a graph of the calculation of two-sided symmetrical heating of a solid brick measuring 250x120x65mm at some real heating rate values of 300 C/h and 200 C/h for heating clay bricks.

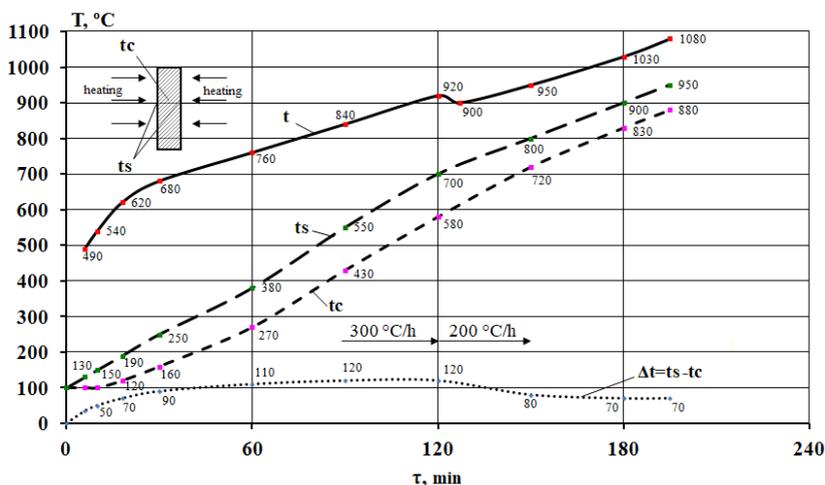


Fig. 1 Two-sided symmetrical heating of a solid brick 65 mm thick with a linear change in surface temperature at a heating rate of 300 °C/h from 100 to 700 °C and at a rate of 200 °C/h from 700 to 950 °C

The heating mode corresponds to the curve t_s . The curve t characterizes the temperature of the medium in the furnace. The estimated heating duration was 195 minutes, of which – 120 minutes at a rate of 300 °C/h from the initial temperature of 100 °C to the surface temperature of 700 °C, 75 minutes – at a rate of 200 °C/h in the range of brick heating temperatures of 700–950 °C, respectively. In this case, the final temperature of the medium in the furnace t was 1080 °C. At a heating rate of 300 °C/h, the maximum temperature difference between the surface and the middle section of the brick was 120 °C, and at a rate of 200 °C/h – 80 °C. The temperature difference between the surface and the center of the brick in Fig. 1 at the end of heating was 70 °C. This indicates the need for holding

at the end of each heating period to equalize the temperature throughout the thickness of the brick and relieve thermal stresses [3].

With a linear change in surface temperature and an unchanged average value of the thermal diffusivity coefficient, the temperature difference between the surface t_s and the middle t_c during heating increases until it reaches the largest value Δt_{\max} , which does not change further for values of the Fourier number $Fo > 1$. This maximum temperature difference is directly proportional to the heating rate, the square of the thickness and inversely proportional to the thermal diffusivity coefficient and is practically independent of the nature of the heating in the first stage [3]:

$$\Delta t_{\max} = \frac{C \cdot S^2}{2a} \quad (2)$$

The true temperature dependence of λ , α , and C_p of ceramic materials, taking into account endothermic and exothermic effects, is complex. For the sake of simplicity, a linear dependence of their values on temperature is usually adopted when solving thermophysical problems, which agrees reasonably well with experimental data. This solution assumes constant values for the thermophysical properties of the heated material.

The results of the analytical analysis lead to the need for development and development of individual designs of tunnel kilns for different types of clay slurry using the method of extracting the best product from the product.

Bibliography:

1. David W. Hahn, M. Necati Özişik Heat Conduction. 2012. 752 pages. John Wiley & Sons, Inc Print ISBN:9780470902936 |Online ISBN:9781118411285 |DOI:10.1002/9781118411285
2. Lienhard IV, John H; Lienhard V, Dr. John H A Heat Transfer Textbook: Fifth Edition (Dover Books on Engineering). 2019. 784 pages . Dover Publications ISBN 10: 0486837351 / ISBN 13: 9780486837352
3. Логвиненко Д. М. Розробка та дослідження методів інтенсифікації процесів сушіння та випалювання керамічної цегли : дис. ... канд. техн. наук : 05.14.06 / Інститут газу Національної академії наук України. Київ, 2012. 172 с.

SECTION 6. AUTOMATION AND TOOL ENGINEERING

DOI <https://doi.org/10.30525/978-9934-26-661-4-9>

PROCESSING STATISTICAL DATA OF METEOROLOGICAL PARAMETERS USING ARTIFICIAL INTELLIGENCE

ОБРОБКА СТАТИСТИЧНИХ ДАНИХ МЕТЕОРОЛОГІЧНИХ ПАРАМЕТРІВ ЗА ДОПОМОГОЮ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ

Holyk O. P.

*Candidate of Technical Sciences,
Associate Professor,
Associate Professor at the department
of automation of the production
processes,
Central Ukrainian National
Technical University
Kropyvnytskyi, Ukraine*

Голік О. П.

*кандидат технічних наук, доцент,
доцент кафедри автоматизації
виробничих процесів,
Центральноукраїнський національний
технічний університет
м. Кропивницький, Україна*

Nerush O. A.

*Postgraduate Student at the Department
of automation of the production
processes,
Central Ukrainian National Technical
University
Kropyvnytskyi, Ukraine*

Неруш О. А.

*аспірант кафедри автоматизації
виробничих процесів,
Центральноукраїнський національний
технічний університет
м. Кропивницький, Україна*

Korsikov O. V.

*Postgraduate Student at the Department
of automation of the production
processes,
Central Ukrainian National Technical
University
Kropyvnytskyi, Ukraine*

Корсіков О. В.

*аспірант кафедри автоматизації
виробничих процесів,
Центральноукраїнський національний
технічний університет
м. Кропивницький, Україна*

Актуальність збору кліматичних даних обумовлена потребами багатьох секторів національної економіки, зокрема енергетичну галузь, агро-технічний сектор та промислове будівництво. Моніторинг таких параметрів, як сонячна інсоляція, барометричний тиск, швидкість вітрових потоків та вологість, є фундаментальним етапом наукового

планування. Зокрема, під час розробки інженерних рішень для об'єктів «зеленої» енергетики (вітрогенераторів чи сонячних станцій) детальний аналіз метеорологічного профілю конкретної локації є критично важливим для оцінки їхньої майбутньої ефективності. Таку інформацію можна отримати з відповідних метеорологічних служб, наприклад для м. Кропивницький, Україна [1].

В залежності від подальшого використання обробка статистичних даних метеорологічних параметрів може полягати у визначенні:

- середніх значень за певні періоди часу (середньодобові, за сезонами року, середньорічні тощо);
- похибок;
- узагальнюючих показників (дисперсія, медіана, середнє арифметичне, мода, середнє квадратичне відхилення);
- перевірки гіпотез щодо вірогідності результатів;
- кореляційно-регресійного аналізу.

З метою отримання вірогідних даних слід використовувати набір статистичних даних за тривалий період часу (не менше 1 року, а краще 5–10 років), що призводить до необхідності витратити багато часу на обробку великих масивів даних.

Наразі розвиток технологій та інструментів штучного інтелекту (ШІ) дає можливість виконувати обробку різних даних, і як наслідок, суттєво зменшити трудові затрати на обробку даних. При цьому необхідно коректно надавати вхідну інформацію при використанні того чи іншого інструменту ШІ.

В даній роботі розглянуто можливість обробки статистичних даних з використанням таких інструментів ШІ: ChatGPT, Google Gemini, Copilot.

На кафедрі автоматизації виробничих процесів Центрально-українського національного технічного університету з 2008 року розпочато експериментальні дослідження з вимірювання метеорологічних показників за допомогою цифрової погодної метеостанції Vantage Pro. Метеостанція вимірює такі параметри: температуру, вологість, швидкість та напрямок вітру, атмосферний тиск, кількість сонячної енергії, інтенсивність сонячного випромінювання, кількість опадів, комфортну температуру. Для моніторингу кліматичних параметрів використовується програмний комплекс «WeatherLink», який забезпечує постійний зв'язок із метеостанцією. Програмні засоби дають змогу переглядати накопичені дані у довільних часових інтервалах. Зокрема, вимірювальний цикл приладу становить 60 секунд, а кожні 30 хвилин система підсумовує ці результати, відображаючи середньоарифметичне значення. Для прикладу було використано статистичні

дані метеорологічних параметрів за 2021 рік м. Кропивницький, Україна.

Обробка даних за допомогою ChatGPT. Для цього необхідно завантажити таблицю даних у форматі .xls або .xlsx до ChatGPT, а потім надати запит на конкретну обробку, наприклад, визначити кореляцію між температурою, швидкістю вітру та інтенсивністю сонячного випромінювання. Для коректної обробки слід спочатку щоб сервіс виконав обробку таблиці та надав висновки щодо інформації, яка міститься у таблиці. Після перевірки цієї інформації можна надавати запит на конкретну обробку. В результаті кореляційного аналізу на основі Пірсона ChatGPT надав такі коефіцієнти кореляції: температура-сонячне випромінювання ($r = 0.506$); температура-швидкість вітру ($r = -0.021$); швидкість вітру-сонячне випромінювання ($r = 0.141$). А також згенерував загальні висновки: Кореляційний аналіз показав, що серед досліджених параметрів найбільш суттєвий статистичний зв'язок спостерігається між температурою повітря та інтенсивністю сонячного випромінювання ($r = 0.506$), що підтверджує їх функціональну залежність. Вплив швидкості вітру на температуру та сонячну радіацію є статистично слабким і може носити опосередкований або нелінійний характер (*використано штучний інтелект*). Також в подальшому можна побудувати графіки кореляції.

Процедура обробки даних за допомогою Gemini схожа, як і в ChatGPT. Отримані коефіцієнти кореляції дещо відрізняються, але не суттєво: температура-сонячне випромінювання ($r = 0.52$); температура-швидкість вітру ($r = -0.12$); швидкість вітру-сонячне випромінювання ($r = 0.08$). Інтерпретація результатів в даному випадку виглядає більш розширено за кожним показником. А загальний висновок має вигляд: Найсильніший зв'язок у вашому наборі даних між температурою та сонячним випромінюванням. Кореляція 0.52 вважається помірною та позитивною. Між температурою та швидкістю вітру слабка від'ємна кореляція, це означає що прямої жорсткої залежності немає. Майже нульова кореляція між сонячним випромінюванням та швидкістю вітру, це означає що ці два параметри практично незалежні один від одного (*використано штучний інтелект*). На відміну від ChatGPT безкоштовна версія Gemini не виконує побудову графіків кореляції, проте надає вичерпну інформацію щодо їх побудови в Excel.

В базовій версії Copilot процедура завантаження таблиці не відрізняється від попередніх інструментів ШІ. Результати отримані за допомогою Copilot співпадають з результатами ChatGPT (при умові використання для аналізу коефіцієнта кореляції Пірсона). Також Copilot надає можливість побудувати теплові карти кореляцій. Інтерпретація результатів в Copilot наступна: Найсильніший зв'язок –

між температурою та сонячною радіацією. Швидкість вітру майже не корелює з температурою і лише слабо – з сонячною інтенсивністю. Дані мають виразний добовий цикл, що знижує значення глобального коефіцієнта Пірсона (*використано штучний інтелект*).

Висновок. Аналіз метеоданих рекомендується проводити за допомогою моделей ChatGPT, Gemini або Copilot. Хоча за якістю обробки статистичної інформації вони демонструють схожу ефективність, ChatGPT і Copilot мають перевагу у створенні графічного контенту (діаграм, графіків) безпосередньо в інтерфейсі чату, що спрощує інтерпретацію динаміки параметрів порівняно з текстовими звітами Gemini

Література:

1. Архів погоди для Кропивницького. *Meteoblue* : вебсайт. URL: https://www.meteoblue.com/uk/weather/historyclimate/weatherarchive/kropivnytskyukraine_705812

SECTION 7. CHEMICAL TECHNOLOGIES AND ENGINEERING

DOI <https://doi.org/10.30525/978-9934-26-661-4-10>

CHEMISTRY AS A TOOL FOR ACHIEVING THE SUSTAINABLE DEVELOPMENT GOALS: TECHNOLOGIES, MATERIALS, ENERGY

СУЧАСНА ХІМІЯ ЯК ІНСТРУМЕНТ ДОСЯГНЕННЯ ЦІЛЕЙ СТАЛОГО РОЗВИТКУ: ТЕХНОЛОГІЇ, МАТЕРІАЛИ, ЕНЕРГІЯ

Nadala O. S.

*Physics teacher at the Department of
Fundamental Sciences,
Hetman Petro Sahaidachny National
Army Academy
Lviv, Ukraine*

Надала О. С.

*викладач фізики кафедри
фундаментальних наук,
Національна академія сухопутних
військ імені гетьмана Петра
Сагайдачного
м. Львів, Україна*

Актуальність теми. Сталий розвиток є найбільш глобальною стратегією, яка спрямована на забезпечення збалансованого економічного зростання, соціального добробуту, збереження навколишнього середовища для майбутніх поколінь. Досягнення цілей сталого розвитку (Sustainable Development Goals, SDGs), визначених Організацією Об'єднаних Націй [3, с. 1–5], неможливе без безпосереднього та активного залучення фундаментальних і прикладних наук, а саме хімії. Реалізація тих же цілей (SDGs) потребує динамічного впровадження наукових досягнень, зокрема вже в сучасній хімії.

Мета та завдання дослідження. Проаналізувати роль сучасної хімії у забезпеченні сталого, стабільного розвитку, який базується на впровадженні “зелених” технологій, створення ресурсоефективних матеріалів та розвиток альтернативної енергетики, що мінімізують антропогенний вплив на навколишнє середовище [4, с. 810].

1. Хімія та “зелені” технології

Сучасна хімія ґрунтується на мінімізації негативного впливу виробництва на довкілля. Усе це досягається завдяки впровадженню принципів “зеленої” хімії. Вони полягають у зменшенні використання токсичних речовин, підвищенні енергоефективності процесів,

скороченні утворення відходів. Безвідходні технології, біорозкладні матеріали, каталітичні методи сприяють:

- зменшенню промислового забруднення [4, с. 3181–3182];
- раціональному використанню природних ресурсів [2, с. 40–45];
- переходу до циркулярної економіки [4, с. 3182].

Таким чином хімія забезпечує екологізацію виробничих процесів та формування безпечного технологічного середовища [5, с. 118].

2. Новітні матеріали як основа ресурсоефективності

Розроблення новітніх матеріалів – наноструктур, композитів, мембран, біополімерів – забезпечує підвищення довговічності продукції та зниження ресурсоспоживання. Сучасні матеріали для очищення води, повітря, утилізації відходів відіграють важливу роль у забезпеченні екологічної безпеки та покращенні якості життя населення [5, с. 812]. Концепція ресурсоефективності активно розглядається в межах зеленої хімії [8, с. 95–110].

3. Хімія в енергетичному переході

Сучасні хімічні дослідження сприяють розвитку енергетичної трансформації, яка є ключовим елементом сталого розвитку, визначеним у міжнародних стратегічних документах [3, с. 14–19]. Хімія сприяє:

- розробленню ефективних акумуляторів і паливних елементів [7, с. 40–42];
- створенню водневих технологій [7, с. 40–42];
- виробництву біопалива та синтетичних енергоносіїв [6, с. 5354–5455];
- удосконаленню сонячних та фотоелектрохімічних систем [4, с. 3182–3183].

Усе це дозволяє зменшити викиди парникових газів і забезпечити перехід до низьковуглецевої економіки [6, с. 5456].

Висновки. Сучасна хімія виступає стратегічним інструментом досягнення цілей сталого розвитку. Її надбання забезпечують впровадження екологічно орієнтованих технологій [1, с. 50–55; 5, с. 812], створення інноваційних матеріалів [2, с. 130–135] і розвиток альтернативної енергетики [6, с. 5456; 7, с. 45]. Усі ці чинники ведуть до формування енергетично стійкої моделі розвитку суспільства. Інтеграція хімічних досліджень із міждисциплінарними підходами сприяє формуванню даної моделі, що поєднує економічну ефективність, соціальну відповідальність та екологічну безпеку [3, с. 5].

Література:

1. Anastas P. T., Warner J. C. Green chemistry: theory and practice. New York : Oxford University Press, 1998. 135 p.

2. Clark J. H., Macquarrie D. J. Handbook of green chemistry and technology. Oxford : Blackwell Science, 2002. 540 p.
3. United Nations. Transforming our world: the 2030 agenda for sustainable development. New York : United Nations, 2015. 41 p.
4. Sheldon R. A. Green chemistry and resource efficiency: towards a green economy. *Green Chemistry*. 2016. Vol. 18. P. 3180–3183.
5. Poliakoff M., Licence P. Green chemistry. *Nature*. 2007. Vol. 450. P. 810–812.
6. Dunn J. B. Biofuel life cycle analysis and sustainability. *Energy & Environmental Science*. 2012. Vol. 5. P. 5451–5468.
7. Crabtree G. W., Dresselhaus M. S., Buchanan M. V. The hydrogen economy. *Physics Today*. 2004. Vol. 57, № 12. P. 39–44.
8. Матвеев В. М., Єршов Б. Г. Основи зеленої хімії. Київ : Видавничий дім «Києво-Могилянська академія», 2019. 256 с.

SECTION 8. FOOD TECHNOLOGIES

DOI <https://doi.org/10.30525/978-9934-26-661-4-11>

INTENSIFICATION OF DRYING OF THERMOLABILE MATERIALS USING HEAT PUMP CYCLES

ІНТЕНСИФІКАЦІЯ ПРОЦЕСУ СУШІННЯ ТЕРМОЛАБІЛЬНИХ МАТЕРІАЛІВ ІЗ ЗАСТОСУВАННЯМ ТЕПЛОНАСОСНИХ ЦИКЛІВ

Dabizha N. O.

*Candidate of Technical Sciences, Senior
Research Fellow,
Institute of Engineering Thermophysics
of the National Academy of Sciences
of Ukraine
Kyiv, Ukraine*

Дабіжа Н. О.

*кандидат технічних наук, старша
наукова співробітниця,
Інститут технічної теплофізики
Національної академії наук України
м. Київ, Україна*

Husarova O. V.

*Candidate of Technical Sciences,
Senior Lecturer at the Department
of Chemical Engineering and Oil
Refining Industry,
National Technical University
of Ukraine "Igor Sikorsky Kyiv
Polytechnic Institute";
Senior Research Fellow,
Institute of Engineering Thermophysics
of the National Academy of Sciences
of Ukraine
Kyiv, Ukraine*

Гусарова О. В.

*кандидат технічних наук,
старша викладачка кафедри машин
та апаратів хімічних і
нафтопереробних виробництв,
Національний технічний університет
України «Київський політехнічний
інститут імені Ігоря Сікорського»;
старша наукова співробітниця,
Інститут технічної теплофізики
Національної академії наук України
м. Київ, Україна*

Malashchuk N. S.

*Doctor of Philosophy,
Research Associate,
Institute of Engineering Thermophysics
of the National Academy of Sciences
of Ukraine
Kyiv, Ukraine*

Малашчук Н. С.

*доктор філософії, наукова
співробітниця,
Інститут технічної теплофізики
Національної академії наук України
м. Київ, Україна*

Україна, як член ООН, приєдналася до глобального процесу забезпечення сталого розвитку, визначивши національні Цілі Сталого Розвитку (ЦСР), які слугуватимуть основою для інтеграції зусиль, спрямованих на забезпечення економічного зростання, соціальної справедливості та раціонального природокористування [1]. Одним із завдань ЦСР є забезпечення створення стійких систем виробництва продуктів харчування, насамперед за рахунок використання інноваційних технологій виробництва, розроблених на засадах підвищення їхньої енергоефективності [1]. В умовах сьогодення забезпечення доступності збалансованого харчування для населення України на рівні науково обґрунтованих норм є пріоритетом державної політики [1].

Одним із основних технологічних процесів в харчовій та переробній промисловості є сушіння нагрітим повітрям, під час якого відбувається видалення надлишкової вологи з матеріалу до рівня безпечного для зберігання. У висушеному продукті припиняється мікробне псування та мінімізується ферментативна активність, що подовжує термін зберігання. Проте, сушіння є енергоємним промисловим процесом, на який припадає від 12 до 20% від загального споживання енергії в промисловості розвинених країн. Для досягнення ЦСР важливим є формування енергетичної безпеки країни, що передбачає зокрема впровадження програм і заходів з підвищення енергозбереження та енергоефективності секторів економіки [1].

Враховуючи, що сушіння нагрітим повітрям є важливим з точки зору збереження властивостей і хімічного складу сировини та витрат енергії етапом, для створення сталих технологій перероблення рослинних матеріалів дослідження зневоднення сировини, спрямовані на підвищення енергоефективності процесу та забезпечення одержання продукту високої якості є актуальним науково-технічним завданням.

Для визначення закономірностей процесу сушіння термолабільних матеріалів та розроблення енергоефективних режимів зневоднення як об'єкти дослідження вибрані фрукти (яблука) та пряно-ароматичні трави (м'ята перцева). У зв'язку з тим, що тривала теплова дія негативно позначається на якості готового продукту, при розробленні режимів зневоднення фруктів та пряно-ароматичних трав основний акцент повинен робитися на використання невисоких температур і скорочення тривалості процесу. Для збереження цінних біологічно активних речовин сушіння необхідно здійснювати за температури, що не перевищує 40 °C для пряно-ароматичних трав і 60 °C для фруктів.

При вивченні технологічних властивостей матеріалів важливе значення має аналіз ізотерм адсорбції, що представляють функціональну залежність між відносною вологістю повітря і рівноважним вологовмістом матеріалу при постійних температурі і тиску. За

експериментально одержаними ізотерми адсорбції пари води для досліджуваних матеріалів визначені значення рівноважних вологовмістів в діапазоні температур 30...60 °С. Це дозволило встановити зв'язок між тепловологісними параметрами сушильного агента і висушуваного матеріалу в процесі сушіння, а також одержати залежність парціального тиску пари води на поверхні матеріалу від вологовмісту і температури $p_m = f(u, t)$ в діапазоні $u = 0,04...0,9$ кг/кг с.м. і $t = 30...60$ °С.

Найпомітніший вплив вологовмісту сушильного агента на тривалість процесу виявляється при низькотемпературному сушінні: низька інтенсивність зневоднення, залежність ефективності роботи сушарки від тепловологісних параметрів атмосферного повітря. Аналіз залежностей парціального тиску пари води на поверхні матеріалу p_m для досліджуваних матеріалів показав, що у міру зменшення вологовмісту на поверхні матеріалу зменшується рушійна сила масообміну – масообмінний напор $\Delta p = p_m - p_{c.a.}$.

Єдиним шляхом інтенсифікації процесу низькотемпературного сушіння є збільшення масообмінного напору Δp шляхом примусового осушення сушильного агента. Для підтримки необхідної величини масообмінного напору сушіння доцільно проводити за режимами зі змінюваним ступенем осушення сушильного агента. На першій стадії сушіння, достатній невеликий ступінь осушення. На другій стадії у міру зниження парціального тиску пари води над матеріалом відповідно збільшується ступінь осушення. На стадії досушування, основним фактором, що обумовлює енерговитрати, є тривалість процесу. Для збільшення швидкості сушіння необхідно максимально збільшити ступінь осушення сушильного агента.

В дослідженні [2] для визначення оптимальних за енерговитратами показників процесу сушіння з застосуванням теплонасосного циклу розроблений алгоритм розрахунку в $H-d$ діаграмі процесу зневоднення теплоносія. За розрахованими питомими енерговитратами при різних температурах сушіння та ступенях осушення теплоносія (рис. 1), визначені оптимальні тепловологісні параметри теплоносія та розроблені режими, що забезпечують інтенсифікацію масообміну та мінімальні енерговитрати в продовж всього процесу сушіння (табл. 1).

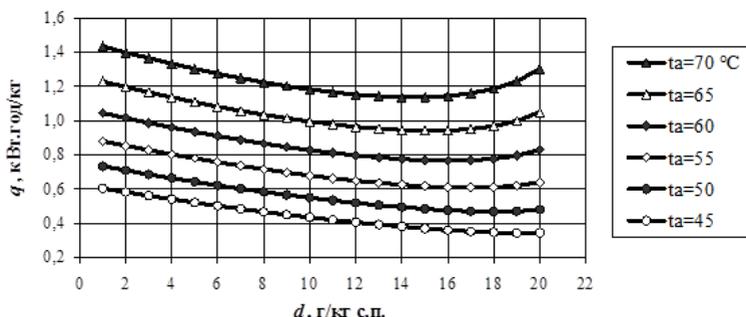


Рис. 1. Вплив температури сушіння на енерговитрати процесу видалення вологи

Відпрацьоване вологе повітря, що йде з сушарки, є ідеальним джерелом низькопотенційної енергії для теплового насоса конденсаційної сушарки. Інтеграція теплового насоса в цикл сушарки дозволяє реалізувати розроблені режими сушіння яблука та м'яти перцевої.

Таблиця 1

Режими сушіння яблука та м'яти при температурі сушильного агента 50 °C та 40 °C відповідно

Стадія	Ступінь осушення сушильного агента	d , г/кг с.п.	Δp , мм рт.ст. яблуко / м'ята	q , кВт·год/кг
I	невеликий ступінь осушення	20...25	58...63 / 25...30	0,4...0,6
II	збільшення ступеня осушення	15...20	45...54 / 20...25	0,6...1,0
III	максимально можливий ступінь осушення	< 15	33...42 / 12	до 1,5

Можливість примусового осушення повітря у випарнику теплового насоса дозволяє створити необхідні тепловологісні параметри сушильного агента незалежно від умов навколишнього середовища. Така здатність теплового насоса знижувати вологовміст сушильного агента під час низькотемпературного сушіння сприяє інтенсифікації вологовидалення за рахунок підвищення масообмінного напору між теплоносієм і матеріалом. Волога, що вилучається з матеріалу не виноситься сушильним агентом в навколишнє середовище, а конденсується на холодній поверхні випарника теплового насоса, при цьому

утилізується теплота конденсації, яка повертається на більш високому рівні в процес. Це дозволяє знизити енерговитрати на зневоднення в 2...3 рази в порівнянні з традиційним конвективним сушінням, підвищивши його енергоефективність.

Література:

1. Національна доповідь «Цілі Сталого Розвитку: Україна». URL: <https://www.kmu.gov.ua/storage/app/sites/1/natsionalna-dopovid-csr-Ukrainy.pdf> (дата звернення: 26.02.2026).

2. Snezhkin Y., Chalaev D., Dabizha N. Analysis of energy performance of heat pump drying. *Thermophysics and Thermal Power Engineering*. 2017. Vol. 39. № 3. P. 47–52. <https://doi.org/https://doi.org/10.31472/ihe.3.2017.07>.

SECTION 9. ENVIRONMENTAL TECHNOLOGIES

DOI <https://doi.org/10.30525/978-9934-26-661-4-12>

PROCESSING OF ASH AND SLAG WASTE FROM POWER PLANTS AS A NECESSARY ELEMENT OF THE IMPLEMENTATION OF EUROPEAN ENVIRONMENTAL LEGISLATION IN UKRAINE

ПЕРЕРОБЛЕННЯ ЗОЛОШЛАКОВИХ ВІДХОДІВ ЕЛЕКТРОСТАНЦІЙ ЯК НЕОБХІДНИЙ ЕЛЕМЕНТ ІМПЛЕМЕНТАЦІЇ В УКРАЇНІ ЄВРОПЕЙСЬКОГО ЕКОЛОГІЧНОГО ЗАКОНОДАВСТВА

Sezonenko O. B.

*Candidate of Technical Sciences,
Senior Researcher,
The Gas Institute of the National
Academy of Sciences of Ukraine
Kyiv, Ukraine*

Сезоненко О. Б.

*кандидат технічних наук,
старший науковий співробітник,
Інститут газу Національної академії
наук України
м. Київ, Україна*

Gonchar V. P.

*Candidate of Technical Sciences,
Researcher,
The Gas Institute of the National
Academy of Sciences of Ukraine
Kyiv, Ukraine*

Гончар В. П.

*кандидат технічних наук,
науковий співробітник,
Інститут газу Національної академії
наук України
м. Київ, Україна*

Alekseenko V. V.

*Candidate of Technical Sciences,
Senior Researcher,
The Gas Institute of the National
Academy of Sciences of Ukraine
Kyiv, Ukraine*

Алексєєнко В. А.

*кандидат технічних наук,
старший науковий співробітник,
Інститут газу Національної академії
наук України
м. Київ, Україна*

Вступ. Україна сьогодні стоїть перед викликом: як поєднати традиційну теплову енергетику з вимогами сучасної екологічної політики Європейського Союзу. Одним із найбільших бар'єрів на цьому шляху є золошлакові відходи електростанцій. Вони накопичуються десятиліттями, утворюючи цілі техногенні «ландшафти», що забруднюють ґрунти, воду та повітря. Європейське законодавство чітко

говорить: відходи мають ставати ресурсами, а не проблемою. Саме тут переробка золошлакових матеріалів стає ключовим елементом імплементації європейських норм в Україні.

Європейські вимоги. Європейський Союз вибудував систему поводження з відходами на принципах циркулярної економіки.

– Директива 2008/98/ЕС про відходи встановлює ієрархію: запобігання утворенню → повторне використання → переробка → інші види утилізації → захоронення [1].

– Директива 2010/75/EU про промислові викиди вимагає мінімізувати негативний вплив енергетики на довкілля [2].

– Директива 2018/851/EU уточнює цілі щодо переробки та повторного використання, підкреслюючи необхідність високих коефіцієнтів утилізації [3].

– Європейський зелений курс (2019) визначає циркулярну економіку як основу кліматичної нейтральності до 2050 року [4].

Імплементація як шлях до європейської інтеграції. Україна прагне стати повноправним членом європейської родини. Але цей шлях неможливий без гармонізації українських нормативних документів із європейськими та чіткого дотримання їхніх вимог. Саме це означає слово «імплементація» – не формальне прийняття законів, а їхнє реальне втілення у практику.

У сфері поводження з відходами це означає:

- перехід від складування до переробки,
- створення продуктів, що відповідають європейським стандартам,
- інтеграцію українських технологій у європейський ринок.

Таким чином, переробка золошлакових відходів стає не лише екологічним завданням, а й політичним та економічним інструментом інтеграції України в ЄС; вимогою часу, без якої така інтеграція неможлива..

Українська проблема. Щороку в ЄС утворюється близько 100 млн тонн золошлакових відходів, і понад 60–70% з них утилізується [5]. В Україні ж щорічно накопичується 5–7 млн тонн, але утилізується менше 15% [6]. Решта складається на полігонах, які займають величезні площі й перетворюються на довгострокові джерела екологічних ризиків.

Це означає, що підвищення коефіцієнта утилізації золошлакових відходів є однією з ключових передумов успішної імплементації європейського екологічного законодавства в Україні.

Виклики прямої утилізації. Пряма утилізація золошлакових відходів ускладнена їхнім нестабільним фазовим та хімічним складом.

У золі присутні небажані компоненти, які роблять її використання проблематичним:

- Недопалений вуглець – знижує якість золошлакових матеріалів як добавки до цементу.

- Негашене вапно (активний CaO) – може викликати небажані реакції при використанні в будівельних матеріалах.

Через це золошлакові відходи без попередньої обробки не відповідають вимогам європейських стандартів і не можуть бути безпосередньо інтегровані в будівельну чи іншу промисловість.

Необхідність попередньої переробки. Для успішної утилізації потрібна глибока попередня переробка, яка дозволяє:

1. Вилучити небажані домішки та створити кондиційний продукт – гідравлічну добавку для використання в будівництві.

2. Отримати вилучені компоненти в чистому вигляді, коли вони вже не є шкідливою домішкою, а перетворюються на ліквідний продукт:

- Недопалений вуглець – висококалорійне паливо, аналог коксового пилу. Його можна додавати до вугільного живлення ТЕС або використовувати як добавку для підвищення калорійності дерев'яних пелет чи іншого «зеленого» палива.

- Активний CaO – може бути використаний як сировина для виробництва будівельних матеріалів чи сорбентів.

Технологічне рішення. Наша команда розробляє технології глибокої переробки золошлакових матеріалів:

- Фізичні методи: сушка, аеродинамічна сепарація, магнітна сепарація.

- Хімічні методи: цеолітизація, вилуговування цільових компонентів (наприклад, алюмінію).

Ці технології вже втілені на практиці: побудований завод виробляє добавку, що відповідає ДСТУ EN 450-1 [7], гармонізованому з європейським стандартом для використання золи в цементі. Це означає, що ми реально інтегруємо українські практики у європейські стандарти.

Висновки:

1. Переробка золошлакових відходів відповідає принципу End-of-Waste (EoW): відходи перестають бути «сміттям» і стають продуктом [8]. Це – практична імплементація Директиви 2008/98/EC та Директиви 2010/75/EU. Виробництво сертифікованих матеріалів відкриває шлях до інтеграції України в європейський ринок, де екологічна відповідність є конкурентною перевагою.

2. Переробка золошлакових відходів дає подвійний результат:

– Екологічний: зменшення площ полігонів, зниження ризиків забруднення довкілля, заміна первинних ресурсів.

– Економічний: створення нових продуктів, робочих місць, розвиток «зеленої» промисловості.

3. Якщо золошлакові відходи не переробляються – Україна порушує принципи ЄС і залишається осторонь від сучасної екологічної політики. Якщо ж вони переробляються – це прямий крок до імплементації європейських норм і інтеграції в екологічну політику ЄС. Наші технології – приклад того, як наукова розробка стає необхідним елементом імплементації екологічного законодавства ЄС в Україні.

Література:

1. Directive 2008/98/EC of the European Parliament and of the Council of 19 November 2008 on waste and repealing certain Directives. *Official Journal of the European Union*. 2008. L 312. P. 3–30. URL: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX:32008L0098> (date of access: 27.02.2026).

2. Directive 2010/75/EU of the European Parliament and of the Council of 24 November 2010 on industrial emissions (integrated pollution prevention and control). *Official Journal of the European Union*. 2010. L 334. P. 17–119. URL: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX:32010L0075> (date of access: 27.02.2026).

3. Directive (EU) 2018/851 of the European Parliament and of the Council of 30 May 2018 amending Directive 2008/98/EC on waste. *Official Journal of the European Union*. 2018. L 150. P. 109–140. URL: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX:32018L0851> (date of access: 27.02.2026).

4. The European Green Deal : Communication from the Commission to the European Parliament, the Council, the European Economic and Social Committee and the Committee of the Regions / European Commission. Brussels, 2019. 24 p. (COM(2019) 640 final). URL: https://commission.europa.eu/strategy-and-policy/priorities-2019-2024/european-green-deal_en (date of access: 27.02.2026).

5. Mensi C. Management of ashes from Waste-to-Energy: The path to the End-of-Waste status through an integrated approach. Confederation of European Waste-to-Energy Plants (CEWEP). 2024. URL: https://www.cewep.eu/wp-content/uploads/2024/09/1.-Claudia-Mensi_Management-of-ashes-from-WtE-the-path-to-the-EoW-status-through-an-integrated-approach.pdf (date of access: 27.02.2026).

6. Shashenko O., Shashenko S. Tendencies of coal industry development in Ukraine. *Mining of Mineral Deposits*. 2020. Vol. 10, no. 2.

P. 3–12. URL: https://mining.in.ua/articles/volume10_2/01.pdf (date of access: 27.02.2026).

7. Зола винесення для застосування у бетонах. Частина 1. Визначення, специфікація та критерії відповідності (EN 450-1:2012, IDT) : ДСТУ EN 450-1:2019. [Чинний від 2020-01-01]. Київ : ДП «УкрНДНЦ», 2019. 34 с. (Національний стандарт України).

8. Opinion of the European Economic and Social Committee – From waste plants to resource plants : C/2025/107. *Official Journal of the European Union*. 2025. Vol. 68. URL: <https://eur-lex.europa.eu/eli/C/2025/107/oj/eng> (date of access: 27.02.2026).

SECTION 10. ARCHITECTURE AND CONSTRUCTION

DOI <https://doi.org/10.30525/978-9934-26-661-4-13>

CAMPUS OF THE TECHNICAL UNIVERSITY: BARRIER-FREE ENVIRONMENT, EASE OF USE

КАМПУС ТЕХНІЧНОГО УНІВЕРСИТЕТУ: БЕЗБАР'ЄРНІСТЬ ПРОСТОРУ, ЗРУЧНІСТЬ ВИКОРИСТАННЯ

Agieieva G. M.

*Candidate of Engineering Sciences,
Senior Research Associate
Full Member of the Academy of
Construction of Ukraine,
Academia of Civil Engineering of
Ukraine
Kyiv, Ukraine*

Агєєва Г. М.

*кандидат технічних наук, старший
науковий співробітник,
Дійсний член Академії будівництва
України,
Академія будівництва України
м. Київ, Україна*

Creating conditions for barrier-free access in the fields of education and economic activity is one of the key priorities of the National Strategy, which aligns with the ratified UN Convention on the Rights of Persons with Disabilities and the Association Agreement between Ukraine and the European Union [1].

Compliance with accessibility standards at the design and construction stages of new educational facilities is a mandatory quality assessment criterion for design and cost-estimate documentation [2–4].

In most higher education institutions built during the 20th century, the following issues are particularly acute:

- transforming existing campuses into genuinely barrier-free environments for persons with disabilities and other groups with limited mobility;
- ensuring accessibility and user-friendly operation of their urbanised environment.

To address the existing challenges, international best practices are being studied, the regulatory framework is being updated, and monitoring is being carried out to assess the level of barrier-free access within the built environment, including buildings and structures, landscaping and public realm improvements, transport infrastructure, and connectivity between academic, sports and fitness facilities, residential zones, etc.

The National University “Kyiv Aviation Institute” (hereinafter – NU “KAI”), founded in 1933, is no exception [5, p. 20].

The long history of the institution is associated with several locations, as well as the corresponding phases of design, construction, and operation of buildings and facilities.

Since 1960, the university has been located in the Solomianskyi District of Kyiv.

The 72-hectare site has a complex topography (with elevation differences of up to 11–13 m in certain areas), and borders residential development, a city park, an educational museum, and transport infrastructure facilities [6, p. 8].

The organisation of circulation and connectivity is an integral component of the design, construction, and operation of public building and facility complexes.

Depending on the number of routes, zones, and layout schemes, as well as their capacity, structural solutions, and engineering systems, the overall comfort of occupancy and movement, operational safety, and the ability to carry out prompt evacuation during emergencies are ensured.

The most complex in terms of circulation and connectivity layout is the linear-type building complex located along Liubomyra Huzara Avenue.

The multi-storey components of the complex are connected via stairwells and lobby areas, as well as covered walkways at second-floor level [7, p. 177].

These include the canteen building (4 storeys, constructed in 1971), the administrative and academic building No. 1 (1960), the Scientific and Technical Library (hereinafter – STL), Academic Building No. 8 (16 storeys, 1973–1976), as well as Academic Building No. 8a (4 storeys), which was added to the STL and Building No. 8 and is linked via a covered second-floor-level passage to the Centre for Culture and Arts (1977) [5, p. 237].

Most of these buildings have entrance zones whose layout and planning solutions require additional measures to ensure accessibility for persons with reduced mobility and their unobstructed movement within the internal circulation areas [2].

First and foremost, this is due to:

- a significant level difference between the external ground surface and the finished floor level of the first floors, resulting in stair flights with a large number of steps;
- the absence of ramps, lifting platforms, and similar vertical access equipment.

Addressing the existing challenges related to implementing accessibility standards in the campus buildings and public spaces constructed under the now-obsolete design regulations of the 1960s–1980s is being carried out in a comprehensive and phased manner.

Relevant architectural, structural, and engineering solutions have already been implemented, for example, for the entrance zones of Academic Buildings No. 4 and No. 8.

Non-financial instruments are also being introduced, such as engaging teaching staff and higher education students in public accessibility audits and monitoring of barrier-free access levels across the campus built environment.

For example, with the participation of first-cycle (Bachelor's) and second-cycle (Master's) students of the G17 "Architecture and Urban Planning" programme, the following activities were carried out during their studies:

- a typological analysis of buildings and structures within the academic and sports/fitness zones of NU "KAI", as well as an accessibility audit (course unit "Typology of Buildings and Structures") [7];
- a study of the spatial organisation of the NU "KAI" site and its connections with the surrounding social environment (course unit "Theory of Urban Planning") [6, p. 12; 8, p. 94].

Particular attention was given to:

- the components of the sports and fitness zone (hereinafter – SFZ, 1972–1973), which is separated from the academic, research, service, and residential zones of NU "KAI";
- the effectiveness of SFZ service provision, its equipment and facilities, operational suitability, and user accessibility [6, p. 8].

The planned system of pedestrian and transport links between different functional zones of the campus, public transport stops, and residential areas was analysed.

It was established that the peripheral location of the SFZ relative to the academic and residential zones does not reduce its accessibility not only for residents of the dormitories and campus housing, but also for residents of nearby housing developments located within the service (catchment) area with a radius of 1,100–1,500 m [6, p. 10].

For residents of the latter, the urgent need for outdoor sports facilities is also met due to the availability of stadiums at secondary education institutions No. 26, 52, 54, and 173.

This indicates that these institutions, together with NU "KAI", contribute to the provision of socially oriented services of non-regular (occasional) demand.

The knowledge and skills acquired by students were applied during:

- completion of professional and practical training modules in the field of architecture and urban planning;
- preparation of qualification projects;
- development of design solutions for a 17,000-seat stadium in Mariupol, presented at the national architectural competition STEEL FREEDOM'2020 [6, p. 14];
- research into contemporary practice of expanding the SFZ social-service functions at NU “KAI”, the results of which were awarded a Second Degree Diploma at the All-Ukrainian competition of student research papers in the 2020/2021 academic year (specialty G17 “Architecture and Urban Planning”, professional focus “Urban Planning”) [6, p. 14].

Bibliography:

1. Про схвалення Національної стратегії із створення безбар'єрного простору в Україні на період до 2030 року : Розпорядження Кабінету Міністрів України від 14 квітня 2021 р. № 366-р / Кабінет Міністрів України. Урядовий кур'єр. 2021. № 99.
2. ДБН В.2.2-40:2018. Інклюзивність будівель і споруд. Основні положення. [На заміну ДБН В.2.2-17:2006; чинні від 2019-04-01]. Вид. офіц. Київ : Мінрегіон України, 2018. 68 с.
3. ДСТУ ISO 21542:2025 Будинки та споруди. Доступність і зручність використання урбанізованого середовища (ISO 21542:2021, IDT). [На заміну ДСТУ Б ISO 21542:2013; чинний від 2026-02-01]. Вид. офіц. Київ : ДП «УкрНДНЦ», 2025.
4. ДБН Б.2.2-12:2019. Планування та забудова територій. [На заміну ДБН Б.2.2-12:2018; чинні від 2019-10-01]. Вид. офіц. Київ : Мінрегіон України, 2019. 185 с.
5. Національний авіаційний університет: літопис / за ред. М. С. Кулика. Київ : НАУ-друк, 2010. 368 с.
6. Агеєва Г. М., Чернишева М. О., Коробко К. В. Містобудівна та соціальна роль фізкультурно-спортивних зон закладів вищої освіти у контексті сталого розвитку. *Теорія та практика дизайну*. 2021. Вип. 23. С. 5–20. DOI: <https://doi.org/10.18372/2415-8151.23.16258>
7. Бондарчук М. С., Маліцька С. С., Агеєва Г. М. Комунікаційні зв'язки навчального корпусу НАУ: особливості організації. *Ефективні технології в будівництві* : матеріали V Міжнар. наук.-техн. конф., м. Київ, 19 лист. 2020 р. Київ : КНУБА, 2020. С. 177–178. DOI: <https://doi.org/10.5281/zenodo.18441666>
8. Бойправ А., Камінська В., Романович Ю., Агеєва Г. Динаміка змін міського ландшафту впродовж останнього десятиріччя. *БудМайстерКлас* : матеріали Міжнар. наук.-практ. конф. молодих

вчених, м. Київ, 25–27 лист. 2020 р. Київ : КНУБА, 2020. С. 94–95. DOI: <https://doi.org/10.5281/zenodo.15124711>

DOI <https://doi.org/10.30525/978-9934-26-661-4-14>

REGULATORY ASPECTS OF INTEGRATION OF ELECTRIC CHARGING STATIONS INTO THE FILLING STATION STRUCTURE

НОРМАТИВНІ АСПЕКТИ ІНТЕГРАЦІЇ ЕЛЕКТРОЗАРЯДНИХ СТАНЦІЙ У СТРУКТУРУ АЗК

Zyhun A. Yu.

*Candidate of Technical Sciences,
Associate Professor at the Department
of Construction and Civil Engineering,
National University «Yuri Kondratyuk
Poltava Polytechnic»
Poltava, Ukraine*

Зигун А. Ю.

*кандидат технічних наук,
доцент кафедри будівництва та
цивільної інженерії,
Національний університет
«Полтавська політехніка
імені Юрія Кондратюка»
м. Полтава, Україна*

Boiko D. D.

*Student at the Department
of Construction and Civil Engineering,
National University «Yuri Kondratyuk
Poltava Polytechnic»
Poltava, Ukraine*

Бойко Д. Д.

*студентка кафедри будівництва та
цивільної інженерії,
Національний університет
«Полтавська політехніка
імені Юрія Кондратюка»
м. Полтава, Україна*

Сучасний розвиток транспортної системи відбувається шляхом поступового переходу до екологічно безпечних способів перевезень. Серед ключових елементів цього процесу є розробка та реалізація розвиненої інфраструктури зарядних станцій для електромобілів. У цьому контексті актуальним стає питання нормативного забезпечення інтеграції електрозарядних станцій (ЕЗС) у структуру автозаправних комплексів та станцій (АЗК/АЗС), які можуть стати базовими елементами загальної системи транспортної інфраструктури.

Автомобільний транспорт відіграє важливу роль у розвитку сучасних міст і є одним із основних джерел забруднення повітря та викидів парникових газів. Відповідно до цього розвиток електромобільного транспорту розглядається як необхідна умова для декарбонізації

транспортної системи та виконання цілей сталого розвитку країни [3, с. 301]. Зростання виробництва електромобілів вимагає формування широкого покриття зарядних станцій, що забезпечить зручність та доступність експлуатації транспорту [3, с. 302].

Нормативно-правове регулювання інтеграції в Україні встановлюється за допомогою ключових нормативних актів – Закон України «Про основні засади державної екологічної політики України на період до 2030 року», Закон України «Про деякі питання використання транспортних засобів, оснащених електричними двигунами», ДБН Б.2.2-12:2019 «Планування і забудова територій».

Важливим стратегічним документом є План відновлення України, у якому розвиток електромобільного транспорту розглядається як один із пріоритетних напрямів модернізації транспортної системи. У короткостроковій перспективі передбачається збільшення кількості зарядних станцій, у середньостроковій – врахування специфічних вимог під час реконструкції доріг, а в довгостроковій перспективі – забезпечення доступності зарядної інфраструктури на території країни. Таким чином, розвиток мережі ЕЗС є важливим інструментом інтеграції України до європейського транспортного простору.

Інтеграція електрозарядних станцій в структуру АЗК потребує урахування різних технічних, містобудівних та екологічних вимог. Серед технічних це забезпечення електробезпеки, використання сертифікованого обладнання та можливість підключення до мережі відповідної потужності. Містобудівні вимоги включають дотримання санітарних, пожежних та транспортних норм, організацію раціонального розташування планувальних елементів, безпечних зон очікування та місць для паркування. Особливу увагу слід звернути на зонування території АЗК при розміщенні ЕЗС поряд із традиційними паливними колонками.

Екологічні вимоги до інтеграції електрозарядних станцій передбачають зменшення викидів парникових газів, зниження шумового навантаження та ефективне використання енергоресурсів. Розвиток електромобільної інфраструктури вважається однією з ключових пріоритетів екологізації транспортної системи України та виконання політики сталого розвитку. Водночас, щоб забезпечити ефективне впровадження електрозарядних станцій, необхідно враховувати вимоги щодо використання відновлюваних джерел енергії та енергоефективних технологій.

Одним із головних аспектів є гармонізація українського законодавства із нормативними актами Європейського Союзу (ЄС). На рівні ЄС одним із ключових документів є Regulation (EU) 2023/1804, який встановлює вимоги розвитку транспортної інфраструктури

альтернативних вид палив, відкритого доступу до самого зарядного обладнання, можливості разової оплати (ad-hoc payment), відображення повної ціни до початку зарядки електромобілів та доступності інформації про розташування інтегрованих АЗК/АЗС у режимі реального часу. На відміну від українського законодавства, де переважна кількість положень щодо стимулювання розвитку електромобілів та будівництва нових АЗС, європейський регламент містить чіткі кількісні та технічні параметри розгортання та інтеграції інфраструктури, як розміщення зарядних станцій уздовж основних транспортних коридорів TEN-T з інтервалом на більше 60 км, визначення мінімальних показників встановленої потужності залежно від інтенсивності руху. На законодавчому рівні в Україні такі просторові та чіткі критерії не визначені.

Важливою складовою є також технічна стандартизація. У країнах ЄС обов'язкові вимоги відповідно до зарядного обладнання впроваджено стандартами EN IEC 61851-1 та EN ISO 15118-20. Вони регламентують питання електротехнічної безпеки, комунікації між транспортом та станцією, впровадження технологій «розумної зарядки» (smart charging). В Україні подібні технічні стандарти застосовуються переважно через ДСТУ, проте деякі вимоги поки що не мають чіткої нормативної фіксації.

Ще відмінністю є системний підхід Європейського Союзу до інтеграції зарядної інфраструктури у стратегічне транспортне планування. Європейські норми пов'язують розвиток ЕЗС із політикою декарбонізації транспорту, збалансованим кліматичним розвитком та фінансовими механізмами підтримки. Стратегічними документами в Україні, зокрема План відновлення України, визначають розвиток електромобільної інфраструктури як пріоритетний напрям, однак не містять детального механізму обов'язково нормативного впровадження вимог до чіткої інтеграції зарядного обладнання з існуючими АЗК/АЗС.

Таким чином, можна винести, що нормативно-правове регулювання ЄС має комплексний та обов'язковий характер розвитку транспортної інфраструктури. Європейська модель базується на інтеграції електрозарядної інфраструктури в існуючу транспортну мережу з урахуванням принципів декарбонізації та інтероперабельності. В Україні нормативна база перебуває на стадії формування та гармонізації з європейськими. Наявні законодавчі акти визначають загальні пункти розвитку електромобілів та АЗК/АЗС для них, однак не містять детального прописаних просторових та технічних критерій інтеграції ЕЗС в існуючі АЗК/АЗС. Для України важливим є впровадження європейських нормативних підходів не через масове створення нових автономних зарядних станцій, а через поетапну модернізацію та функціональне розширення

існуючих АЗК/АЗС, що забезпечить економічну ефективність, територіальну раціональність і прискорення переходу до низьковуглецевої транспортної системи.

Література:

1. План відновлення України (Recovery Plan for Ukraine) / Національна рада з відновлення України від наслідків війни. 2022. URL: <https://www.urc2022.com/ukraine-recovery-plan> (дата звернення: 25.02.2026).

2. Про деякі питання використання транспортних засобів, оснащених електричними двигунами, та внесення змін до деяких законодавчих актів України щодо подолання паливної залежності та розвитку електричної зарядної інфраструктури та електричних транспортних засобів : Закон України від 24.02.2023 № 2956-IX. *Відомості Верховної Ради України*. 2023. № 65. Ст. 222.

3. Про Основні засади (стратегію) державної екологічної політики України на період до 2030 року : Закон України від 28.02.2019 № 2697-VIII. *Офіційний вісник України*. 2019. № 24. С. 13. Ст. 832.

4. ДБН Б.2.2-12:2019. Планування і забудова територій. [Чинний від 2019-12-01]. Київ : Мінрегіон України, 2019. 186 с.

5. Directive 2014/94/EU of the European Parliament and of the Council of 22 October 2014 on the deployment of alternative fuels infrastructure. *Official Journal of the European Union*. 2014. L 307. P. 1–20.

6. Regulation (EU) 2023/1804 of the European Parliament and of the Council of 13 September 2023 on the deployment of alternative fuels infrastructure and repealing Directive 2014/94/EU. *Official Journal of the European Union*. 2023. L 234.

7. EN IEC 61851-1:2019 Electric vehicle conductive charging system. Part 1: General requirements. Brussels: European Committee for Electrotechnical Standardization (CENELEC), 2019.

DOI <https://doi.org/10.30525/978-9934-26-661-4-15>

**RESEARCH ON NOISE CHARACTERISTICS
OF TECHNOLOGICAL PROCESSES IN ROAD CONSTRUCTION**

**ДОСЛІДЖЕННЯ ШУМОВИХ ХАРАКТЕРИСТИК
ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПРОЦЕСІВ БУДІВНИЦТВА
АВТОМОБІЛЬНИХ ДОРІГ**

Matyash V. M.

*Deputy Director for Academic Affairs,
Separate structural subdivision Odessa
Automobile and Road Professional
College National University "Odessa
Polytechnic"
Odessa, Ukraine*

Матяш В. М.

*заступник директора з навчальної
роботи,
Відокремлений структурний
підрозділ «Одеський автомобільно-
дорожній фаховий коледж
Національного університету
«Одеська політехніка»
м. Одеса, Україна*

Shapovalov O. V.

*Chief Project Engineer,
"Scientific and Production Association
"Transengineering" LLC
Kyiv, Ukraine*

Шапвалов О. В.

*головний інженер проєктів,
ТОВ «Науково-виробничі об'єднання
«Трансінжиніринг»»
м. Київ, Україна*

Hanzha V. P.

*Student,
Separate structural subdivision Odessa
Automobile and Road Professional
College National University "Odessa
Polytechnic"
Odessa, Ukraine*

Ганжа В. П.

*здобувач освіти,
Відокремлений структурний
підрозділ «Одеський автомобільно-
дорожній фаховий коледж
Національного університету
«Одеська політехніка»
м. Одеса, Україна*

Технологічні процеси будівництва автомобільних доріг потребують великих трудових і матеріальних ресурсів і здійснюють вплив на навколишнє середовище, в тому числі і акустичний [1]. Шум відноситься до шкідливих факторів виробництва і чине негативний вплив не лише на робітників, задіяних безпосередньо на будівництві, а і на мешканців прилеглих до будівництва забудов. Надмірний шум може стати причиною нервового виснаження, розладу ендокринної й серцево-судинної систем, знижує продуктивність праці й збільшує травматизм на виробництві [2, 3]. Отже, оцінка акустичного впливу технологічних процесів будівництва автомобільних доріг є важливою і

актуальною задачею, пов'язаною з питаннями охорони праці та захисту навколишнього середовища.

Для оцінювання акустичного впливу були обрані технологічні процеси найбільш розповсюджених та актуальних на сьогоднішній час конструктивних шарів дорожнього одягу. Розрахунок рівнів шуму виконувався для умов одночасної роботи декількох механізмів, характерних для певного технологічного процесу, у відповідності з прийнятою технологією виконання робіт. Джерелами шуму при виконанні робіт з будівництва конструктивних шарів дорожнього одягу є робота машин і механізмів; вивантаження (завантаження, пересипка) будівельних матеріалів (падіння вантажу – ударний шум); сигнальні системи та гудки транспорту; людський фактор (голоси робітників).

Шум від будівельної техніки – це інтенсивні звуки, що виникають через удари, тертя, рух повітря і роботи рідин в машинах. Шум від кожної будівельної машини змінюється під час роботи в залежності від виконуваної технологічної операції. Рівні шуму від працюючої будівельної техніки прийняті за технічними характеристиками сучасної будівельної техніки та з аналізу довідкової літератури.

З точки зору фізики, вивантаження матеріалу – це падіння вантажу і, відповідно, створення ударного шуму. Такий шум є непостійним і часто імпульсним, його оцінюють за еквівалентним та максимальним рівнем звуку. Основним внеском у створення шуму при вивантаженні щебню є зіткнення каменів між собою і з матеріалом поверхні, на яку вивантажується щебінь. При вивантаженні піску, пісок поглинає енергію удару і не створює різкого металевого дзвону при зіткненні з кузовом. Вивантаження асфальтобетонної суміші характеризується тим, що в'язкий бітум демпфує удари каміння. На відміну від щебню, асфальтобетонна суміш «стікає» в бункер, мінімізуючи ударний шум. Для вивантаження сипких матеріалів значення звукової потужності зазвичай беруться із довідкових баз даних чи протоколів вимірів аналогічного устаткування.

Отже, основними джерелами шуму при виконанні дорожньо-будівельних робіт є робота будівельної техніки і вивантаження дорожньо-будівельних матеріалів.

Для оцінки акустичного впливу технологічних процесів будівництва на прилеглу територію для кожного процесу були складені рівняння функції залежності рівня звуку $L_{\text{сум}}$ від розташування розрахункової точки (РТ). Для виявлення найбільшого рівня шуму та оцінки вкладу джерел шуму у загальний рівень шуму, складені функції були досліджені на екстремум. Для складання рівняння функції залежності рівня звуку були розроблені схеми виконання робіт з розстановкою механізмів у технологічній послідовності, визначено перелік та

кількість задіяних механізмів. Механізми розміщені з дотриманням мінімальних відстаней з техніки безпеки та умов забезпечення можливості маневрування. Такий підхід дозволив отримати імовірну найбільш можливу концентрацію джерел шуму. На схемах визначені джерела шуму: механізми та вивантаження матеріалу. Так як шум працюючого механізму створює двигун, рухомі робочі органи, тертя шин тощо, то за центр джерела шуму прийнято середину механізму. На кожній схемі проведені умовні координатні осі: за вісь «Х» прийнята вісь дороги, а за вісь «У» – лінія, яка перпендикулярна до осі дороги, і проходить на початку технологічного процесу (через крайню точку першого механізму) (рис.1).

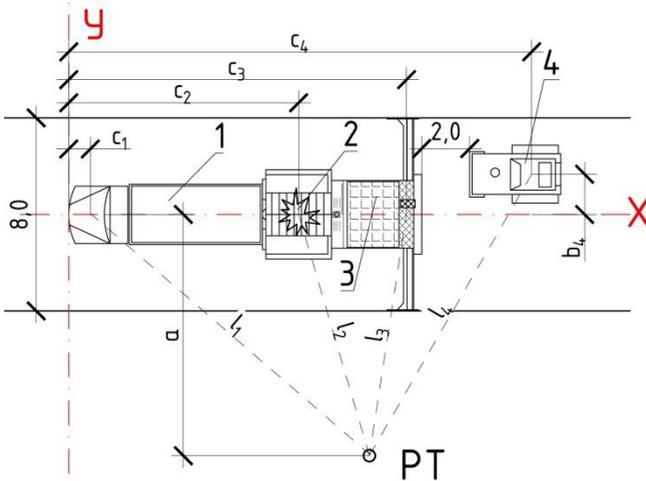


Рис. 1. Принципова розрахункова схема для визначення очікуваних рівнів шуму від будівельних процесів:
1–4 – джерела шуму; 1, 3, 4 – механізми;
2 – вивантаження матеріалу

Для виведення загального рівняння залежності рівня звуку $L_{сум}$ від розташування розрахункової точки (РТ) була прийнята математична модель, яка представляє ділянку виконання робіт у вигляді джерела циліндричних звукових хвиль, інтенсивність яких визначається характером технологічного процесу, а сумарний рівень звукового тиску в розрахунковій точці від усіх джерел шуму визначається енергетичним складанням рівня шуму від кожного окремого джерела з урахуванням відстані, яка проходить звукова хвиля:

$$L_{\text{сум}} = 10 \times \lg \sum_{i=1}^n 10^{0,1 \times (L_A - 15) \times \lg \left(\frac{\sqrt{(c_i - x)^2 + (a - b_i)^2}}{7} \right)}$$

$L_{\text{сум}}$ – сумарний рівень звукового тиску в розрахунковій точці від усіх джерел шуму, дБА, (очікуваний рівень шуму в розрахунковій точці);

L_A – рівень звуку джерела шуму (механізму або вивантаження матеріалу), дБА;

c_i – відстань від центру джерела шуму до початку технологічного процесу, м;

x – відстань від розрахункової точки (РТ) до початку технологічного процесу (змінна величина), м;

a – відстань від розрахункової точки (РТ) до осі дороги (10, 30, 50, 70, 90, 110, 130, 150), м;

b_i – відстань від центру джерела шуму до осі дороги, м.

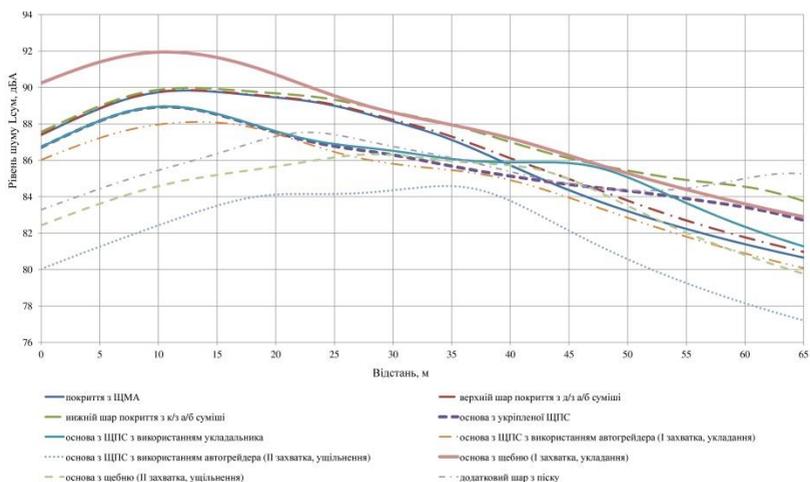


Рис. 2. Графік зміни рівня шуму при пересуванні розрахункової точки вздовж технологічних процесів на відстані 10 м від осі дороги

Внаслідок аналізу результатів розрахунків (рис. 2) встановлено, що найбільший акустичний вплив на довкілля здійснює процес улаштування основи з щебню ($L_{\text{сум max}} = 92$ дБА). Це пояснюється тим з іншими будівельними матеріалами, а також для розрівнювання і планування матеріалу застосовуються більш шумні механізми. Найменш шумним технологічним процесом є улаштування основи

з щебенево-піщаної суміші з застосуванням автогрейдера ($L_{\text{сум max}} = 84,6$ дБА). Це пояснюється тим, що процес виконується на двох захватках і через це відсутнє велике скупчення механізмів одночасно в одному місці (роботи з розрівнювання, планування та ущільнення виконуються або по чергово або на віддалі один від одного). Найбільший рівень шуму для всіх процесів спостерігається при вивантаженні і розрівнюванні (укладанні) матеріалу.

Література:

1. Матяш В. М., Шаповалов О. В. Оцінка впливу на навколишнє природне середовище під час проведення будівництва автомобільних доріг. *Охорона довкілля, використання природних ресурсів та забезпечення екологічної безпеки: Збірник матеріалів Всеукраїнської науково-практичної конференції, Запоріжжя, 3 червня, 2022.* / Запоріжжя : Видавничий дім «Букрек», 2022. С. 212–216.
2. Вплив шуму на організм працівників при будівництві та експлуатації автомобільних доріг / Волненко Н. Б. та ін. // Зб. наук. пр. / НТУ «ХПИ». Харків : НТУ «ХПИ», 2010. С. 11–17.
3. Noise Levels and The Threat of Hearing Loss // Sonetics : [Website]. URL: <https://www.sonetics.com> (viewed on: 26.12.2025).

SECTION 11. TRANSPORTDOI <https://doi.org/10.30525/978-9934-26-661-4-16>**KEY ISSUES IN STUDYING URBAN TRANSPORT BEHAVIOUR
IN UKRAINIAN CITIES DURING WARTIME****ОСНОВНІ ПРОБЛЕМИ ДОСЛІДЖЕННЯ ТРАНСПОРТНОЇ
ПОВЕДІНКИ В МІСТАХ УКРАЇНИ ПІД ЧАС ВІЙНИ****Корытков Д. М.**

*Candidate of Pedagogic Sciences,
Associate Professor,
Associate Professor at the Department
of Transport Systems and Logistics,
O. M. Beketov National University
of Urban Economy in Kharkiv
Kharkiv, Ukraine*

Копитков Д. М.

*кандидат педагогічних наук, доцент,
доцент кафедри транспортних
систем і логістики,
Харківський національний
університет міського господарства
імені О. М. Бекетова
м. Харків, Україна*

Shvets-Bohdanov A. O.

*Postgraduate Student at the Department
of Transport Systems and Logistics,
O. M. Beketov National University
of Urban Economy in Kharkiv
Kharkiv, Ukraine*

Швец-Богданов А. О.

*аспірант кафедри транспортних
систем і логістики,
Харківський національний
університет міського господарства
імені О. М. Бекетова
м. Харків, Україна*

During the current war in Ukraine, studying urban transport behavior has presented unique theoretical, methodological, and empirical challenges that reflect both the extreme volatility of travel conditions and the limitations of pre-existing transport research frameworks. One of the central issues is the highly dynamic nature of mobility patterns in wartime, which cannot be adequately captured by traditional demand models developed for stable peacetime contexts.

Research in Kharkiv, for instance, showed substantial shifts in residents' travel behavior across multiple modes of transport including declines in metro usage and changes in public transport fare choices – when comparing periods of relative peace and active conflict, analysed using ordered and mixed logit models to account for behavior heterogeneity during armed conflict. These findings point to the need for models that explicitly

integrate conflict-driven variables such as perceived safety risks and service reliability disruptions [1].

In addition to methodological challenges, wartime conditions have led to significant infrastructure damage, service interruptions, and logistical constraints that shape travel choices in complex ways. For example, transport infrastructure – including roads, bridges, and public transit networks – has been subject to damage and operational limitations, fundamentally altering the accessibility of urban space and daily mobility routines for residents. Although comprehensive Scopus-indexed research focusing on these behavioral consequences is still emerging, early studies suggest that micromobility modes (such as cycling and shared mobility) may gain importance as alternatives when traditional transport systems are disrupted. However, stakeholders also highlight substantial barriers to micromobility adoption, including safety concerns, infrastructure deficits, and limited governance capacity to support active modes during wartime reconstruction [2].

Moreover, psychological and social factors have become dominant determinants of travel behavior under war conditions. Individuals' decisions about whether and how to travel are influenced not just by conventional variables like cost and convenience, but by security concerns, air raid alerts, curfews, and proximity to shelters [3]. These subjective risk perceptions complicate efforts to predict transport demand using standard quantitative approaches and require inclusion of behavioral constructs such as risk tolerance, trust, and perceived control in future mobility studies – yet empirical research integrating these psychosocial factors in Ukrainian contexts remains limited.

In wartime situations, travel data collection can also be a challenge. Traditional survey methods and sensor-based travel monitoring have been disrupted due to restricted movement, resource constraints, and ethical issues related to respondents' safety and well-being. As a result, many studies rely on online surveys or indirect measures, which may not fully represent the diversity of urban populations, particularly among internally displaced persons or vulnerable groups whose mobility patterns are less visible in digital datasets [4].

Economic pressures further influence transport behavior. Wartime inflation, fluctuations in fuel prices, and reduced incomes constrain households' transport choices and often lead to reduced ridership of formal public transport and increased reliance on informal or ad-hoc travel solutions. Although research on fuel price impacts has predominantly focused on broader European contexts following the 2022 invasion, such studies underscore how energy market disruptions can stimulate shifts in public transport use and highlight the relevance of socio-economic variables for understanding mobility behavior [5].

Finally, the inclusivity and equity aspects of urban mobility during war remain underexplored. Vulnerable populations – including the elderly, people with disabilities, low-income residents, and internally displaced persons – face heightened transport exclusion due to service reductions, safety concerns, and financial constraints [6]. Addressing these disparities requires both targeted empirical research and policy frameworks that prioritise equitable access to safe and affordable mobility in crisis settings.

In summary, wartime transport behavior research in Ukraine underscores the urgent need for adaptive analytical frameworks, improved data collection methodologies that can operate under conflict constraints, and interdisciplinary approaches that combine behavioral insights with transport planning and emergency management. Building this evidence base is vital not only for academic understanding but also for informing resilient mobility strategies in Ukrainian cities during and after the war.

Bibliography:

1. Rossolov O., Potaman N., Levchenko O., Susilo Y.O. Urban mobility under armed conflict: shifts in mode preferences and public transport fare behaviors. *European Transport Research Review*. 2025. Vol. 17. Article 17. DOI: <https://doi.org/10.1186/s12544-025-00714-z>

2. Olkhova M., Natapov A., Plyhun O., Larimian T., Roslavtsev D. Could the war disruption in Ukraine move micromobility forward? Stakeholders' perspective. *European Transport Research Review*. 2025. Vol. 17, № 1. Article 45. DOI: <https://doi.org/10.1186/s12544-025-00742-9>

3. Dadashzadeh N., Volkova N., Ekmekci M., Horpenko D., Woods L., Nikitas A. What psychological and socio-demographic factors can influence people's intention to use ridesharing during the war? A case study in Ukraine. *Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour*. 2025. Vol. 109. P. 211–230. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.trf.2024.12.014>

4. Havlin T. War-induced (im)mobilities and immobilizing effects in the context of the Russo-Ukrainian war. *Mobilities*. 2025 (online first), Vol. 21, № 1. P. 101–116. DOI: <https://doi.org/10.1080/17450101.2024.2445803>

5. Alves A., Marques da Costa N. Changes in Fuel Prices and the Use of Public Transport: Insights from the European Union following the Invasion of Ukraine. *European Journal of Geography*. 2024. Vol. 15, № 4. P. 232–243. DOI: <https://doi.org/10.48088/ejg.a.alv.15.4.232.243>

6. Ruiz-Pérez M., Seguí-Pons J.M., Salleras-Mestre X. Bibliometric analysis of equity in transportation. *Heliyon*. 2023. Vol. 9, No. 8. P. e19089. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2023.e19089>

NOTES

NOTES

NOTES

The project was implemented with the support of



The Center for Ukrainian-European Scientific Cooperation is a non-governmental organization, which was established in 2010 with a view to ensuring the development of international science and education in Ukraine by organizing different scientific events for Ukrainian academic community.

The priority guidelines of the Center for Ukrainian-European Scientific Cooperation

1. International scientific events in the EU

Assistance to Ukrainian scientists in participating in international scientific events that take place within the territory of the EU countries, in particular, participation in academic conferences and internships, elaboration of collective monographs.

2. Scientific analytical research

Implementation of scientific analytical research aimed at studying best practices of higher education establishments, research institutions, and subjects of public administration in the sphere of education and science of the EU countries towards the organization of educational process and scientific activities, as well as the state certification of academic staff.

3. International institutions study visits

The organisation of institutional visits for domestic students, postgraduates, young lecturers and scientists to international and European institutes, government authorities of the European Union countries.

4. International scientific events in Ukraine with the involvement of EU speakers

The organisation of academic conferences, trainings, workshops, and round tables in picturesque Ukrainian cities for domestic scholars with the involvement of leading scholars, coaches, government leaders of domestic and neighbouring EU countries as main speakers.

Contacts:

Head Office of the Center for Ukrainian-European Scientific Cooperation:
88000, Uzhhorod, 25, Mytraka str.
+38 (099) 733 42 54
info@cuesc.org.ua

www.cuesc.org.ua

The Role of Technical Sciences in the Sustainable Development of Society

International scientific conference

March 4–5, 2026

Izdevniecība “Baltija Publishing”
Avotu iela 8 k-1 - 25, Rīga, LV-1011
E-mail: office@baltijapublishing.lv

Iespiests tipogrāfijā SIA “Izdevniecība “Baltija Publishing”
Parakstīts iespiešanai: 2026. 9. marts
Tirāža 100 eks.