

International Science Group

ISG-KONF.COM

IV

**International Scientific and Practical Conference
«Interdisciplinary research: trends, synergies, and
practical applications»**

**September 29 – October 02, 2026
Krakow, Poland**

ISBN - 979-8-90600-151-1

DOI – 10.46299/ISG.2026.2.4

INTERDISCIPLINARY RESEARCH: TRENDS, SYNERGIES, AND PRACTICAL APPLICATIONS

Proceedings of the IV International Scientific and Practical Conference

Krakow, Poland
September 29 – October 02, 2026

UDC 01.1

The IV International scientific and practical conference “Interdisciplinary research: trends, synergies, and practical applications” (September 29 – October 02, 2026) Krakow, Poland. International Science Group. 2026. 180 p.

ISBN – 979-8-90600-151-1

DOI – 10.46299/ISG.2026.2.4

EDITORIAL BOARD

<u>Pluzhnik Elena</u>	Professor of the Department of Criminal Law and Criminology Odessa State University of Internal Affairs Candidate of Law, Associate Professor
<u>Liudmyla Polyvana</u>	Department of accounting, Audit and Taxation, State Biotechnological University, Kharkiv, Ukraine
<u>Mushenyk Iryna</u>	Candidate of Economic Sciences, Associate Professor of Mathematical Disciplines, Informatics and Modeling. Podolsk State Agrarian Technical University
<u>Prudka Liudmyla</u>	Odessa State University of Internal Affairs, Associate Professor of Criminology and Psychology Department
<u>Marchenko Dmytro</u>	PhD, Associate Professor, Lecturer, Deputy Dean on Academic Affairs Faculty of Engineering and Energy
<u>Harchenko Roman</u>	Candidate of Technical Sciences, specialty 05.22.20 - operation and repair of vehicles.
<u>Belei Svitlana</u>	Ph.D., Associate Professor, Department of Economics and Security of Enterprise
<u>Lidiya Parashchuk</u>	PhD in specialty 05.17.11 "Technology of refractory non-metallic materials"
<u>Levon Mariia</u>	Candidate of Medical Sciences, Associate Professor, Scientific direction - morphology of the human digestive system
<u>Hubal Halyna</u> <u>Mykolaivna</u>	Ph.D. in Physical and Mathematical Sciences, Associate Professor

TABLE OF CONTENTS

AGRICULTURAL ENGINEERING		
1.	Корчак М.М. ОСОБЛИВОСТІ ВИРОЩУВАННЯ СОЇ НА ЗЕРНО	8
ARCHITECTURE AND URBAN PLANNING		
2.	Ponochovnyi Y., Protas R. DIGITAL TWINS AND INTERNET OF THINGS FOR MONITORING AND PREDICTING THE TECHNICAL CONDITION OF BRIDGES WITHIN THE INDUSTRY 5.0 CONCEPT	13
3.	Тишкевич О.П. ТРАНСФОРМАЦІЯ НАВЧАЛЬНОГО ПРОСТОРУ: ВІД ФУНКЦІОНАЛЬНО ДЕТЕРМІНОВАНОЇ ДО ГНУЧКОЇ ПЛАНУВАЛЬНОЇ СТРУКТУРИ	24
AUTOMATION AND COMPUTER-INTEGRATED TECHNOLOGIES		
4.	Garibov M.S. DEVELOPMENT OF A DIGITAL CONTROL SYSTEM FOR LIQUID LEVEL	27
CHEMISTRY		
5.	Koshchii I., Klimko Y. BIGINELLI REACTION WITH REAGENTS CONTAINING A CAGE SUBSTITUTE	31
COMPUTER SCIENCE		
6.	Крест'янінов І.О., Катков Ю.І. УМОВИ УЗГОДЖЕНОСТІ РІВНОВАГИ NASH ТА ПАРЕТО-ЕФЕКТИВНОСТІ В СИНЕРГІЇ ПАРЕТО–НЕША–МРС ДО КЕРУВАННЯ РОЗУМНИМ БУДИНКОМ	34
CONSTRUCTION AND CIVIL ENGINEERING		
7.	Lukashenko S., Lelyuk O. WASTEWATER TREATMENT AT A BETA-CAROTINE PRODUCTION COMPANY	44

8.	Галицький О.О., Редько А.О. УДОСКОНАЛЕННЯ ГАЗОРОЗПОДІЛУ СЕЛА ЛИПІВКА БУЧАНСЬКОГО РАЙОНУ КИЇВСЬКОЇ ОБЛАСТІ З ОПТИМІЗАЦІЄЮ РОБОТИ КОТЕЛЬНІ	48
9.	Толмачова Н.П., Редько О.Ф. ТЕХНІКО-ТЕХНОЛОГІЧНІ РІШЕННЯ РОЗВИТКУ ГАЗОПОСТАЧАННЯ З ПІДВИЩЕННЯМ ЕФЕКТИВНОСТІ КОТЕЛЬНІ	51
10.	Фасуляк В., Вербовський О., Ситар В. ПЕРСПЕКТИВИ ВИКОРИСТАННЯ СИСТЕМ ЗБОРУ АТМОСФЕРНОЇ ВОЛОГИ В УКРАЇНІ	56
11.	Чуєв О.О., Редько А.О. ІНЖЕНЕРНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ СЕЛА ВАРВАРІВКА ЛУБЕНСЬКОГО РАЙОНУ ПОЛТАВСЬКОЇ ОБЛАСТІ ПРИРОДНИМ ГАЗОМ З ОПТИМІЗАЦІЄЮ ПРОЦЕСІВ ТЕПЛОГЕНЕРАЦІЇ	62
CULTURAL STUDIES AND MUSEUM STUDIES		
12.	Liutko N., Korchova N. THE ROLE OF NATURAL HISTORY MUSEUMS IN SHAPING CONTEMPORARY SCIENTIFIC CULTURE IN SOCIETY	67
CYBERSECURITY AND INFORMATION PROTECTION		
13.	Терещенко К.В., Терещенко Т.П., Черниш Ю.О. ТЕХНІЧНІ ВИМОГИ ДО ЗАСОБІВ МЕРЕЖЕВОГО АНАЛІЗУ ДЛЯ РАНЬОГО ВИЯВЛЕННЯ ЕКСФІЛЬТРАЦІЇ ДАНИХ	71
EARTH SCIENCES		
14.	Царик Л., Царик П., Царик В. ЗАСТОСУВАННЯ КАРТОГРАФІЧНИХ МАТЕРІАЛІВ ХVІІІ ТА ХІХ СТОЛІТЬ ДЛЯ ОЦІНКИ АНТРОПОГЕННИХ ЗМІН В МЕЖАХ БАСЕЙНІВ МАЛИХ РІЧОК	75
ECONOMICS		
15.	Чуба Р. ОБҐРУНТУВАННЯ ПОТРЕБИ ІНВЕСТИЦІЙ ТА ІННОВАЦІЙ В ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ВІДБУДОВИ АГРОСЕКТОРУ УКРАЇНИ	83

EDUCATION		
16.	Pindosova T., Fedorova O. ARTIFICIAL INTELLIGENCE IN TEACHING MARITIME ENGLISH WRITING	88
17.	Гординська О.М., Богаченко Є.В. ПСИХОЛОГО-ПЕДАГОГІЧНИЙ СУПРОВІД ДІТЕЙ З ОСОБЛИВИМИ ОСВІТНИМИ ПОТРЕБАМИ В УМОВАХ СІЛЬСЬКОЇ ГРОМАДИ: ПРАКТИЧНИЙ АСПЕКТ	94
18.	Демічева І.О., Солошенко К.О. МОДЕЛЬ БЕЗБАР'ЄРНОЇ ДИДАКТИЧНОЇ АРХІТЕКТУРИ НАВЧАННЯ В СИСТЕМІ ІНКЛЮЗИВНОЇ ОСВІТИ	98
19.	Казачінер О.С., Бойчук Ю.Д., Галій А.І. КАЗКОТЕРАПЕВТИЧНІ СТРАТЕГІЇ РОБОТИ З ДИТЯЧИМИ КОНФЛІКТАМИ	105
ELECTRONICS		
20.	Хмарюк В.О., Раєвський В.М., Дерев'янко А.А., Глушук Б.В., Душенко М.І. МОДИФІКАЦІЯ БПЛА ШЛЯХОМ ДОДАВАННЯ ПРИСТРОЮ BUZZER JHE42B-S ДЛЯ ВИКОРИСТАННЯ У НАВЧАЛЬНИХ ЦІЛЯХ	110
ENVIRONMENTAL PROTECTION TECHNOLOGIES		
21.	Mysak S., Shapoval S., Kuznetsova M., Pryshliak Y. ANALYSIS OF THE CURRENT UTILIZATION OF RENEWABLE AND ALTERNATIVE ENERGY SOURCES IN EUROPEAN COUNTRIES	113
HISTORY AND ARCHEOLOGY		
22.	Черняк С.Г. ВІЙСЬКОВІ АРХІВИ В УКРАЇНІ	118
INFORMATION SYSTEMS AND TECHNOLOGIES		
23.	Бойко І.В. СИСТЕМА ДОСТУПНОЇ НАВІГАЦІЇ ДЛЯ МАЛОМОБІЛЬНИХ ГРУП НАСЕЛЕННЯ	121

LAW		
24.	Gahramanova N.R. AZƏRBAYCAN RESPUBLİKASINDA BƏLƏDİYYƏ ƏRAZİLƏRİNİN HÜQUQİ REJİMİ: KONSTITUSİYA-HÜQUQİ VƏ QANUNVERİCİLİK ASPEKTLƏRİ	131
25.	Щербяк Ю.В. ВИЗНАННЯ УДАВАНИХ ПРАВОЧИНІВ ЯК СПОСІБ ЗАХИСТУ ПРАВ ОДНОГО З ПОДРУЖЖЯ	136
MECHANICAL ENGINEERING		
26.	Makatora D., Zenkin M., Karpeshko A. DEVICE FOR SEPARATION OF SHEET MATERIAL FROM THE STOCK WITH AUTOMATIC ADJUSTMENT OF THE ANGLE OF THE WORKING PLANE	138
27.	Щукін О.В. МАТЕМАТИЧНЕ ПЛАНУВАННЯ ЕКСПЕРИМЕНТУ ПРИ ОПТИМІЗАЦІЇ ЗНОСОСТІЙКОСТІ РІЗАЛЬНИХ ЕЛЕМЕНТІВ СКРЕПЕРА	141
MEDICINE		
28.	Pavlychko Y., Boichenko O. OUR EXPERIENCE IN TREATING TENOSYNOVITIS OF THE LONG HEAD OF THE BICEPS IN PATIENTS WITH INFLAMMATORY DISEASES OF THE SHOULDER JOINT	144
29.	Сюсюка В.Г., Сергієнко М.Ю., Деміденко О.В., Онопченко С.П., Кириченко М.М. ВАЗОМОТОРНІ СИМПТОМИ ТА ЗДОРОВ'Я СЕРЦЕВО- СУДИННОЇ СИСТЕМИ	146
30.	Трофименко В.В., Сівак П.М., Візір М.О. КАРДІОПРОТЕКТИВНІ ЕФЕКТИ АГОНІСТІВ РЕЦЕПТОРІВ GLP-1	150
PSYCHOLOGY		
31.	Кочерга Є., Мацюк І., Мацюк І. АРТТЕРАПЕВТИЧНІ МЕТОДИ У РОЗВИТКУ ОСОБИСТІСНИХ РЕСУРСІВ ПОДОЛАННЯ СТРЕСУ	152

32.	Пасинчук К.М. МОЖЛИВОСТІ ТА ПРАКТИЧНІ НАПРЯМИ ЗАСТОСУВАННЯ МЕТОДУ EMOTIONAL-LEVEL HAPPINESS MANAGEMENT (ELHM) У ПРОФЕСІЙНІЙ ПІДГОТОВЦІ ФАХІВЦІВ ЦИВІЛЬНОГО ЗАХИСТУ	157
PUBLIC MANAGEMENT AND ADMINISTRATION		
33.	Педосенко В.В., Хмиров І.М., Вавренюк С.А. МОНІТОРИНГ ТА ОЦІНЮВАННЯ МЕХАНІЗМІВ ДЕРЖАВНОЇ БЕЗПЕКИ В УМОВАХ СУЧАСНИХ ЗАГРОЗ	163
SOFTWARE ENGINEERING		
34.	Чижевич В.О. ПРОГНОЗУВАННЯ ДЕФЕКТОУТВОРЮВАЛЬНИХ ЗМІН КОДУ НА ОСНОВІ МЕТРИК РЕПОЗИТОРІЮ	166
TRANSPORT		
35.	Biliakovych O. ANALYSIS OF THE EFFICIENCY OF USING MOBILE PASSENGER STAIRS WITH DIFFERENT DRIVE SYSTEMS	169
36.	Tamargazin O. MODERN TRENDS IN AIR TRAFFIC FORECASTING	173

ОСОБЛИВОСТІ ВИРОЩУВАННЯ СОЇ НА ЗЕРНО

Корчак Микола Миколайович

К.Т.Н., доцент

Заклад вищої освіти “Подільський державний університет”

Соя є однорічною олійною зернобобовою культурою, яка є одним із основних джерел рослинного білка (35-52 %) і жиру (17-25 %) у світі. Вона активно вирощується в Україні (Лісостеп, Степ) як прибуткова технічна культура, що використовується у харчовій, кормовій та технічній промисловості, а також покращує родючість ґрунту [1, 2].

Підготовка насіння. Для сівби слід використовувати насіння районованих сортів, яке за своїми посівними якостями відповідає вимогам чинних стандартів. За два-три дні до сівби, при потребі, його протруюють бенлатом (50%), фундазолом (50 % з.п.) - 3 кг/т, вітоваксом (200 ФФ в.с.к.) – 2,5 л/т насіння, іншими рекомендованими препаратами. Безпосередньо перед сівбою насіння обробляють соєвими інокулянтами (нітрагіном, ризоторфіном, ризогуміном) [3].

Слід зауважити, що обробляти насіння необхідно під навісом, щоб уникнути потрапляння на них прямих сонячних променів, що спричиняють загибель бактерій. Згідно з даними наукових установ, значний ефект у підвищенні врожайності сої забезпечує поєднання обробки насіння інокулянтами та біостимуляторами (гумісолом, агростимуліном, імуліном, емістимом С та ін).

Сівба. Сівбу сої необхідно починати, коли мине небезпека весняних заморозків і встановиться середньодобова температура ґрунту на глибині загортання насіння +12-14°C, при такому прогріві сходи сої з'являються на 10-12-й день, випереджаючи розвиток бур'янів. На Україні в зоні Північного Лісостепу оптимальним терміном сівби сої на насіння є перша декада травня; у Східному Лісостепу – відповідно третя декада квітня і перша декада травня; у південній і південно-західній частинах Лісостепу – третя декада квітня і перші 5 днів травня. У Північному і Центральному Степу України оптимальний термін сівби припадає на другу декаду травня [3].

Сою сіють широкорядним, стрічковим, широкополосним і рядковим способами, а на перезволожених ґрунтах - гребневим способом. У більшості районів її обробляють як просапну культуру широкорядним способом з міжряддями 45 см. Кількість схожих насінин, що висіваються на 1 га, коливається від 400 тис. до 1 млн. шт., або від 80 до 120 кг і більше. Для сівби сої з міжряддями 45 см використовують сівалки, які обладнують пристосуванням СТЯ 31.000. На рядкових посівах застосовують зернові сівалки СЗ-3,6, СЗ-5,4. Можна проводити сівбу закордонними просапними сівалками та ін. У Харківському НАУ ім. В.В. Докучаєва розроблено новий спосіб сівби сої сівалкою СЗ-3,6, обладнаною трубчастими сошниками з овальною лобовою поверхнею і прямим кутом входження в ґрунт, які розподіляють насіння смужкою шириною 5-6 см з міжряддям 39-40 см. Насіння потрапляє на тверде

ложе у вологий шар ґрунту на глибину 4-5 см. За рахунок розосередженого розміщення насіння в рядку врожайність зерна сої в стрічкових посівах збільшується на 3-4 ц/га в порівнянні з широкорядним способом сівби дисковими сошниками. В Україні, за даними ряду науково-дослідних установ, кращим способом сівби є широкорядний з міжряддями 45 см і нормою висіву 400–600 тис./га схожих насінин.

Догляд за посівами. Своєчасний і якісно проведений догляд за посівами сої забезпечує значне підвищення її врожайності. За якісної обробки ґрунту і позитивної дії внесених гербіцидів догляд за соєю зводиться до післяпосівного коткування при потребі та одного міжрядного розпушування на глибину 5–6 см. На площах без застосування ґрунтових гербіцидів проводять два досходових і один-два післясходових боронування середніми боронами та обробіток міжрядь. Глибина першого міжрядного розпушування 5-6 см, другого і третього – 6-8 см [3].

Захист посівів. При захисті посівів сої від шкідників і хвороб потрібно виконувати вищезазначені агротехнічні заходи.

Хімічні засоби слід застосовувати тільки при загрозі масового з'явлення шкідників і розвитку хвороб, з обов'язковим урахуванням економічного порога шкідливості.

Найбільша чисельність шкідників, які пошкоджують сою, припадає на період від бутонізації до формування бобів культури. Для захисту посівів у цей період від соєвої плоджерки (40 метеликів на феромонну пастку за ніч у період цвітіння, 25–30 яєць на 1 м² у фазу формування бобів), лугового метелика (10–20 гусениць на 1 м²), вогнівки, багатойдної совки (2–3 гусениці на 1 м²) випускають трихограму (на початку масового відкладання яєць) з розрахунку 50 тис. особин на 1 га проти кожного покоління (3-4 прийоми з інтервалом 5–10 днів), для захисту від попелиць (30–50 особин на 10 помахів сачком), трипсів (один дорослий трипс на дві квітки, або дві личинки на одну квітку), люцернових клопів (20–30 клопів та личинок на 100 помахів сачком), бульбочкових довгоносиків (10–15 жуків на м² або на 3-5 рослин) проводять обприскування посівів одним з таких препаратів: Бі58 новий, 40% к.е. 0,5–1,0 л/га; золон, 35 % к.е. – 2,5–3,0 л/га; шерпа, 25% к.е. – 0,32 л/га та ін. [3].

При виявленні на посівах сої до 3–5 % уражених рослин фузаріозом, пероноспорозом, церкоспорозом, септоріозом, раком стебел здійснюють обприскування одним із фунгіцидів: 0,3 % суспензією 50 % ронілану, 50 % сумілексу (3 кг препарату на 1 га). Для захисту посівів від борошнистої роси при ураженні 1% рослин проводять обприскування одним з фунгіцидів: 1 % суспензією колоїдної сірки (5-6 кг препарату на 1 га), меленою сіркою (20–25 кг на 1 га). Проти аскохітозу, білої гнилі, іржі при ураженні близько 5 % рослин обприскують препаратом рекстоп, 33,4% к.е. – 0,5–1,0 л/га.

Поряд з агротехнічними прийомами велике значення для одержання високих урожаїв сої має хімічний метод боротьби з бур'янами в посівах. Гербіциди застосовують до посіву, одночасно з ним або до появи сходів та післясходовий період.

Аналіз асортименту сучасних гербіцидів, які дозволені в Україні для використання на посівах сої, показує, що на сьогодні найбільшого поширення набули такі ґрунтові гербіциди, як Харнес, 90% к.е. (2,0 л/га), Трофі, 90 % к.е. (1,5 л/га), Фронт'єр, 90 % к.е. (1,5 л/га), Дуал, 90 % к.е. (2,0 л/га), які характеризуються широким спектром дії та високою вибірковістю щодо культури. Їх можна вносити як під передпосівну культивуацію, так і одразу ж після посіву сої [3].

Такий гербіцид, як півот, 10 % в.р.к., можна використовувати при обробці ґрунту до посіву, до сходів (як ґрунтовий) або після сходів у фазу двох-трьох трійчастих листків сої.

Оптимальні строки внесення препаратів у післясходовий період настають у фазі одного-трьох трійчастих листків у сої. Бур'яни в цей період перебувають у фазі трьох-п'яти (злакові) та двох-трьох листків (дводольні) і найчутливіші до гербіцидів. Високий рівень знищення бур'янів забезпечує внесення бакових сумішей рекомендованих післясходових гербіцидів хармоні, 75 % в.г. (8,0 г/га) із селектом, 12,5 % к.е. (1,0 л/га).

Збирання врожаю. Сою на зерно збирають при вологості не більше 16 % тільки прямим способом – комбайнами з переобладнаною жниваркою для забезпечення мінімальної висоти зрізу, яка не повинна перевищувати 6-8 см [3].

Для зменшення дроблення насіння частоту обертів барабану знижують до 500–600 об/хв, а при вологості насіння нижче 12 % – до 300–400 обертів.

Висновки. Для належного проведення технологічних операцій вирощування сої на зерно потрібно чітко дотримуватися агротехнічних вимог та враховувати її особливості як культури [4-14].

Список літератури

1. Системи сучасних інтенсивних технологій у рослинництві: Підручник / С.М. Каленська, Л.М. Єрмакова, В.Д. Паламарчук, І.С. Поліщук, М.І. Поліщук. Вінниця: ФОП Рогальська І.О., 2015. 448 с.
2. Павліський В.М., Нагірний Ю.П., Мельник І.І. Проектування технологічних систем рослинництва. Тернопіль: Збруч, 2003. 262 с.
3. Технологічні карти вирощування сільськогосподарських культур: монографія /Л.М. Тіщенко, С.І. Корнієнко, В.А. Дубровін та ін.: за ред. Л.М. Тіщенка. Харк. нац. техн. ун-т с.-г. ім. Петра Василенка. Харків: ХНТУСГ, 2015. 273 с.
4. Victor Sheichenko, Ihor Marynchenko, Ihor Dudnikov, and Mykola Korchak. (2019). Development of technology for the hemp stalks preparation / Independent Journal of Management and Production // State agrarian and engineering university in Podilia. V. 10, № 7, pp. 687 – 701. (ISSN: 2236-269X).
<http://www.ijmp.jor.br/index.php/ijmp/article/view/913>
5. M. Korchak, S. Yermakov, V. Maisus, S. Oleksiyko, V. Pukas and I. Zavadskaya. Problems of field contamination when growing energy corn as monoculture. E3S Web of Conferences. Krynica, Poland. 6th International Conference – Renewable Energy Sources. Volume 154 (2020). (ISSN: 2267-1242).

<https://doi.org/10.1051/e3sconf/202015401009>

6. Mykola Korchak, Serhii Yermakov, Taras Hutsol, Lesya Burko, and Weronika Tulej. Features of weediness of the field by root residues of corn // Environment. Technology. Resources. Proceedings of the 13th International Scientific and Practical Conference. Rezekne, Latvia (2021), Volume 1, pp. 122 – 126. <https://doi.org/10.17770/etr2021vol1.6541>

7. Korchak, M., Bliznjuk, O., Nekrasov, S., Gavrish, T., Petrova, O., Shevchuk, N., Strikha, L., Kostyrkin, O., Semenov, E., and Saveliev, D. (2022). Development of rational technology for sodium glyceroxide obtaining. Eastern-European Journal of Enterprise Technologies, Volume 5, № 6 (119), pp. 15 – 21.

<https://doi.org/10.15587/1729-4061.2022.265087>

8. Korchak, M., Bragin, O., Petrova, O., Shevchuk, N., Strikha, L., Stankevych, S., Svishchova, Ya., Khimenko, N., Filenko, O., and Petukhova, O. (2022). Development of transesterification model for safe technology of chemical modification of oxidized fats. Eastern-European Journal of Enterprise Technologies, Volume 6, № 6 (120), pp. 8 – 13. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2022.266931>

9. Yermakov S., Korchak M., Duhanets V., Pukas V., and Vusatyi M. (2024). Rationale for the combined cultivator design for cultivating soil littered with plant remains of rough-stemmed crops. Environment. Technology. Resources. 15th International Scientific and Practical Conference. June 27-28, 2024, "Vasil Levski" National Military University, Veliko Tarnovo, Bulgaria.

<https://doi.org/10.17770/etr2024vol1.7959>

10. Mykola Korchak, Anatolii Shostia, Svitlana Usenko, Liudmyla Floka, Nadiia Hniti, Liubov Morozova, Vita Glavatchuk, Larysa Marushko, Serhii Nekrasov, and Roman Mylostyvyi. (2024). Determination of rational parameters of chemical transesterification technology of sunflower oil. Eastern-European Journal of Enterprise Technologies: Technology organic and inorganic substances, Volume 5, № 6(131), pp. 26 – 33. ISSN 1729-3774.

<https://doi.org/10.15587/1729-4061.2024.313095>

11. C. Lu, S. Shevchenko, V. Geichuk, M. Korchak, and A. Topalov. (2024). Research on Improving Seals to Suppress Vibration of Rotary Machines”, C. R. Acad. Bulg. Sci., Vol. 77, no. 6, pp. 881–891, Jun. 2024.

<https://doi.org/10.7546/CRABS.2024.06.11>

12. W. Hui, S. Shevchenko, M. Korchak, A. Lesko, A. Monakhov, Yu. Halynkin, and O. Gerasin. (2025). A Study of Mechanical Seal Rings Thermal and Force Deformations in Energy Rotor Machines. C. R. Acad. Bulg. Sci., vol. 78, no. 1, pp. 109–118, Jan. 2025. <https://doi.org/10.7546/CRABS.2025.01.13>

13. Korchak, M., Knysh, V., Shostia, A., Usenko, S., Hmelnitska, Y., Rachynska Z., Viaskov V., Kostenko I., Glavatchuk V., Zygin S. (2025). Establishing the influence of sunflower oil quality indicators on the efficiency of the transesterification catalyst. Eastern-European Journal of Enterprise Technologies, 6 (6 (138)), 6–13. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2025.344900>

14. Yermakov, S., Korchak, M., Hutsol, T., Hovorov, O., Oleksiyko, S. (2026). Substantiation of strip tillage after corn harvesting based on post-harvest residue characteristics. *Engineering for Rural Development*. Latvia, Jelgava. 2026. P.79-86.
<https://doi.org/10.22616/ERDev.2026.25.TF012>

DIGITAL TWINS AND INTERNET OF THINGS FOR MONITORING AND PREDICTING THE TECHNICAL CONDITION OF BRIDGES WITHIN THE INDUSTRY 5.0 CONCEPT

Ponochovnyi Yuriy

Dr.Sc., Professor

Department of Information Systems and Technologies

Poltava State Agrarian University, Ukraine

Protas Rostyslav

Higher education student

Faculty of Civil Engineering

Czestochowa University of Technology, Poland

Bridges are critically important elements of a country's transport infrastructure; therefore, continuous assessment of their condition is essential for their secure and stable operation. Throughout their life cycle, bridge structures are subjected to significant traffic loads, vibrations, temperature fluctuations, moisture, corrosion and other things that can gradually alter their performance characteristics. Therefore, to ensure the durability and safety of bridges, it is not only proper design and construction that play a key role, but also an effective system for tracking and forecasting their condition throughout their entire life cycle.

Traditional visual inspections of bridges are subjective and do not allow hidden internal defects to be identified at an early phase. Structural health monitoring (SHM) systems must be robust and reliable [1]. The evolution of digital tools is shaping new innovative methods to the management of complex engineering structures. In particular, the Industry 5.0 concept envisages the further advancement of the digital evolution of manufacturing and infrastructure systems, with an emphasis on human-centricity, sustainability and resilience [2, 3, 4]. Consequently, technologies are considered not simply as means of automating individual operations, but as tools for ensuring the safer, more sustainable and highly optimized functioning of physical systems throughout their entire life cycle. For bridge infrastructure, this strategy paves the path to a shift from periodic inspections of bridges' technical condition to digital monitoring – the ongoing collection, analysis and application of operational data to predict their condition and make engineering decisions regarding their continued safe operation. Digitalisation helps engineers to make right decisions, not just simply automating monitoring (human-centricity); it ensures the timely detection of deterioration and improves resilience to extreme conditions; and it helps to extend the life cycle of structures and optimise repairs and resources (sustainability).

In this context, the synergy between the Internet of Things (IoT) and digital twins could become a key tool for guaranteeing the sustained and reliable functioning of bridge structures.

The aim of our study is to summarise current approaches to the use of the Internet of Things (IoT) and digital twins for monitoring and predicting the technical condition of bridges, to identify the opportunity for their implementation in predicting changes in the operational characteristics of bridge structures, and to formulate a methodology to the digital management of bridge infrastructure in the context of Industry 5.0.

One of the crucial technologies for implementing this conceptual approach is the Internet of Things (IoT). The Internet of Things is generally based on the following technologies: identification methods (radio-frequency, optical and infrared tags, etc., for automatic identification. To ensure the individuality of identifiers of different classes, further work is necessary to normalize them); measuring instruments designed to transform details about the environment into data suitable for transmission to processing systems (these may be either individual sensors or complex measuring systems); data transmission systems (wireless or wired networks), data processing systems (cloud-based systems providing high throughput and rapid response to specific situations, as well as fog computing); actuators, which are often structurally integrated with sensors [5, 6].

In bridge engineering, a distributed web of detectors integrated into the bridge's structural elements can collect data on deformations, displacements, vibrations, stresses, temperature, humidity, inclinations and other parameters that characterise the actual behaviour of the bridge structure. Transmitting this data to information systems enables real-time monitoring of the bridge's condition, the detection of abnormal changes and the creation of a cumulative database of operational data.

The next level of integration of technological solutions is the digital twin of a bridge structure. Unlike a static digital model, a digital twin involves linking the virtual model of an object to data on its actual condition and, provided the system is organised appropriately, the ability to incessantly update this information. Combining a digital twin with IoT sensors gives a opportunity to create a digital framework in which the geometric and information model of the bridge is supplemented with up-to-date data on its operational behaviour. This provides a basis for analysing changes in its technical condition, identifying deviations from expected parameters and predicting potential problems.

The application of digital twins in the Industry 5.0 concept is also changing the approach to decision-making regarding the operation of infrastructure facilities. Data obtained from IoT systems can be used by specialists to assess the actual condition of a structure, prioritise maintenance and plan further engineering measures. Thus, the digital twin serves not only as a means of visually representing the bridge, but also as the data foundation for communication between the physical structure, digital technologies and the decision-maker.

The world's existing transport infrastructure is under severe strain due to ageing structures, increasing traffic volumes, the effects of climate change and armed conflicts, it is very important that virtual solutions for monitoring and forecasting the

condition of infrastructure can be implemented both to new bridge structures – for which sensor systems and digital representations can be integrated as early as the design and construction stages – and to existing ones. For facilities that are already in operation, a digital twin can be created on the basis of design and operational documentation, the outcomes of engineering assessments, geometric data, laser scanning, photogrammetry and additional inputs, supplemented by data from installed sensor systems. This makes it possible to gradually incorporate technological solutions into the existing infrastructure without the necessity of build a new facility.

To observe the real-time condition of bridge structures and answer the question of what is happening to the bridge at any given moment, a logical sequence is established: IoT technology involves the aggregation and relaying of data (readings from sensors, in accordance with the architecture of the IoT system); the digital twin provides a visual representation of the bridge's condition, analyses its current state and detects anomalies; and finally, a specialist assesses the structure and makes a decision.

A more complex area is the prediction of the condition of bridges. It is not enough simply to collect technical data; rather, it is necessary to use the accumulated data to make a forecast regarding the future condition of the structure. In this case, the logic would be as follows: data is collected and transmitted in real time using IoT sensors; the Digital Twin then creates a digital representation of the physical bridge and historical data is accumulated; an analytical/AI model is subsequently engineered to forecast changes in the condition of the object under study; the final stage involves supporting decisions regarding the bridge's maintenance. Such an integrated system can predict: the development of deformations; changes in vibration characteristics; the occurrence or progression of damage; the remaining service life of individual components; the need for maintenance; and so on [7, 8, 9].

The integrated IoT–Digital Twin concept for bridges can be illustrated using the diagram shown (figure 1).

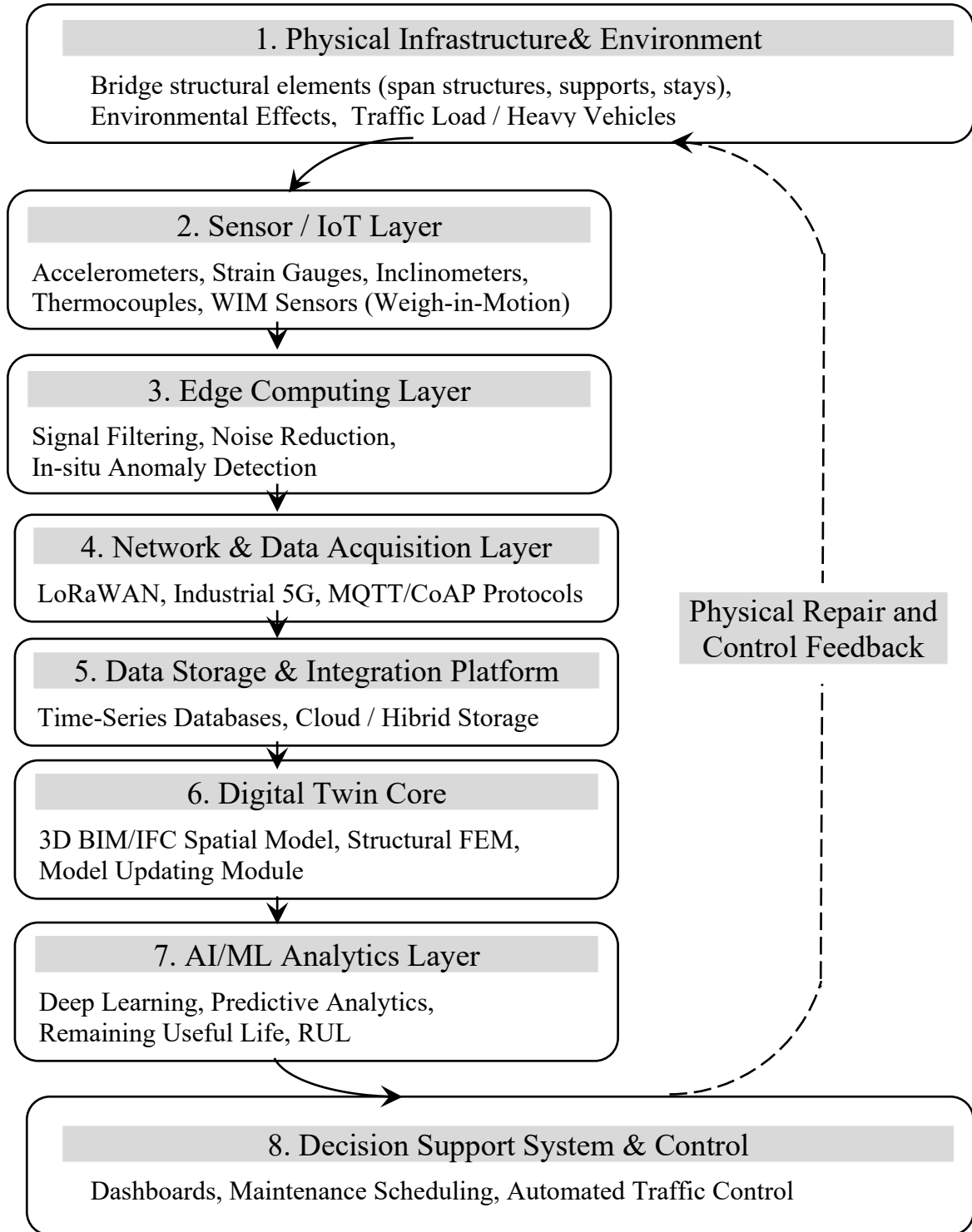


Figure. 1. Architectural and conceptual model of an integrated IoT–Digital Twin system for bridge structures

Source of the figure: compiled by the author based on analysis [7-11, 16]

The functional levels in the conceptual model presented are:

1. *Physical Infrastructure Layer*: This comprises the bridge structure itself, consisting of its structural elements (span structures, supports, cable-stayed systems, abutments), as well as the external environment (weather conditions, seismic activity, traffic loads). At this level, stress-strain states, deformations, vibrations and

degradation processes occur due to the effects of meteorological factors and dynamic traffic.

2. *Sensor/IoT Layer*: Comprises a distributed network of sensors and transducers (strain gauges, piezoelectric accelerometers, inclinometers, fibre-optic sensors, thermocouples, as well as Weigh-in-Motion (WIM) systems). At this level, continuous monitoring of the primary physical parameters of the build and the environment is ensured, covering the following main groups of parameters: deformation (deformations, displacements, deflections), dynamic (accelerations, vibrations, natural frequencies), force-related (stresses, strains, forces), geometric (inclination, support displacement), climatic (temperature, humidity), environmental (wind, precipitation, water level), and special (corrosion, condition of cables, cracks).

3. *Edge Computing Layer*: Performs initial processing of sensor data directly near the object. Bridge sensors (accelerometers for measuring vibrations, acoustic emission) generate a massive amount of data (High-Frequency Data). Transmitting all "raw" data to the cloud is expensive and inefficient. Therefore, the trend toward implementing Edge/Fog Computing between the sensor level and data collection is appropriate. It is used to filter out high-frequency noise, aggregate data, and detect local anomalies in real time in situ, sending only aggregated metrics or anomalies to the cloud, which significantly reduces the load on communication channels and cloud infrastructure.

4. *Data Collection and Transmission Layer (Network & Data Acquisition Layer)*: Sends important information safely without drops from outside sensors up to the cloud using secure wireless connections (LoRaWAN, Industrial 5G, Cellular IoT) or wired communication channels via MQTT, CoAP, or HTTP/REST API protocols.

5. *Data Storage & Integration Platform*: This is a scalable cloud-based or hybrid storage solution. It uses time-series databases to organize telemetry streams, as well as relational and document-oriented databases to store the facility's technical and operational data.

6. *Digital Twin Core*: The core module of the system, consisting of interconnected components:

- *Spatial-Information Model (BIM/GIS)*: A three-dimensional geospatial model of a structure (based on the IFC open standard for the modelling and transfer of BIM data) containing up-to-date information on structural elements and geometric deviations. The standardization of the Building Information Model (BIM) and the IFC format for the core of the Digital Twin complies with standard [10].

- *Physics-Mathematical Model (FEM)*: An adaptive finite element model that simulates the mechanical behavior of a structure under load.

- *Calibration Module (Model Updating)*: Ensures regular adjustment of the FEM model parameters (stiffness, damping parameters) based on actual telemetry data, thereby preventing model drift from the bridge's actual condition.

7. *Intelligent Analytics Layer (AI/ML Layer)*: It relies on machine learning and deep learning algorithms (in particular, LSTM recurrent neural networks, autoencoders, and ensemble methods). AI/ML uses past and current records to find patterns and anomalies and to predict probable degradation of the infrastructure. Designed to identify hidden degradation patterns, detect structural damage, and assess

the structure's remaining useful life (RUL).

8. *Level of monitoring and decision support (Decision Support System, DSS)*: It transforms analytical data into formatted reports, visualizations (dashboards), and interactive alerts. It enables the comparison of current parameters with maximum permissible values in compliance with applicable building codes. In other words, it offers: real-time tracking of the present condition and alerts regarding critical limits, forecasting of degradation processes and assessment of fatigue accumulation, and giving recommendations every day and corrective maintenance.

9. *Closed-Loop Feedback Control*: A main element that connects real machine to digital software:

□ *Automated (fast) loop*: fast intervention in critical moments (for example, activating traffic lights or electronic signs to limit the speed or weight of vehicles when permissible vibration or wind load levels are exceeded).

□ *Organizational-technical (long-term) loop (Human-in-the-Loop)*: Authorizing operational interventions when it is necessary to fix things, make parts stronger, or take a quick look inside. Entering information about the work performed updates the BIM/FEM models, completing the cycle of adapting the Digital Twin to the structure's changed physical condition.

Feedback is a crucial necessity for digital twins. Without feedback, a model is merely a “digital shadow” rather than a “digital twin”.

The diagram shown corresponds to the classic multi-level architecture of IoT/Cyber-Physical Systems (CPS). The division into sensors, data transmission, modeling, and analytics follows the generally accepted standard for linking a real physical object with its digital representation and the data associated with it [11].

When creating a digital twin of a bridge structure, the approach to integrating IoT and digital models depends on whether the bridge is new or existing. In the case of a new bridge, the digital twin can be created in parallel with the design and construction determined by a BIM/BrIM model, with the necessary sensor equipment and monitoring parameters specified from the outset. Для існуючих мостів його створення передбачає попереднє накопичення й актуалізацію фактичних даних про геометрію, технічний стан та історію експлуатації, зокрема за результатами обстежень, лазерного сканування, фотограмметрії та ретроспективного встановлення IoT-сенсорів. Основні відмінності у формуванні цифрового двійника для нових та існуючих мостів узагальнено в таблиці 1.

Table 1.
Creating Digital Twins of New and Existing Bridges

Stage	New Bridge	Existing bridge
Initial data	BIM/BrIM	documentation + survey
Geometry	BIM	laser scanning / photogrammetry
Sensors	are provided in the project	applied retrospectively
Initial state	registered upon data entry	detected upon inspection
Digital Twin	created in parallel	based on actual data
Monitoring	integrated from the outset	gradually modernized
Forecasting	based on data collection	based on historical data + new data

Theoretical approaches to creating digital twins of bridges based on BIM/BrIM, IoT, and remote data collection technologies are being applied in real-world infrastructure projects (table 2). Global experience demonstrates various methods for integrating digital models, sensor systems, monitoring technologies, and analytical platforms, depending on the structural classification, its developmental phase, and the objectives set.

Table 2.

Examples of the Implementation of Digital Monitoring and Digital Twins for Bridges

Country	Example	Technologies	What is being monitored	Level of digitalisation
China	Yangpu Bridge	1100+ sensing points + Digital Twin	deformation, vibration, cables, temperature, etc.	comprehensive system
USA	SHM / Digital Twin systems	sensors, SHM, data analytics	condition of structures	practical application
Great Britain	SmartBridge	wireless sensors + digital twin	deformations, temperature, stress, etc.	research and applied
Singapore	LTA Digital Twin / Smart Infrastructure	GIS, BIM, 3D LiDAR, digital mapping, data analytics	infrastructure and operational parameters	integrated digital environment
Singapore	Digital Twin of Pedestrian Bridges — NTU	digital twin, FEM, field measurements, neural networks, wireless sensing	dynamic behaviour, influences, impact localisation, condition assessment	research and applied

A real-world example of the use of digital technologies is the Yangpu Bridge in Shanghai, which spans the Huangpu River. The bridge, which opened in 1993, was equipped with a “smart brain” in 2022. An official source describes more than 50,000 static objects and pieces of equipment for space management, as well as more than 1,100 monitoring points across 17 categories that collect data on wind, temperature, ground movements, stress, deformation, vibrations, cable forces, and displacement. The data is integrated with the bridge’s digital twin, which allows for the calculation and analysis of limit values and provides real-time information on the condition of the bridge structure. As a demonstration project for the “digital twin” of the “Cloud Road Center,” the city of Yangpu was the first to implement intelligent monitoring using a “digital twin” to advance the modernization of road transport management [12].

The U.S. Federal Highway Administration (FHWA) views digital twins as a promising means of integrating sensor monitoring data with a digital structural model to assess the current condition of a bridge and predict its future condition, as a tool for managing the technical condition of bridges. Their use involves combining a digital model of the bridge with data from electronic monitoring systems and sensors, which makes it achievable to evaluate holistically the structure’s current condition and model its future condition to support asset management. The official FHWA concept, “Digital

Twins for Bridge Asset Management,” proposes combining electronic monitoring systems with a digital twin to assess the current and future condition of a bridge [13].

A prime example of the practical implementation of a bridge’s digital twin is the British project SmartBridge—Smart Monitoring and Inspection of Bridges Infrastructure, funded by Innovate UK from 2017 to 2020. The project involved integrating multi-scale 3D models of the bridge with sensor data, inspection results, and operational parameters. The developed system underwent field testing on a London Underground bridge near Watford and provided an analysis of the structure’s technical condition, degradation, reliability, and remaining service life [14].

The Land Transport Authority (LTA) is developing a digital twin of road and related infrastructure based on GIS and 3D LiDAR. Laser scanning data is used to create high-precision digital models of road assets, structures, and other objects. The digital environment makes it possible to visualize the location of assets, analyze their condition, identify defects, and support maintenance. LTA integrates GIS and BIM through its proprietary portals, Ignite and InSIGHT. This integration is used to create a digital twin of the urban environment and perform comprehensive modeling [15]. Researchers at Nanyang Technological University have created a digital twin of a pedestrian bridge that replicates its dynamic behavior.

Recent scientific studies have already identified AI, IoT, and Digital Twin as interconnected components of the new generation of bridge SHM, but they also point to challenges related to the variability of operating conditions, scalability, and the reliability of the models. To create reliable, next-generation monitoring systems, the following areas for further development are proposed: the creation of machine learning models based on physical laws, the standardization of protocols, and the incorporation of crowdsourced monitoring projects [1]. Financial constraints and gaps in advanced modeling skills also pose significant obstacles to the implementation of BDT [16].

Despite the high potential for integrating the IoT and digital twins, scaling this concept in bridge construction faces a number of technical and organizational obstacles. The main financial and technological barriers are the high cost of full-scale sensor systems and the issue of sensor reliability, where the failure of a single component can critically distort the entire analytical system. At the level of information management, challenges arise due to the large volumes of heterogeneous data and the variety of formats, which complicates integration – in this regard, hybrid edge/cloud computing architectures and the implementation of uniform standards to ensure interoperability demonstrate significant potential. Particular attention must be paid to specific engineering conditions: the presence of a large number of old bridges for which no original BIM model exists (this is addressed using Scan-to-BIM technologies), as well as the lack of historical (long-term) data required for the effective training of predictive models. In addition to cyber threats, which create new points of vulnerability in IoT networks (requiring a ‘security by design’ approach), the human factor remains key: the final decision in critical situations is taken by an engineer, which highlights the relevance of the ‘human-in-the-loop’ paradigm within Industry 5.0 (table 3).

Table 3.
Potential obstacles to the integration of the IoT and digital twins

Problem	Essence	Promising area
high cost of touchscreen systems	multiple sensors and communication systems	low-cost IoT/MEMS
large amounts of data	complexity of storage and processing	edge/cloud computing
different data formats	problem of integration	standards ra interoperability
AI false alarms	effects of temperature, load, etc.	physics-informed ML
old bridges	lack of BIM	Scan-to-BIM
sensor reliability	sensor failure can distort the picture	sensor fusion
cybersecurity	IoT creates new attack vectors	security by design
lack of long-term data	It is difficult to train predictive models	long-term monitoring
human factor	engineer makes the decision anyway	human-in-the-loop

The analysis carried out therefore demonstrates that traditional methods of infrastructure monitoring no longer meet today's security and reliability challenges. Combining networks of IoT sensors with dynamic digital twins makes it possible to create a unified ecosystem for managing the life cycle of bridge structures.

The IoT enables the continuous collection of real-time data on the actual condition of structures (vibrations, stresses, corrosion); digital twins integrate these data streams with a digital model to simulate load scenarios. The use of AI and machine learning algorithms gives a important chance to move beyond simply monitoring or recording the current condition to in-depth prediction of structural behaviour and finding small cracks before they turn into serious breakdowns.

The Industry 5.0 paradigm sets out a broader value framework in which the latest technologies are aimed not merely at the blind automation of processes, but at ensuring occupational safety, environmental sustainability, the resilience of infrastructure and the support of effective human decision-making. Optimising maintenance cycles and predicting wear and tear reduce operating costs, lower transport emissions, minimise human error, and enhance public safety.

Promising areas include the development of uniform standards and protocols for the exchange of heterogeneous data, the deep integration of artificial intelligence algorithms to achieve fully autonomous decision-making, and the enhancement of cybersecurity for integrated bridge systems.

Overall, the combination of the IoT and digital twins within the framework of Industry 5.0 represents a qualitatively new stage in the evolution of bridge construction, ensuring the creation of a more reliable, safer and more adaptive transport infrastructure for the future.

References

1. Chaudhari, R. S., Nama, S., Narkhede, M. M., Bhangale, V. P., Gaikwad, R. B., & More, M. M. (2026). Next generation vibration-based structural health monitoring for bridges: A systematic review of AI, IoT, and digital twin integrations. *Journal of*

Building Pathology and Rehabilitation, 11, 136. <https://doi.org/10.1007/s41024-026-00810-0>

2. Breque, M., De Nul, L., & Petridis, A. (2021). Industry 5.0: Towards a sustainable, human-centric and resilient European industry. European Commission, Directorate-General for Research and Innovation. <https://doi.org/10.2777/308407>

3. European Commission. Industry 5.0. European Commission. https://research-and-innovation.ec.europa.eu/research-area/industrial-research-and-innovation/industry-50_en

4. Xu, X., Lu, Y., Vogel-Heuser, B., & Wang, L. (2021). Industry 4.0 and Industry 5.0 – Inception, conception and perception. *Journal of Manufacturing Systems*, 61, 530–535. <https://doi.org/10.1016/j.jmsy.2021.10.006>

5. Internet of Things, IoT. <https://www.it.ua/knowledge-base/technology-innovation/internet-veschej-internet-of-things-iot>

6. International Organization for Standardization, & International Electrotechnical Commission. (2024). *Internet of Things (IoT) – Reference architecture* (ISO/IEC 30141:2024). <https://www.iso.org/standard/88800.html>

7. Leong, W. Y. (2026). Digital Twin and IoT Integration for Predictive Maintenance in Civil and Structural Engineering. *Engineering Proceedings*, 134(1), 19. <https://doi.org/10.3390/engproc2026134019>

8. Hoskere, V., Hassanlou, D., Rahman, A. U., Bazrgary, R., & Ali, M. T. (2025). Unified framework for digital twins of bridges. *Automation in Construction*, 175, 106214. <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2025.106214>

9. Zhang, Z., Fu, Y., & Sun, Z. (2025). Advancements in digital twin-enhanced health monitoring and condition assessment of cable-supported bridges. *Structures*, 79, 109448. <https://doi.org/10.1016/j.istruc.2025.109448>

10. International Organization for Standardization. (2018). *Organization and digitization of information about buildings and civil engineering works, including building information modelling (BIM) – Information management using building information modelling* (ISO 19650:2018) <https://www.iso.org/standard/68078.html>

11. International Organization for Standardization. (2021). *Automation systems and integration – Digital twin framework for manufacturing* (ISO 23247:2021). <https://www.iso.org/standard/75066.html>

12. <https://english.shyp.gov.cn/ywb/latest/20220304/404440.html>

13. https://www.fhwa.dot.gov/innovation/stic/EDC-7_Summary_of_Innovation_Suggestions.pdf

14. TWI Ltd. (2021, January 7). *SmartBridge project seeks investors*. <https://www.twi-global.com/media-and-events/press-releases/2021/smartbridge-project-seeks-investors>

15. Khor, A. (2024). *Keynote speech by Senior Minister of State for Transport, Dr Amy Khor, at the High Level Panel 1 at 19th Intelligent Transport System Asia Pacific Forum 2024*. Ministry of Transport, Singapore. <https://www.mot.gov.sg/news-resources/newsroom/keynote-speech-by-senior-minister-of-state-for-transport--dr-amy-khor--at-the-high-level-panel-1-at-19th-intelligent-transport-system-asia-pacific-forum-2024/>

16. Nhamage, I. A., Horas, C. S., Dang, N. S., et al. (2025). Strategies for maximising the value of digital twins for bridge management and structural monitoring: A systematic review. *Archives of Computational Methods in Engineering*, 32, 4555–4586. <https://doi.org/10.1007/s11831-025-10280-1>

ТРАНСФОРМАЦІЯ НАВЧАЛЬНОГО ПРОСТОРУ: ВІД ФУНКЦІОНАЛЬНО ДЕТЕРМІНОВАНОЇ ДО ГНУЧКОЇ ПЛАНУВАЛЬНОЇ СТРУКТУРИ

Тишкевич Ольга Петрівна

кандидат архітектури, доцент,
доцент кафедри міського будівництва та архітектури
Інженерний навчально-науковий інститут ім. Ю.М. Потебні
Запорізького національного університету

Актуальність. Система загальної середньої освіти перебуває в процесі суттєвої трансформації, пов'язаної зі зміною освітніх моделей, посиленням індивідуалізації навчання, інклюзивності, цифрових технологій та взаємодії школи з громадою [1–3]. Традиційна модель шкільної будівлі, сформована на основі класно-урочної системи та жорсткого функціонального зонування, не повною мірою відповідає сучасним сценаріям освітньої діяльності [4, 5]. Поширення проєктного, змішаного та групового навчання зумовлює потребу в гнучкішому, диференційованому та адаптивному архітектурному середовищі [1, 5, 6]. Сучасні напрямки формування мережі та архітектурно-планувальної організації шкільних будівель розглянуто в [7]. Водночас взаємозв'язок між конкретними змінами освітнього процесу та відповідними змінами архітектурно-просторової організації школи потребує подальшого дослідження.

Мета дослідження. Визначити напрями трансформації планувальної структури закладів загальної середньої освіти, зумовлені змінами сучасного освітнього процесу.

Результати дослідження. Аналіз сучасних підходів до організації освітнього процесу [1–3] свідчить про поступовий перехід від стандартизованої моделі навчання до системи, орієнтованої на різноманітність освітніх сценаріїв, індивідуальні освітні траєкторії, командну роботу, самостійну діяльність учнів та інтеграцію формального і неформального навчання.

Аналіз джерел [1–3, 6] дозволяє виділити освітні тенденції, що безпосередньо впливають на архітектурне формування закладів загальної середньої освіти: персоналізація навчання; поширення активних і проєктних форм роботи; розвиток змішаного та цифрового навчання; інклюзивність освітнього середовища; посилення міждисциплінарної взаємодії; розширення соціальної та громадської функції школи.

Традиційна планувальна структура школи побудована на однозначній відповідності між приміщенням і навчальним предметом, що фіксує склад, площі та обладнання кожного кабінету на весь термін експлуатації будівлі. Зазначені тенденції зумовлюють перехід від цієї моделі до можливості багатоваріантного використання приміщень [5, 6]. Навчальний простір формується як система взаємопов'язаних середовищ різного масштабу та ступеня відкритості — від

індивідуальних місць роботи і малих груп до просторів спільної діяльності великих груп учнів [5, 8].

Змінюється роль традиційного класного приміщення. Поряд із ним формуються відкриті та багатофункціональні навчальні простори, зони індивідуальної і групової роботи, комунікаційні осередки, лабораторії, майстерні та рекреаційні простори, що можуть використовуватись для навчальних занять [5, 8]. Коридор поступово трансформується з виключно транзитного простору у частину освітнього середовища [5]. Цифровізація та змішане навчання посилюють потребу в універсальності навчальних приміщень, розвиненому інженерному та цифровому забезпеченні та можливості оперативної зміни їх обладнання. Міждисциплінарна взаємодія потребує укрупнених навчальних просторів, здатних об'єднувати кілька предметних напрямів, замість однопрофільних кабінетів.

Водночас чинна нормативна база України значною мірою ґрунтується на функціональній диференціації навчальних приміщень: ДБН В.2.2-3:2018 регламентує їх склад і нормативні площі [9]. Такий підхід не повною мірою відображає сучасну тенденцію до багатофункціонального та варіативного використання навчального простору.

Гнучка планувальна структура закладу загальної середньої освіти формується на двох рівнях. Оперативний рівень забезпечують трансформовні перегородки, мобільне обладнання, можливість об'єднання та поділу приміщень, що дозволяє змінювати просторову конфігурацію відповідно до конкретного сценарію використання. Довгострокова адаптивність потребує такої просторово-конструктивної організації будівлі, яка дозволяє змінювати функціональне наповнення без суттєвого втручання в основні несучі та інженерні системи. Доцільність застосування компактних об'ємно-планувальних схем і прийомів гнучкого планування для приведення шкільних будівель у відповідність до сучасних соціально-педагогічних вимог обґрунтовано на матеріалі вітчизняного та зарубіжного досвіду проєктування [7].

Інклюзивна модель освіти розширює поняття доступності: поряд із фізичною безбар'єрністю актуальними стають просторове різноманіття, можливість вибору середовища відповідно до індивідуальних потреб, наявність зон концентрації, відпочинку та психологічного розвантаження [3]. Окремим напрямом трансформації є посилення взаємозв'язку школи з громадою [2, 4, 10]. Частина приміщень набуває потенціалу позанавчального використання, що сприяє формуванню школи як локального освітнього, культурного та соціального центру. Це потребує функціонального зонування, яке забезпечує автономне використання окремих блоків будівлі поза межами навчального часу.

Висновки. Встановлено, що зміни сучасної освітньої моделі зумовлюють перехід від жорстко функціонально детермінованої планувальної структури, заснованої на відповідності «одна функція — одне приміщення», до системи взаємопов'язаних просторів, здатних забезпечувати різні сценарії використання. Реагування архітектурного середовища на зміну педагогічних вимог відбувається у двох часових масштабах: на оперативному рівні — шляхом

трансформації простору, мобільності обладнання та зміни конфігурації приміщень; у довгостроковій перспективі — шляхом адаптації функціонально-планувальної структури будівлі, що потребує відповідної просторово-конструктивної та інженерної організації.

Основними напрямками трансформації планувальної структури є гнучкість та багатofункціональність навчальних просторів, інтеграція формальних і неформальних зон навчання, розвиток інклюзивного середовища та забезпечення можливості автономного використання окремих функціональних блоків для потреб громади. Реалізація зазначених змін актуалізує необхідність удосконалення нормативної бази проектування закладів загальної середньої освіти з урахуванням варіативності освітніх сценаріїв і довгострокової адаптивності шкільних будівель.

Список літератури

1. OECD. The OECD Handbook for Innovative Learning Environments. Paris : OECD Publishing, 2017. 244 p. DOI: 10.1787/9789264277274-en.
2. Reimagining our futures together: a new social contract for education / International Commission on the Futures of Education. Paris : UNESCO, 2021. 186 p.
3. Universal Design for Learning Guidelines. Version 3.0. CAST, 2024. URL: <https://udlguidelines.cast.org> (дата звернення: 27.09.2026).
4. Ковальська Г. Л. Архітектурне проектування навчальних закладів : навч. посібник. Київ : Основа, 2010. 152 с.
5. Hertzberger H. Space and Learning: Lessons in Architecture 3. Rotterdam : 010 Publishers, 2008. 264 p.
6. Teacher Transition into Innovative Learning Environments: A Global Perspective / eds. W. Imms, T. Kvan. Singapore : Springer, 2021. 348 p. DOI: 10.1007/978-981-15-7497-9.
7. Куцевич В., Тишкевич О. Сучасні напрямки формування закладів загальної середньої освіти. Містобудування та територіальне планування. 2022. Вип. 80. С. 248–260. DOI: 10.32347/2076-815x.2022.80.248-260.
8. Frelin A., Grannäs J. Designing and Building Robust Innovative Learning Environments. Buildings. 2021. Vol. 11, iss. 8. Art. 345. DOI: 10.3390/buildings11080345.
9. ДБН В.2.2-3:2018. Будинки і споруди. Заклади освіти. Зі Змінами № 1, № 2. Київ : Мінрегіон України, 2018. 63 с.
10. Архітектурна типологія громадських будинків і споруд : підручник / Л. М. Ковальський, А. Ю. Дмитренко, В. М. Лях та ін. ; за заг. ред. Л. М. Ковальського, А. Ю. Дмитренка. Київ : НВП «Інтерсервіс», 2017. 481 с.

DEVELOPMENT OF A DIGITAL CONTROL SYSTEM FOR LIQUID LEVEL

Garibov M.Sh.

Master's Graduate, Department of Electronics and automation
Azerbaijan State Oil and Industry University

The primary objective of this research is to develop a digital control system for the automatic regulation of liquid level and to establish an appropriate mathematical model of the controlled process. To achieve this objective, the synthesis of a suitable control algorithm and optimization of its parameters are considered. Particular attention is given to improving the stability, control accuracy, and transient-response characteristics of the system. Subsequently, the developed control system is simulated, and its feasibility and potential for practical implementation are evaluated.

Liquid-level measurement is a critical function in the automation and control of industrial processes, particularly in applications where the liquid level must be maintained within specified safety and operational limits of process equipment. Level-measuring instruments are generally employed either to detect deviations of the liquid level from a predetermined nominal value or to determine the quantity of liquid contained within a vessel of known geometry. In the former case, measurement devices may be equipped with a bidirectional scale, whereas in the latter case, a unidirectional scale is typically used.

Depending on the measurement conditions, process requirements, and physical properties of the controlled medium, various level-measurement techniques can be applied. When remote transmission of the measurement signal is not required, the liquid level can be monitored using direct visual indicators, such as sight glasses. For remote level measurement and automatic process control, more advanced measuring devices are employed. These include hydrostatic level-measurement systems based on differential-pressure transmitters and bubbler systems, float- and displacer-type level sensors, capacitive and inductive sensors, radioisotope-based measurement systems, wave-based and radar level sensors, acoustic and ultrasonic measurement systems, as well as thermoconductometric level-measurement methods [1, 2].

For large-scale dynamic level-measurement applications, such as monitoring water levels in dams and reservoirs, a resistive-type transducer integrated with a signal-acquisition system based on a Programmable Gain Amplifier (PGA) has been developed. The use of a PGA-based signal-conditioning stage enables appropriate amplification of the sensor output and facilitates the acquisition and processing of low-level measurement signals.

The structural configuration of the proposed transducer is presented in Figure 1.

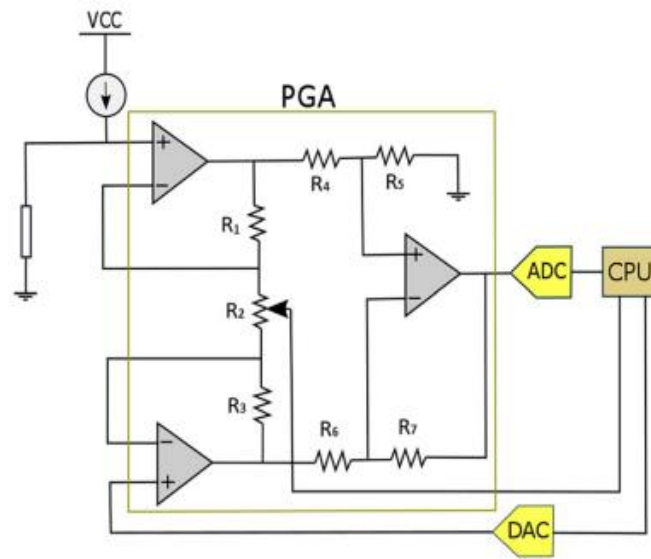


Figure 1. Measurement circuit based on a Programmable Gain Amplifier (PGA)
(<https://ieeexplore.ieee.org/document/6384387>)

One of the sensor types widely used in liquid measurement systems is the pressure transducer. These sensors are also employed for liquid-level measurement. The fundamental operating principle is based on the fact that hydrostatic pressure increases with increasing liquid depth. Such sensors are commonly fabricated using Low-Temperature Co-Fired Ceramic (LTCC) technology. Ceramic MEMS-based systems are particularly advantageous for practical applications because they demonstrate high stability under harsh environmental conditions and elevated temperatures.

Two main types of pressure sensors are commonly used for liquid-level measurement: piezoresistive strain-gauge pressure sensors and capacitive pressure sensors. The structural characteristics of these sensors and their performance under external disturbances, such as electromagnetic interference and parasitic capacitance, have been investigated [3-5]. Studies indicate that piezoelectric-based pressure sensors generally exhibit higher power consumption; however, they offer a relatively simple implementation, lower sensitivity to noise, and reduced signal-conditioning requirements. In addition, these types of sensors are less susceptible to environmental influences.

The application of LTCC-based pressure sensors for water-level measurement has been extensively investigated. These sensors have demonstrated high durability and relatively low sensitivity to variations in environmental conditions [6, 7]. Nevertheless, periodic calibration is required to maintain measurement accuracy, and the application of an additional protective coating over the sensor is considered advisable.

Another important application area of pressure sensors is flow monitoring in distributed pipeline systems. This approach is widely considered due to its ease of integration into pipeline infrastructure and cost-effectiveness. Pressure measurements can also be employed for leakage detection. Various algorithmic approaches are applied to improve sensor accuracy and enhance the reliability of leakage detection.

For example, SCADA systems can be used for real-time data acquisition and processing, after which the location of a leakage can be determined based on the obtained measurement data and corresponding analytical procedures.

When a reservoir is filled with the corresponding process medium, such as oil, water, or gas, the filling process is monitored in real time using a Supervisory Control and Data Acquisition (SCADA) system. The relevant process parameters are displayed graphically within the control interface. The initiation and control of the filling operation are performed by the operator through the FILLING command button. Upon activation, the command generates the corresponding control signal, initiates the filling operation, and enables automatic process control.

The reservoir filling sequence and its operating principle are illustrated in detail in Figure 2.



Figure 2. Reservoir emptying procedure within the SCADA system (developed by the author using Factory I/O).

CONCLUSIONS

As a result of the research, a digital control system for the automatic regulation of liquid level was developed based on a Programmable Logic Controller (PLC) and Supervisory Control and Data Acquisition (SCADA) technologies. A mathematical model of the controlled plant was developed, and its dynamic and static characteristics were analyzed. A digital PID controller was selected as the control strategy, its structural diagram was developed, and analytical and experimental methods were applied to determine the controller parameters. The developed control algorithm was implemented in a PLC programming environment.

References

1. Kulakov M.V. Technological measurements and devices for chemical production. 3rd edition, 2023. 184 p.

2. Vilnina A.V., Vilnin A.D., Efremov E.V. Modern methods and means of level measurement in the chemical industry. Textbook, 2011. 283 p.
3. Katırcıoğlu I., Sefer C. Level Control System in Liquid Tanks, 2012. 15 p.
4. Mammadov M.A. Modern automatic control systems in oil refineries. Baku: Elm, 2013. 268 p.
5. Mehdiyeva A.M., Garibov M. Development of a controlled control system for the technological process. International Scientific Journal «Innovation Science» ISSN 2410-6070. "Aeterna. No. 2-1/2026. v. 36-39.
6. Liu, Y. (2007). Hydraulic Leveler Control System (Master's thesis, Zhejiang University). Retrieved from [<https://www.dissertationtopic.net/doc/1204246>]
7. Mehdiyeva, A. & Muradova, L., 2025. Oil refining level control system with microcontroller. PAHTEI, 5003, pp. 331–341.

BIGINELLI REACTION WITH REAGENTS CONTAINING A CAGE SUBSTITUTE

Koshchii Iryna

PhD in Chemistry, Associate Professor

Department of Organic Chemistry and Technology of Organic Substances
National Technical University of Ukraine "Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute"

Klimko Yurii

PhD in Chemistry, Senior Lecturer

Department of Organic Chemistry and Technology of Organic Substances
National Technical University of Ukraine "Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute"

Annotation: In the interaction of benzaldehyde, urea and acetoacetic ester in a molar ratio of 1:2:1 in the presence of a catalytic amount of hydrochloric acid, as shown by Biginelli, 6-methyl-4-phenyl-5-ethoxycarbonyl-1,2,3,4-tetrahydropyrimidine- 2-one [1]. Later it turned out that not only aromatic, but also aliphatic aldehydes enter into this condensation [1–4]. At the same time, in addition to urea and thiourea, it was possible to use their N-substituted derivatives [5]. Thus, the Biginelli reaction turned out to be one of the important methods for the synthesis of various tetrahydropyrimidine derivatives. An important role in the formation of the latter is played by intermediate amidoalkylating agents of the or type, which can be obtained as a result of the condensation of urea with aldehydes or acetoacetic ester [6]. Instead of aldehydes and acetoacetic ester, it was possible to use the products of their condensation obtained previously [3].

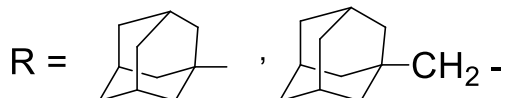
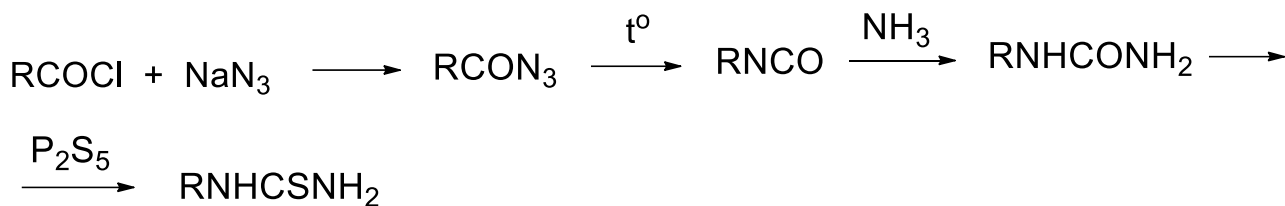
In recent years, interest in the Biginelli reaction has increased significantly, due to the search for drugs that affect the cardiovascular system among tetrahydropyrimidine derivatives. In a number of these compounds, pharmaceutical agents have indeed been found, having a pronounced hypotensive effect and a negative inotropic effect [7, 8].

On the other hand, the presence of an adamantyl substituent in compounds containing pharmacophore groups is known to enhance or impart new properties to potential physiologically active substrates.

Keywords: Biginelli reaction, 6-Methyl-4-phenyl-5-ethoxycarbonyl-1,2,3,4-tetrahydropyrimidin-2-one, adamantyl-containing ureas, thioureas, aldehydes.

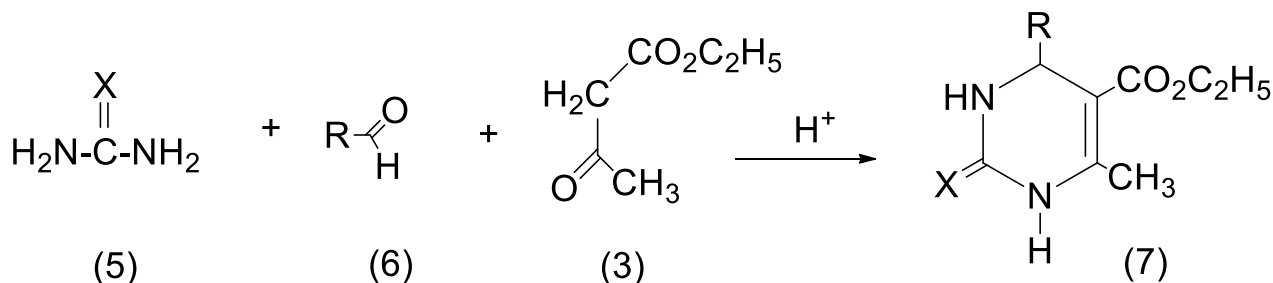
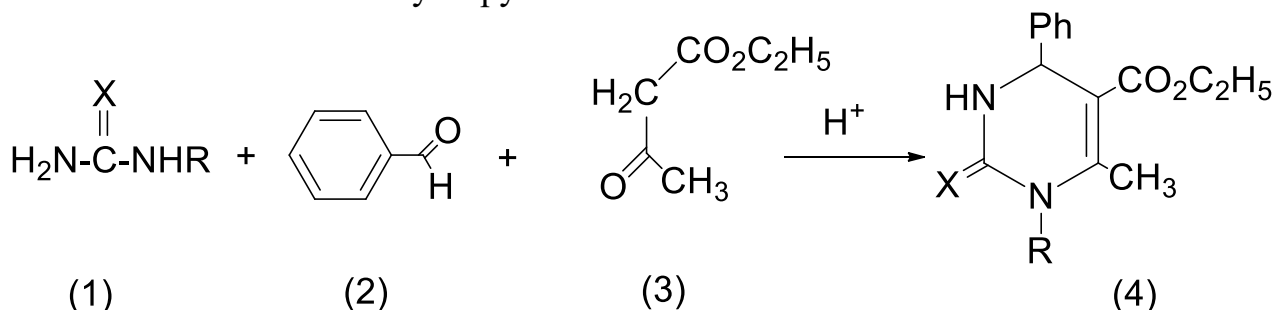
The aim of this work is to obtain tetrahydropyrimidines containing adamantyl radical in different positions of the ring.

The starting adamantyl-containing ureas, thioureas, and aldehydes were obtained by standard procedures.



A few drops of concentrated hydrochloric acid were added to a mixture of reagents in acetic acid ($\text{X} = \text{O}$) or ethanol ($\text{X} = \text{S}$) in the ratio indicated above and boiled for 8 ($\text{X} = \text{O}$) or 12 hours ($\text{X} = \text{S}$). The solvent was removed in vacuo. The residue was crystallized from methanol. The reaction products were identified by IR, NMR and mass spectrometry.

Yields of tetrahydropyrimidines are shown in Table 1.



$\text{X} = \text{O}, \text{S}$

Table 1.

Yields of synthesized tetrahydropyrimidines (4), (7).

Compound	Yield, %			
	X = O		X = S	
	Ad-	AdCH ₂ -	Ad-	AdCH ₂ -
4	51	73	46	68
7	47	72	52	76

As can be seen from the table, the yields of compounds containing adamantyl radical are lower than those of compounds with adamantylmethyl radical. This can be explained by spatial difficulties arising in the first case.

References

1. Biginelli P. // Chem.Ber. – 1891. – 24. – S.1317 – 1319.
2. Ehsan A., Karimullah // Pakistan J. Sci and Ind. Res. – 1967. – 10. – P.83 – 85.
3. George T., Tahilramani R., Mehta D. V. // Synthesis. – 1975. - #6. – P. 405 – 407.
4. Buzueva A.M. // Chemistry of heterocyclic compounds. – 1969. - No. 2 P. 345 – 347.
5. Kappe C.O., Roschger P. // J. Heterocycl. Chem. – 1989. – 26, #1. – P. 55 – 64.
6. Comprehensive Heterocyclic Chemistry / Ed. A. R. Katritzky. – New York Pergamon press, 1984. – Vol. 3. – 1210 p.
7. Kastron V. V., Vitolina R. O., Khanina E. L. // Chemical-pharmaceutical journal. -1987. - No. 8. - P. 948 - 952.
8. Vitolina R.O., Kimenis A.A. // in the same place. – 1989. - No. 3. – P. 285 – 287.

УМОВИ УЗГОДЖЕНОСТІ РІВНОВАГИ NASH ТА ПАРЕТО-ЕФЕКТИВНОСТІ В СИНЕРГІЇ ПАРЕТО– НЕСHA–MPC ДО КЕРУВАННЯ РОЗУМНИМ БУДИНКОМ

Крест'янінов І. О.,

аспірант кафедри комп'ютерних наук
Державний університет інформаційно-комунікаційних технологій,
03110 Київ, Україна

Катков Ю. І.,

д.т.н., доцент, професор кафедри комп'ютерних наук
Державний університет інформаційно-комунікаційних технологій,
03110 Київ, Україна

1. Вступ

1.1 Актуальність проблеми. Розумний будинок є мультиагентною системою: підсистеми клімату, освітлення, енергозабезпечення та безпеки одночасно впливають на спільний стан і претендують на обмежений ресурс потужності мережевого приєднання, а їхні цілі частково суперечать одна одній в умовах стохастичних збурень середовища. Прогнозне керування з ковзним горизонтом (Model Predictive Control, MPC) ефективно розв'язує задачу зі згорнутою цільовою функцією, але саме собою не враховує стратегічну автономність агентів. Теоретико-ігровий рівень (рівновага Неша) забезпечує стійкість профілю керувань до одноосібних відхилень, а багатокритеріальний рівень (множина Парето) — ефективність за сукупністю критеріїв, проте в загальному випадку ці дві властивості не збігаються. Звідси синергія у гібридному підході Парето–Неша–MPC поєднує обидва рівні в єдиному контурі прогнозного керування, тому питання про умови, за яких рівновага Неша є водночас Парето-ефективною, визначає коректність і практичну придатність усієї архітектури.

Мета дослідження. Визначити умови узгодженості множини узагальнених рівноваг Неша $GNE(\Omega)$ та множини Парето-оптимальних розв'язків $Pareto(\Omega)$ у трирівневому контурі гібридного підходу Парето–Неша–MPC і встановити межі застосовності відповідних теорем існування, єдиності та стійкості.

Наукова проблема. Теореми існування рівноваги Неша, існування Парето-множини та стійкості MPC розвинено окремо для кожного рівня контуру; формулювання, яке доводить сумісність рівноваги Неша й Парето-ефективності всередині єдиного контуру MPC зі зваженими в часі критеріями, у літературі відсутнє.

1.2 Аналіз останніх досліджень і наукова прогалина. Існування рівноваги Неша за компактних опуклих множин стратегій і квазіувігнутості виграшів

доведено в [1–3]; для ігор зі спільними (зв'язаними) обмеженнями Розен встановив існування рівноваги та єдиність нормалізованої рівноваги за умови діагональної строгої опуклості [3]. Потенціальні ігри [4] зводять пошук рівноваги до мінімізації однієї скалярної функції. Існування Парето-ефективних точок і власну ефективність за Джеффрином досліджено в [5, 6]; для вибору єдиного компромісу застосовують теорію торгу - розв'язок Неша [1] та розв'язок Калаї–Смородинського [7]. Достатні умови рекурсивної допустимості й асимптотичної стійкості МРС із термінальною множиною систематизовано в [8, 9], стохастичний МРС з імовірнісними обмеженнями оглянуто в [10]. У переважній більшості цих праць [11,12] Парето-ефективність рівноваги або не розглядається, або забезпечується спеціальною структурою функцій виграшу.

Прогалина попередніх досліджень. У межах опрацьованих джерел не виявлено формулювання, що одночасно охоплює доведену сумісність рівноваги Неша й Парето-ефективності в контурі МРС для мультиагентних систем із часовою адаптацією ваг критеріїв.

1.3 Постановка задачі. Розглядається система з N автономних агентів (клімат, освітлення, енергія, безпека), що взаємодіють через спільний стан $X(t) \in \mathbb{R}^n$ і підпорядковані спільному обмеженню на ресурс. Припущення приймаються апріорі, є достатніми умовами застосовності теорем:

A1. Множини допустимих керувань $W_i \subset \mathbb{R}^{m_i}$, $i = 1, \dots, N$, непорожні, опуклі й компактні.

A2. Функція динаміки $f(\cdot, \cdot, \cdot)$ неперервна за сукупністю аргументів і ліпшицева за (X, U) рівномірно за реалізаціями збурення ξ .

A3. Функція вартості $J_i(u_i, u_{-i})$ неперервна за вектором керувань U й опукла за власним аргументом u_i при фіксованих стратегіях інших агентів u_{-i} .

A4. Спільні обмеження ресурсу задають допустиму множину $\Omega \subseteq W_1 \times \dots \times W_N$, непорожню, замкнену й опуклу.

A5. Множина досяжних значень векторного критерію $F(\Omega) = \{(J_1(U), \dots, J_m(U)) : U \in \Omega\}$ компактна.

A6. Існують термінальна множина X_f і термінальна функція $J_T(\cdot)$, для яких виконується керована інваріантність: для будь-якого $X \in X_f$ знайдеться $U \in \Omega$ таке, що $f(X, U, \xi) \in X_f$ майже напевно.

Теореми 1–6 нижче наведено не як новий результат, а як відомі твердження з літератури. Вони потрібні для двох цілей: по-перше, щоб показати, що кожен із трьох рівнів контуру (гра агентів, узгодження, МРС) коректне визначений за умов A1–A6; по-друге, щоб чітко відокремити відоме від власного результату роботи (Лема 1, Наслідок 1).

2. Виклад основного матеріалу

2.1. Формалізація динаміки системи та індивідуальних цілей агентів

2.1.1 Динаміка системи. Еволюція стану описується стохастичним рівнянням

$$X_{t+1} = f(X_t, U_t, \xi_t) \quad (1)$$

де $f(\cdot)$ — функція динаміки; $X_t \in \mathbb{R}^n$ — вектор стану системи в момент часу t (температура, освітленість, заряд батареї та інші показники); $U_t = (u_1(t), \dots, u_N(t))^T \in W$ - вектор керуючих дій усіх N агентів; $W = W_1 \times W_2 \times \dots \times W_N$ — загальний простір допустимих керувань; $u_i(t) \in W_i$ - керуюча дія i -го агента з множини допустимих керувань W_i ; $\xi_t \sim P(\cdot)$ — стохастичне збурення зовнішнього середовища (випадкове збурення). Керування U_t залежить від $X_{0:t}$ і $\xi_{0:t-1}$, але не від майбутніх реалізацій $\xi_{t:T}$ (умова непередбачуваності). Індивідуальна мета i -го агента — очікувані сукупні витрати на горизонті T :

2.1.2 Індивідуальні цілі агентів. Сукупні очікувані витрати i -го агента за часовий горизонт T визначаються як:

$$J_i = \mathbb{E}_{\xi_{0:T} \sim P(\cdot)} \left[\sum_{t=0}^T \gamma^t L_i(X_t, U_t) \right] \quad (2)$$

де $\mathbb{E}_{\xi_{0:T} \sim P(\cdot)}$ - математичне сподівання траєкторією випадкових збурень $\xi_{0:T} = (\xi_0, \dots, \xi_T)$; T - горизонт планування; $\gamma \in [0, 1]$ — коефіцієнт дисконтування; $L_i(X_t, U_t)$ — однокрокова функція втрат i -го агента (енергія, дискомфорт, знос обладнання) в момент t .

2.2. Ігрова та багатокритеріальна постановка задачі

2.2.1 Узагальнена рівновага Неша (Nash Equilibrium). Перспективний профіль $U_t^* = (u_1^*(t), \dots, u_N^*(t))^T$ утворює рівновагу Неша, якщо для кожного i -го агента мінімізується власна вартість за умови допустимості спільного вектора керувань:

$$u_i^*(t) = \arg \min_{u_i \in W_i: (u_i, u_{-i}^*) \in \Omega} J_i(u_i(t), U_{-i}^*(t)) \quad (3)$$

де U_{-i}^* — стратегії всіх інших агентів. Множину профілів $U^* \in \Omega$, для яких кожна компонента u_i^* розв'язує (3), позначимо $GNE(\Omega)$ (узагальнені рівноваги Неша). Умова $(u_i(t), U_{-i}^*(t)) \in \Omega$ означає, що допустима множина одного агента залежить від дій інших (наприклад, ліміт потужності приєднання), чим GNE відрізняється від класичної рівноваги [2].

Теорема 1 (існування). За умов A1–A4 та додаткових умов неперервності correspondence допустимих множин, квазіопуклості функцій вартості за власним керуванням і умови кваліфікації спільних обмежень множина GNE є непорожньою.

Обґрунтування. Для зв'язаних обмежень результат впливає з теореми Розена [6], доведеної через нерухому точку відображення «найкращої відповіді» (теорема Какутані); для незв'язаного випадку $\Omega = W_1 \times \dots \times W_N$ достатньо результатів Дебре–Гліксберга–Фена [3–5] за квазіопуклості J_i за u_i . Застосування [3] потребує неперервності відображення $u_{-i} \mapsto \{u_i: (u_i, u_{-i}) \in \Omega\}$; воно виконується, зокрема, якщо Ω задано опуклими нерівностями за умови Слейтера [6].

Теорема 2 (єдиність нормалізованої рівноваги). Нехай J_i неперервно диференційовні й для деяких $c_i > 0$ виконується умова діагональної строгої опуклості: $\sum_{i=1}^N c_i \langle \nabla_{u_i} J_i(U') - \nabla_{u_i} J_i(U), u_i' - u_i \rangle > 0$ для всіх $U \neq U'$ з Ω . Тоді для цього набору c існує єдина нормалізована рівновага, у якій множники Лагранжа спільних обмежень різних агентів пропорційні $1/c_i$.

Строга опуклість зваженої суми $\sum_i c_i J_i(U)$ за U не тотожна цій умові, бо остання стосується монотонності псевдоградієнта $(c_i \nabla_{u_i} J_i)_i$. Єдиність стосується нормалізованої рівноваги для заданого c , а не всієї множини $GNE(\Omega)$; різні c можуть давати різні рівноваги. Ваги c_i (зважування агентів у сенсі Розена) слід відрізняти від ваг критеріїв $w_k(t)$ у формулі (5).

2.2.2 Багатокритеріальна під задача: множина Парето. Нехай $F(U) = (J_1(U), \dots, J_m(U))$ — вектор критеріїв. Множина Парето-оптимальних керувань

$$Pareto(\Omega) = \{U \in \Omega: \nexists U' \in \Omega, F(U') \leq F(U), F(U') \neq F(U)\} \quad (4)$$

де $\leq$ — покомпонентна нерівність (Парето-домінування).

Зважена скаляризація агрегованої функції якості $J_{global}(U)$ має вигляд:

$$J_{global}(U) = \sum_{k=1}^m w_k(t) J_k(U), \quad \sum_{k=1}^m w_k(t) = 1, \quad w_k(t) > 0 \quad (5)$$

де $w_k(t)$ — їхні ваги в момент t , m - кількість критеріїв; $J_k(U)$ - нормовані критерії (енергія, комфорт, безпека), $J_k(U) = F_k(X(t), U(t))$ з $f_k = L_k$. Треба враховувати, що $F_k(X(t), U(t)) = \frac{f_k(X(t), U(t)) - f_k^{min}}{f_k^{max} - f_k^{min}} \in [0, 1]$ - нормована оцінка k -го системного критерію; вимога $w_k > 0$ (а не ≥ 0) забезпечує Парето-ефективність замість слабкої.

Звідси можна передбачати, що Векторна оптимізаційна задача для формування Парето-фронту:

Теорема 3 (існування). За умов A1, A3, A4, A5 множина $Pareto(\Omega)$ непорожня.

Обґрунтування. Мінімізатор неперервної функції (5) на компактній множині Ω існує за теоремою Вейерштрасса й за $w_k > 0$ є Парето-ефективним. У довільному частково впорядкованому просторі існування може порушуватися; достатньою є компактність множини та замкнений опуклий гострий конус порядку. Точка з формули (5), є ефективною; у випадку опуклих Ω і F кожна власне ефективна точка отримується за деякого $w > 0$. У неопуклому випадку ці ваги не покривають усього Парето-фронту, тому потрібні ε -обмежувальний або чебишовський методи.

2.2.3. Оператор узгодження Nash–Pareto. Множини $GNE(\Omega)$ і $Pareto(\Omega)$ у загальному випадку не збігаються й можуть не перетинатися: рівновага гарантує стійкість у перспективі, а не ефективність (як у грі «дилема в'язня»). Оператор селекції S визначається торгом Неша:

$$U^S = \arg \max_{U \in GNE(\Omega)} \prod_{i=1}^N (J_i^d - J_i(U)) \quad (6)$$

де $J_i^d = J_i(U^{NE})$ — точка розбіжності (вартість агента в некоординованій рівновазі), максимізація ведеться за U , для яких $J_i(U) \leq J_i^d$.

Теорема 4 (торг Неша). Нехай множина вигравів $v(\Omega) = \{ (J_i^d - J_i(U))_{i=1}^N : U \in \Omega \}$ опукла, компактна й містить точку $v > 0$. Якщо множина досяжних вигравів є непорожньою, компактною та опуклою, а точка розбіжності є досяжною, добуток додатних приростів вигравів має єдиний розв'язок за стандартних умов задачі торгу; цей розв'язок є Парето-ефективним відносно множини досяжних вигравів. Тоді існує єдиний максимізатор добутку $\prod_i v_i$ на $\{v \in v(\Omega) : v \geq 0\}$, і він лежить на Парето-межі $v(\Omega)$.

Зауваження 1 (область оптимізації в формулі (6)). Теорема 4 гарантує Парето-ефективність щодо $F(\Omega)$ лише при максимізації по всій множині $\{U \in \Omega : J_i(U) \leq J_i^d\}$. При обмеженні до $GNE(\Omega)$, яка в загальному випадку неопукла, гарантується існування максимізатора (за компактності $GNE(\Omega)$) і його належність до $GNE(\Omega)$, але не Парето-ефективність щодо Ω і не єдиність. Отже, формула (6) не гарантує потрапляння в $GNE(\Omega) \cap Pareto(\Omega)$; ця гарантія потребує додаткової структури.

2.3. Стохастична MPC-задача та композиція гібридного оператора керування

2.3.1 Стохастична MPC-задача на горизонті H . На кожному кроці t розв'язується задача скінченного горизонту H :

$$U_{t:t+H}^* = \arg \min_{U_t, \dots, U_{t+H} \in \Omega} \mathbb{E}_\xi \left[\sum_{k=0}^H J_{global}(X_{t+k+1}, U_{t+k}^S) + J_T(X_{t+H+1}) \right] \quad (7)$$

за умов

$$X_{t+k+1} = f(X_{t+k}, U_{t+k}, \xi_{t+k}), \quad U_{t+k} \in \Omega, \quad X_{t+k} \in \mathbb{X}_{\text{доп}}, \quad \forall i \in \{1, \dots, N\}, \quad k = 0, \dots, H-1 \quad (8)$$

де U_{t+k}^S — керування, узгоджене оператором S на кроці $t+k$; $J_T(\cdot)$ — термінальна вартість; $\mathbb{X}_{\text{доп}}$ — допустима множина станів. Застосовується лише $U^*(t)$, після чого горизонт зсувається на крок (receding horizon).

Теорема 5 (існування й єдиність). Нехай виконано A1, A4, допустима множина послідовностей $U_{t:t+H}$ (з урахуванням динаміки формула (8)) опукла й компактна, а J_{global} сильно опукла за $U_{t:t+H}$. Тоді задача формули (7)–(8) має

єдиний розв'язок для кожного H . Існування випливає з теореми Вейєрштраса, єдиність — зі строгої опуклості. Опуклість допустимої множини забезпечується, зокрема, афінністю f за (X, U) і опуклістю $X_{\text{доп}}$.

Теорема 6 (рекурсивна допустимість і стійкість). За А6, якщо J_T є функцією Ляпунова для локальної термінальної політики κ_f на X_f , тобто $J_T(f(X, \kappa_f(X), 0)) - J_T(X) \leq -\ell(X, \kappa_f(X))$ для $X \in X_f$, (ℓ — однокрокова вартість), то замкнений контур формули (1)–(8) рекурсивно допустимий і асимптотично стійкий.

2.3.2. Композиція гібридного оператора керування. Загальний оператор гібридного підходу Pareto–Nash–MPC визначається композицією трьох підзадач:

$$U^*(t) = \text{MPC}\left(X_t; S(GNE(\Omega), \text{Pareto}(\Omega))\right) \quad (9)$$

де S реалізується торгом (6) або, за умов п. 2.4, прямою мінімізацією потенціалу, під час умови або детермінований оператор (MPC/Нейромережевий апроксиматор) $U^*(t) = \pi(X_t; \theta)$; або стохастичний оператор (RL-компонент для дослідження середовища): $U^*(t) \sim \pi(U_t | X_t; \theta)$

Твердження 1 (умовна коректність). Якщо виконано А1–А6, початковий стан припустимий, $GNE(\Omega) \cap \text{Pareto}(\Omega) \neq \emptyset$ на кожному кроці, а збурення обмежені й умови теореми 6 посилено до стохастичного випадку, то послідовність $U^*(t)$ існує й єдина на кожному кроці, а траєкторія задовольняє задані обмеження з імовірністю не меншою за $(1-\varepsilon)$, якщо виконано окремо доведені умови chance-constrained або robust, тобто MPC залишається в $X_{\text{доп}}$. Без цих додаткових умов твердження не є доведеним.

2.4. Узгодженість через потенціальну функцію

Гра $\{J_i\}$ на Ω є точною потенціальною грою з потенціалом Ψ , якщо для будь-якого i та будь-яких $U = (u_i, u_{-i}) \in \Omega$, $(u_i', u_{-i}) \in \Omega$

$$J_i(u_i', u_{-i}) - J_i(u_i, u_{-i}) = \Psi(u_i', u_{-i}) - \Psi(u_i, u_{-i}) \quad (10)$$

Надалі $m = N$: критерії формула (5) є вартостями агентів.

Лема 1 (узгодженість через потенціал). Нехай виконано А1, А3, А4, $w_k > 0$, нехай гра є зваженою потенціальною грою: для кожного i та допустимих односторонніх відхилень виконується $\Psi(u_i, u_{-i}) - \Psi(\vartheta_i, u_{-i}) = \lambda_i[J_i(u_i, u_{-i}) - J_i(\vartheta_i, u_{-i})]$, $\lambda_i > 0$, гра є точною потенціальною грою з потенціалом $\Psi = J_{\text{global}}$ (з тими самими вагами $w_k(t)$, що в формулі (5)), і Ψ строго опукла на Ω . Тоді $U^\Psi = \text{argmin}_{U \in \Omega} \Psi(U)$ існує, єдиний й одночасно належить $GNE(\Omega)$ і $\text{Pareto}(\Omega)$; зокрема, $GNE(\Omega) \cap \text{Pareto}(\Omega) \neq \emptyset$.

Доведення.

1) *Існування й єдиність.* Множина Ω замкнена (А4) у компактному добутку $W_1 \times \dots \times W_N$ (А1), тому компактна; $\Psi = \sum_k w_k J_k$ неперервна (А3). За теоремою

Вейерштрасса мінімум досягається. Якщо $U^1 \neq U^2$ — два мінімізатори, то з опуклості Ω точка $(U^1 + U^2)/2 \in \Omega$, і за строгою опуклістю $\Psi((U^1 + U^2)/2) < \Psi(U^1)$, що суперечить мінімальності. Отже, U^Ψ єдиний.

2) $U^\Psi \in GNE(\Omega)$. Нехай i довільне й u_i' таке, що $(u_i', u_{-i}^\Psi) \in \Omega$. Тоді з (10) і мінімальності U^Ψ :

$$J_i(u_i', u_{-i}^\Psi) - J_i(u_i^\Psi, u_{-i}^\Psi) = \Psi(u_i', u_{-i}^\Psi) - \Psi(U^\Psi) \geq 0 \quad (11)$$

Отже, жоден агент не може зменшити свою вартість одноосібною допустимою зміною, тобто $U^\Psi \in GNE(\Omega)$.

3) $U^\Psi \in Pareto(\Omega)$. Припустимо, що існує $U' \in \Omega$ таке, що $J_k(U') \leq J_k(U^\Psi)$ для всіх k і хоча б одна нерівність строга. Оскільки $w_k > 0$, $\Psi(U') = \sum_k w_k J_k(U') < \sum_k w_k J_k(U^\Psi) = \Psi(U^\Psi)$, що суперечить мінімальності. Отже, $U^\Psi \in Pareto(\Omega)$.

Зауваження до доведення: п. 3 не потребує опуклості Ω і F (вона потрібна для оберненого твердження); якщо частина ваг нульова, мінімізатор лише слабо ефективний. Лема дає обчислювану альтернативу торгу формула (6).

Наслідок 1 (характеризація). Нехай $\Omega = W_1 \times \dots \times W_N$ і $m = N$, $w_k > 0$. Гра є точною потенціальною грою з потенціалом $\Psi = \sum_k w_k J_k$ тоді й лише тоді, коли

$$J_i(U) = \Psi(U) + h_i(u_{-i}), \quad i = 1, \dots, N, \quad (12)$$

$$\sum_{i=1}^N w_i h_i(u_{-i}) \equiv 0 \quad (13)$$

Доведення. ($\Rightarrow$) З формули (10) різниця $J_i - \Psi$ не змінюється при зміні u_i (множина W_i опукла, отже зв'язна), тобто $h_i := J_i - \Psi$ залежить лише від u_{-i} , що є формула (12). Підстановка в $\Psi = \sum_k w_k J_k$ дає $\Psi = \Psi + \sum_k w_k h_k$, тобто формула (13). ($\Leftarrow$) З (12) при зміні лише u_i виходить формула (10), а формула (13) дає $\sum_k w_k J_k = \Psi$. (□). Для $N = 2$ рівність формула (13) означає $w_1 h_1(u_2) = -w_2 h_2(u_1)$ для всіх (u_1, u_2) , тож h_1, h_2 — сталі, і гра є грою тотожних інтересів із точністю до сталих. Для $N \geq 3$ існують і нетривіальні розв'язки формула (13) (наприклад, парно-сепарабельні h_i з відповідно узгодженими коефіцієнтами). Таким чином, умова Лема 1 є жорсткою структурною вимогою, а теореми 1–6 забезпечують коректність окремих рівнів, а Лема 1 вперше встановлює умови їх сумісності в одному контурі.

3. Результати

3.1. Архітектура гібридного контуру.

Середовище формує стан $X(t)$ і збурення $\xi(t)$. Гібридне ядро складається з трьох послідовних рівнів: гра Неша формула (3) визначає множину $GNE(\Omega)$; оператор узгодження S обирає $U^S(t)$ або торгом формула (6), або, за умов п. 2.4, мінімізацією потенціалу; МРС-задача формули (7)–(8) видає послідовність, з якої виконується лише $U^*(t)$. Структуру контуру показано на рис. 1

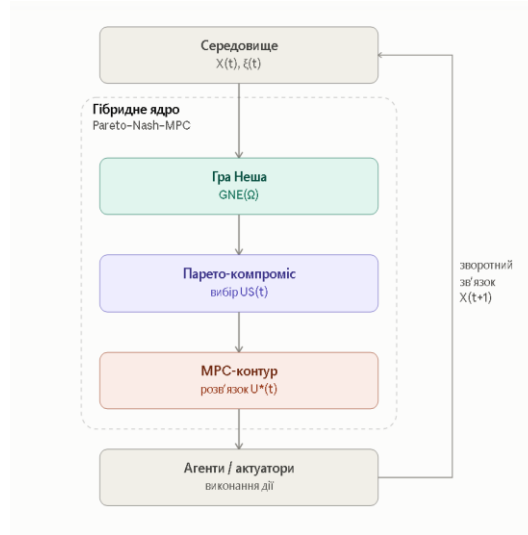


Рисунок 1 - Трирівневий контур Парето–Неш–МРС із зворотним зв’язком (блок пріоритетів $w(t)$ на схемі не показано)

На **рис. 1** надано, що вектор $U^*(t)$ подається агентам-виконавцям (HVAC, LED-панелі, інвертор батареї, замки й датчики), новий стан $X(t+1)$ повертається на вхід контуру. Ваги $w_k(t)$ задає окремий блок пріоритетів; для збереження чинності Лемми 1 і теореми 6 їх доцільно вважати сталими на інтервалах сталості. У потенціальному випадку рівні 1–2 і 3 зливаються: якщо гра визначена на послідовностях керувань $U_{t:t+H}$ із горизонтними витратами формула (2), то формула (7) є мінімізацією Ψ , і розв’язок на кожному такті належить $GNE \cap Pareto$ щодо горизонтних витрат. Це умовний висновок, що спирається на Лему 1 і перевірку її умов.

3.2. Застосовність теорем до моделі розумного будинку

Розглянемо типову афінну модель (це математична або статистична модель, у якій залежність між змінними описується за допомогою афінного перетворення). 1) Клімат: $T_{in}(t+1) = aT_{in}(t) + bP_h(t) + cT_{out}(t) + q(t)$, де P_h — потужність HVAC, T_{out} і внутрішні тепловиділення q входять до ξ . 2) Освітлення: $E(t) = E_{day}(t) + \kappa d(t)$, $d \in [0,1]$ — рівень димування, $E_{day} \in \xi$. 3) Енергія: $SoC(t+1) = SoC(t) + \eta_c P_c(t) - P_d(t)/\eta_d$ з межами $SoC \in [\underline{s}, \bar{s}]$, $P_c, P_d \geq 0$. Спільне обмеження $P_h + P_l + P_c - P_d \leq P_{\max}$ лінійне, тому Ω замкнена й опукла (A4). Витрати — квадратичний дискомфорт плюс лінійна або квадратична вартість енергії.

3.3. Застосовність Лемми 1 та торгу Неша до моделі розумного будинку

3.3.1 Перевірка потенціальності. Для двічі неперервно диференційовних J_i на опуклій області існування точного потенціала рівносильне симетрії перехресних похідних [теорема 4, 5]:

$$\nabla_{u_i u_j}^2 J_i(U) = \nabla_{u_i u_j}^2 J_j(U) \quad \forall i \neq j, U \in \Omega \quad (14)$$

де $\nabla_{u_i}^2 J_i$ — блок другої похідної. Оскільки J_i обчислюються через динаміку формула (1), співвідношення формула (14) перевіряється аналітично для афінної моделі або чисельно (автоматичне диференціювання, скінченні різниці) для нелінійної. Умова формула (14) необхідна, але недостатня для Лема 1: додатково потрібні $\Psi = J_{global}$, тобто формули (12)–(13), і строга опуклість Ψ .

3.3.2 Лема 1 застосовна, якщо: 1) агенти керуються узгодженим функціоналом «комфорт–витрати» одного власника, так що $J_i = J_{global} + h_i(u_{-i})$ з формула (13), зокрема $h_i \equiv 0$; 2) вага $w(t)$ стала на інтервалі, і на ньому виконано формула (14) та строгу опуклість Ψ ; 3) потрібна мінімальна обчислювальна вартість: одна опукла мінімізація на такті MPC.

3.3.3 Потрібен торг Неша формула (6), якщо: 1) порушено формула (14) або формула (13) (агенти мають різні, не зведені до спільного потенціала цілі); 2) є змістовна точка розбіжності J^d — наприклад, режим автономних терморегуляторів без координації; 3) важливі властивості справедливості розв'язку Неша (інваріантність до масштабу критеріїв). Ціна — двоетапна процедура, дорожча для реального часу, і обмеження зауваження 1 щодо Парето-ефективності.

3.4 Порядок вибору оператора S на кроці t в моделі розумного будинку.

1) зафіксувати $w(t)$; 2) перевірити формули (14); 3) якщо формула (14) виконано — перевірити формули (12)–(13) і строгу опуклість Ψ ; 4) якщо всі умови виконано — $U^S = U^\Psi$ (Лема 1); 5) інакше — торг формула (6) на $\{U \in \Omega : J_i(U) \leq J_i^d\}$ або на $GNE(\Omega)$ з урахуванням зауваження 1; 6) якщо $GNE(\Omega) \cap Pareto(\Omega) = \emptyset$, це слід фіксувати як втрату гарантії, а не приховувати.

4. Обговорення результатів. Порівняно з роботами з узагальненої рівноваги Неша [1–3], запропонована постановка додає явну умову (Лема 1), за якої стратегічно стійкий профіль керувань є водночас Парето-ефективним без додаткової процедури торгу. Порівняно з централізованим MPC зі скалярною згортою критеріїв, ігровий рівень пояснює стратегічну стійкість розв'язку, але вимагає перевірки структури функцій витрат агентів. Обмеження підходу: умова точного потенціалу не є властивістю довільної системи; стійкість за теоремою 6 доведена для сталих у часі ваг критеріїв, тому змінні в часі ваги потребують окремого обґрунтування (наприклад, фіксації на інтервалах сталості); ризик-нейтральне формулювання MPC не гарантує виконання обмежень для кожної реалізації збурення й потребує переходу до імовірнісних (chance-constrained) обмежень.

5. Висновки

Наведено умови (A1–A6), за яких кожен із трьох рівнів контуру Парето–Неш–MPC — гра агентів, багатокритеріальний компроміс і прогнозне керування — є математично коректним, і показано, що жодна з відомих теорем окремо не гарантує сумісності рівноваги Неша та Парето-ефективності. Доведена Лема 1 і Наслідок 1 дають перевірювану структурну умову — симетрію перехресних

похідних, точний потенціал, що збігається зі зваженою сумою критеріїв, та його строгу опуклість — за якої ця сумісність досягається без додаткової процедури торгу, а сформульований порядок вибору оператора узгодження формалізує перехід між Лемою 1 і торгом Неша залежно від виконання цієї умови. Для підсистем клімату, освітлення й енергії розумного будинку умови застосовні за афінної динаміки; агент безпеки з дискретними діями має виводитися з ігрового рівня. Відкритими напрямками лишаються стійкість за змінних у часі ваг критеріїв, імовірнісне розширення MPC та емпірична перевірка умови точного потенціалу для нелінійної моделі.

Список літератури

1. Nash, J. F. (1950). The bargaining problem. *Econometrica*, 18(2), 155–162. <https://doi.org/10.2307/1907266>
2. Nash, J. (1951). Non-cooperative games. *Annals of Mathematics*, 54(2), 286–295. <https://doi.org/10.2307/1969529>
3. Rosen, J. B. (1965). Existence and uniqueness of equilibrium points for concave N-person games. *Econometrica*, 33(3), 520–534. <https://doi.org/10.2307/1911749>
4. Monderer, D., & Shapley, L. S. (1996). Potential games. *Games and Economic Behavior*, 14(1), 124–143. <https://doi.org/10.1006/game.1996.0044>
5. Borwein, J. M. (1983). On the existence of Pareto efficient points. *Mathematics of Operations Research*, 8(1), <https://pubsonline.informs.org/doi/10.1287/moor.8.1.64>
6. Geoffrion, A. M. (1968). Proper efficiency and the theory of vector maximization. *Journal of Mathematical Analysis and Applications*, 22(3), 618–630. [https://doi.org/10.1016/0022-247X\(68\)90201-1](https://doi.org/10.1016/0022-247X(68)90201-1)
7. Kalai, E., & Smorodinsky, M. (1975). Other solutions to Nash's bargaining problem. *Econometrica*, 43(3), 513–518. <https://doi.org/10.2307/1914280>
8. Mayne, D. Q., Rawlings, J. B., Rao, C. V., & Sokaert, P. O. M. (2000). Constrained model predictive control: Stability and optimality. *Automatica*, 36(6), 789–814. [https://doi.org/10.1016/S0005-1098\(99\)00214-9](https://doi.org/10.1016/S0005-1098(99)00214-9)
9. Rawlings, J. B., Mayne, D. Q., & Diehl, M. M. (2017). *Model predictive control: Theory, computation, and design* (2nd ed.). Nob Hill Publishing. 770 p.
10. Mesbah, A. (2016). Stochastic model predictive control: An overview and perspectives for future research. *IEEE Control Systems Magazine*, 36(6), 30–44. <https://doi.org/10.1109/MCS.2016.2602087>
11. Boyd, S., & Vandenberghe, L. (2004). *Convex optimization*. Cambridge University Press. 2004. 716 p. <https://doi.org/10.1017/CBO9780511804441>
12. Dragoña, J., Arroyo, J., Cupeiro Figueroa (2020). All you need to know about model predictive control for buildings. *Annual Reviews in Control*, 50, 190–232. <https://doi.org/10.1016/j.arcontrol.2020.09.001>

WASTEWATER TREATMENT AT A BETA-CAROTINE PRODUCTION COMPANY

Lukashenko Serhiy

Candidate of Engineering Sciences, Associate Professor
O.M. Beketov National University of Urban Economy in Kharkiv, Ukraine

Lelyuk Oleksandr

Student
O.M. Beketov National University of Urban Economy in Kharkiv, Ukraine

In recent years, natural antioxidants have been increasingly used in the food industry worldwide, among which beta-carotene holds a prominent position. This product has become widespread due to its physiological and technological functions. It is widely used as a natural dye (food additive E-160a), introduced into products for therapeutic and prophylactic purposes due to its antioxidant activity, and also as provitamin A. It is used as a functional ingredient. The use of beta-carotene in food products allows you to improve their appearance, organoleptic properties, increase nutritional value, maintain quality during long-term storage, expand the range of products with beta-carotene, including special-purpose products [1–6].

A technology for the industrial production of crystalline beta-carotene substance has been developed, which includes the following stages: pressing of the mycelial mass, extraction of beta-carotene from the mycelial mass with vegetable oil, separation of the solid phase, refining of the oil extract of beta-carotene, crystallization, separation, purification, washing and drying of the crystals [7-10].

As a result of production, wastewater is generated, which is represented by several main flows:

- 1) highly concentrated production wastewater (culture broth filtrate) formed at the filtration stage of the biosynthesized product;
- 2) industrial and technological wastewater;
- 3) sanitary and domestic wastewater.

For the discharge and treatment of the enterprise's wastewater, the contaminated wastewater mixture is initially directed to storage tanks, where it is diluted 15–20-fold with process and potable water. The diluted wastewater is then conveyed to the treatment facilities, where it undergoes conventional mechanical and biological treatment. However, despite the substantial dilution of the wastewater, the required acceptance criteria established for the receiving treatment facilities cannot be met for certain monitored parameters.

Thus, the main and most difficult in terms of treatment to treat is the culture broth filtrate due to its highly concentrated composition [7, 9, 11].

Based on the data obtained and the analysis of the current situation regarding the treatment and disposal of wastewater, we propose a wastewater treatment option - purification (disposal) of the culture broth filtrate.

Other wastewater, without prior accurate chemical analysis of the flows, but taking into account the separation of the filtrate from them, can probably be discharged to treatment plants without additional dilution.

The high concentration of organic substances in the filtrate, even with its after repeated dilution, does not allow solving for the issue utilization of its utilization using classical purification technologies, given that there is no room for the construction of to construct a classical technological chain of treatment facilities with the introduction of by introducing additional purification units. It is also necessary to take into account the fact that the effectiveness of using such a this method in this situation is very highly doubtful.

Based on the available technical information, it is proposed not to dilute the filtrate, but to use modern technological solutions for its utilization directly at the formation stage.

Based on the chemical analysis data of the transferred wastewater and the data provided, the only correct and economically justified solution is not to clean the filtrate from pollutants, but to remove moisture from the filtrate during cleaning. As a result, a dry sediment of 5% of the filtrate volume is formed, which can be disposed of at a solid waste landfill or used (given, sold) as a feedstock for domestic wastewater at municipal treatment plants, as well as condensate (demineralized water - 95% of the filtrate).

One such method is evaporation under vacuum followed by crystallization.

As a result of using this technology, two products are formed: dry sediment and condensed demineralized water, which can be used to power the technical water supply system or to produce steam [12–15].

The residue obtained after evaporation and distillation is easily removed and subsequently transported for disposal to a solid waste landfill.

This technology is the most suitable and effective, as it allows you to utilize the resulting dry residue and obtain technical water for production.

The technological scheme for local treatment facilities using the above-described method appears as follows.

Heating of the solution and subsequent condensation of water vapor in the installation is are carried out using a heat pump circuit, which allows to significantly reduce significant reduction in the energy consumed for processing the substance.

The distillation process takes place under vacuum. Water at atmospheric pressure boils at 100°C. When the pressure is reduced, the boiling point decreases. Using this physical phenomenon, a vacuum evaporator can evaporate water at 35°C.

The solution being processed is heated in a shell-and-tube heat exchanger, where it is continuously supplied via vacuum discharge and, after heating, is pumped to the evaporator tank.

Vapor condensation occurs in a similar shell-and-tube heat exchanger, after which the condensed distillate is fed into the vacuum system tank, from which it is continuously fed into the storage tank of the pure product.

The concentrated distillation residue is automatically pumped into a storage tank for further processing or disposal.

The use of a double effect allows for high plant performance with low energy consumption.

After preliminary evaporation, the filtrate is sent for drying (crystallization).

After drying, the dry matter content of the treated wastewater is 95%. The operating cycle provides for two operating modes: periodic loading and continuous tank loading, with the possibility of continuous operation of the installation 24 hours a day without operator intervention.

Conclusions. The implementation and use of the proposed technological scheme based on the removal of moisture from wastewater (filtrate) will allow the enterprise to completely abandon the discharge of concentrated wastewater to treatment plants, thereby avoiding discharge fees and penalties for exceeding regulatory wastewater intake rates.

The proposed technology is designed to effectively clean concentrated wastewater and comprehensively address the disposal of cleaning products.

References

1. Kalra R., Gaur S., Goel M. Microalgae bioremediation: A perspective towards wastewater treatment along with industrial carotenoids production. *Journal of Water Process Engineering*. 2021. Vol. 40. Article 101794. DOI: 10.1016/j.jwpe.2020.101794.
2. Sundaramahalingam M. A., Sivashanmugam P. Production of microbial carotenoid using innate inherent of the food industry wastewater. *Journal of Molecular Liquids*. 2023. Vol. 388. Article 122772. DOI: 10.1016/j.molliq.2023.122772.
3. Elangovan B., Detchanamurthy S., Raja V. K., Vijayakumar S. D. Waste to Wealth: Phycoremediation of Saline Wastewater From the Food Processing Industry Using *Dunaliella salina* to Produce Beta-Carotene in High Rate Algal Ponds. *Environmental Quality Management*. 2025. Vol. 35, No. 1. Article e70112. DOI: 10.1002/tqem.70112.
4. Kanokrungrung A., Nanuam J., Krongdang S., Srisuk N., Singnoy C., Wiseschart A., Boonthai T., Phonmat S. Sustainable carotenoid production and agro-industrial wastewater remediation by *Rhodotorula* sp. through nutrient supplementation. *Biocatalysis and Agricultural Biotechnology*. 2026. Vol. 73. Article 103957. DOI: 10.1016/j.bcab.2026.103957.
5. Schneider T., Graeff-Hönninger S., French W. T., Hernandez R., Merkt N., Claupein W., Hetrick M., Pham P. Lipid and carotenoid production by oleaginous red yeast *Rhodotorula glutinis* cultivated on brewery effluents. *Energy*. 2013. Vol. 61. P. 34–43. DOI: 10.1016/j.energy.2012.12.026.
6. Saejung C., Salasook P. Recycling of sugar industry wastewater for single-cell protein production with supplemental carotenoids. *Environmental Technology*. 2020. Vol. 41, No. 1. P. 59–70. DOI: 10.1080/09593330.2018.1491633.
7. Liang L., Han D., Ma R., Peng T. Treatment of high-concentration wastewater using double-effect mechanical vapor recompression. *Desalination*. 2013. Vol. 314. P. 139–146. DOI: 10.1016/j.desal.2013.01.016.

8. Jiang H., Zhang Z., Gong W. Design and evaluation of a parallel-connected double-effect mechanical vapor recompression evaporation crystallization system. *Applied Thermal Engineering*. 2020. Vol. 179. Article 115646. DOI: 10.1016/j.applthermaleng.2020.115646.
9. Dahmardeh H., Akhlaghi Amiri H. A., Nowee S. M. Evaluation of mechanical vapor recompression crystallization process for treatment of high salinity wastewater. *Chemical Engineering and Processing – Process Intensification*. 2019. Vol. 145. Article 107682. DOI: 10.1016/j.cep.2019.107682.
10. Lu H., Wang J., Wang T., Wang N., Bao Y., Hao H. Crystallization techniques in wastewater treatment: An overview of applications. *Chemosphere*. 2017. Vol. 173. P. 474–484. DOI: 10.1016/j.chemosphere.2017.01.070.
11. Zhang H. et al. Experimental investigation on the mechanical vapor recompression evaporation system coupled with multiple vacuum membrane distillation modules to treat industrial wastewater. *Separation and Purification Technology*. 2021.
12. Yaqub M., Lee W. Zero-liquid discharge (ZLD) technology for resource recovery from wastewater: A review. *Science of the Total Environment*. 2019. Vol. 681. P. 551–563. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2019.05.062.
13. Zhou X., Liu Y., Wang X., Jing X. et al. Progress in salt separation and crystallization technology for zero liquid discharge systems: Principles, applications, and future prospects. *Separation and Purification Technology*. 2026. Vol. 390. Article 137026. DOI: 10.1016/j.seppur.2026.137026.
14. Tong T., Elimelech M. The Global Rise of Zero Liquid Discharge for Wastewater Management: Drivers, Technologies, and Future Directions. *Environmental Science & Technology*. 2016. Vol. 50, No. 13. P. 6846–6855. DOI: 10.1021/acs.est.6b01000.
15. Chen Q., Burhan M., Shahzad M. W. et al. A zero liquid discharge system integrating multi-effect distillation and evaporative crystallization for desalination brine treatment. *Desalination*. 2021. Vol. 502. Article 114928. DOI: 10.1016/j.desal.2020.114928.

УДОСКОНАЛЕННЯ ГАЗОРОЗПОДІЛУ СЕЛА ЛИПІВКА БУЧАНСЬКОГО РАЙОНУ КИЇВСЬКОЇ ОБЛАСТІ З ОПТИМІЗАЦІЄЮ РОБОТИ КОТЕЛЬНІ

Галицький Олег Олегович

Студент

Харківський національний університет міського господарства імені О. М.

Бекетова

Редько Андрій Олександрович

д.т.н., проф.

Харківський національний університет міського господарства імені О. М.

Бекетова

Забезпечення надійного та ефективного газопостачання сільських населених пунктів є актуальним завданням, особливо в умовах необхідності модернізації інфраструктури. Моделювання та оптимізація газорозподільних мереж дозволяє суттєво підвищити надійність постачання [1, 2]. Важливим аспектом є також модернізація місцевих джерел теплопостачання. Оцінка ефектів оптимізації роботи пальників газових котлів за допомогою інноваційних методів управління витратою палива демонструє значний потенціал ресурсозбереження [3, 4]. Комплексна оптимізація топології, розмірів та режимів роботи систем централізованого теплопостачання забезпечує зниження нелінійних експлуатаційних витрат [5]. Сучасні дослідження підтверджують ефективність застосування рекомендацій щодо оцінки потенціалу систем теплопостачання [6], а також методів прогнозування навантаження та координованого управління в багатоджерельних мережах [7]. Отже, комплексний підхід до вдосконалення газорозподілу та роботи котельні є науково та практично обґрунтованим.

Метою роботи є удосконалення схеми газорозподілу села Липівка Бучанського району Київської області та оптимізація режимів роботи місцевої котельні для зниження споживання природного газу та підвищення надійності системи.

Для вирішення поставленого завдання розроблено комплексну математичну модель. Гідравлічний розрахунок газопроводу виконується з урахуванням втрат тиску на тертя. Падіння тиску розраховується за формулою:

$$\Delta P = \lambda \cdot \frac{L}{D} \cdot \frac{\rho v^2}{2} \quad (1)$$

де ΔP – втрата тиску, Па; λ – коефіцієнт гідравлічного опору; L – довжина ділянки, м; D – внутрішній діаметр трубопроводу, м; ρ – густина газу, кг/м³; v – швидкість потоку, м/с. Ефективність роботи котельні оцінюється через

коефіцієнт корисної дії (ККД), який враховує корисну теплоту та обсяг витраченого палива:

$$\eta = \frac{Q}{B \cdot Q_H} \quad (2)$$

де η – ККД котельні; Q – вироблена теплова енергія, МДж; B – витрата природного газу, м³/год; Q_H – нижча теплота згоряння газу, МДж/м³. Цільова функція оптимізації полягає в мінімізації загальних витрат палива при забезпеченні заданого графіка теплового навантаження:

$$F = \sum (B_i \cdot C_f) \rightarrow \min \quad (3)$$

де F – цільова функція сумарної витрати палива; B_i – витрата палива на i -му режимі роботи; C_f – ваговий коефіцієнт вартості. Усі змінні пов'язані єдиним алгоритмом пошуку оптимального режиму.

Моделювання проводилося для умов типового опалювального періоду с. Липівка. Базовий сценарій (до реконструкції) порівнювався з оптимізованим режимом, який передбачає заміну пальників та впровадження автоматизованого управління. Результати моделювання наведено у Таблиці 1.

Table 1. Порівняння параметрів роботи системи до та після оптимізації

Параметр	Базовий режим	Оптимізований режим	Зміна, %
Втрати тиску в мережі, кПа	12.5	9.8	-21.6
Середній ККД котельні, %	82.3	93.1	+13.1
Добова витрата газу, м ³	1450	1280	-11.7

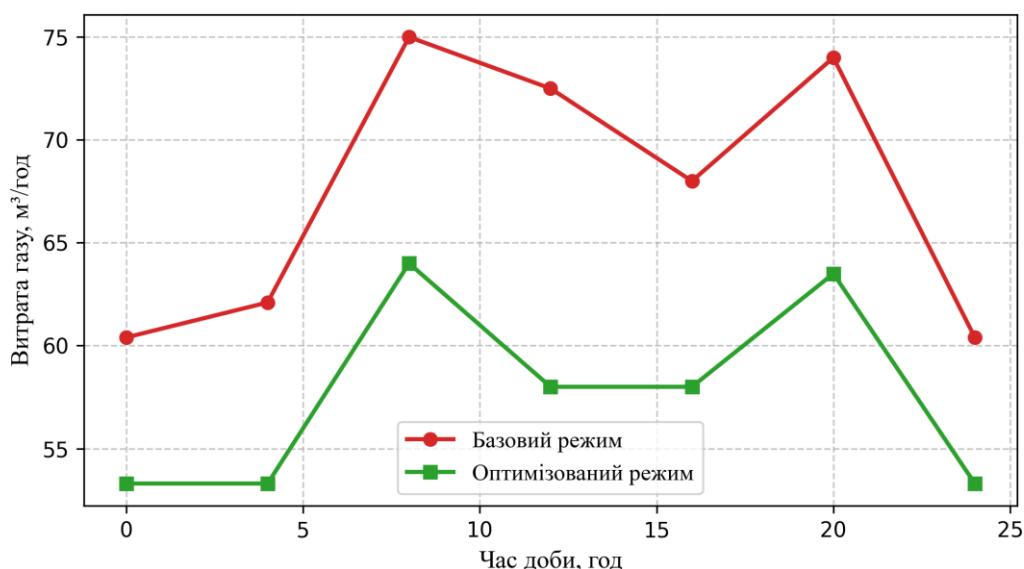


Figure 1. Динаміка витрати природного газу протягом доби
Source of the figure: авторська розробка на основі результатів моделювання.

Як видно з представлених результатів, впровадження запропонованих заходів дозволяє згладити пікові навантаження. Зниження втрат тиску в мережі на 21.6% забезпечує стабільний тиск перед пальниками, що, у свою чергу, дозволило підвищити загальний ККД на 13.1%. Оптимізована робота котельні мінімізує перевитрату палива під час коливань температури зовнішнього повітря.

Запропоновані рішення щодо удосконалення газорозподілу с. Липівка та оптимізації роботи котельні довели свою ефективність. Використання розробленої математичної моделі дозволило визначити оптимальні режими роботи обладнання, що призводить до зменшення добової витрати газу на 11.7%. Це сприяє не лише економії енергоресурсів, а й підвищує надійність функціонування всієї інженерної інфраструктури населеного пункту.

Список літератури

[1] Alves Jr., O.; Fontes, C. Modeling and optimization of natural gas distribution networks for new supplier projects. *Energy Conversion and Management*: X, 2022, 15, 100240. DOI: 10.1016/j.ecmx.2022.100240.

[2] Zhu, Y.; Wang, P.; Wang, Y.; Tong, R.; Yu, B.; Qu, Z. Assessment method for gas supply reliability of natural gas pipeline networks considering failure and repair. *Journal of Natural Gas Science and Engineering*, 2021, 88, 103817. DOI: 10.1016/j.jngse.2021.103817.

[3] Bartnicki, G.; Klimczak, M.; Ziembicki, P. Evaluation of the effects of optimization of gas boiler burner control by means of an innovative method of Fuel Input Factor. *Energy*, 2023, 263, 125708. DOI: 10.1016/j.energy.2022.125708.

[4] Tsoumalis, G. I.; Bampos, Z. N.; Chatzis, G. V.; Biskas, P. N.; Keranidis, S. D. Minimization of natural gas consumption of domestic boilers with convolutional, long-short term memory neural networks and genetic algorithm. *Applied Energy*, 2021, 299, 117256. DOI: 10.1016/j.apenergy.2021.117256.

[5] Hassan, M. A.; Serra, S.; Sochard, S.; Viot, H.; Marias, F.; Reneaume, J.-M. Holistic non-linear optimization of the layout, sizing, and operation of a district heating plant. *Energy Conversion and Management*, 2024, 301, 118079. DOI: 10.1016/j.enconman.2024.118079.

[6] Vannahme, A.; Ehrenwirth, M.; Schrag, T. Development and application of a guideline for assessing optimization potentials for district heating systems. *Energy*, 2024, 297, 131226. DOI: 10.1016/j.energy.2024.131226.

[7] Wang, Y.; Ma, S.; Yang, L.; Wu, J.; Jiang, Y.; Wang, L.; Wei, S. Data-driven optimization of multi-Source District heating systems based on load forecasting and coordinated control. *Applied Thermal Engineering*, 2026, 290, 129915. DOI: 10.1016/j.applthermaleng.2026.129915.

ТЕХНІКО-ТЕХНОЛОГІЧНІ РІШЕННЯ РОЗВИТКУ ГАЗОПОСТАЧАННЯ З ПІДВИЩЕННЯМ ЕФЕКТИВНОСТІ КОТЕЛЬНІ

Толмачова Наталя Павлівна

студентка

Харківський національний університет міського господарства імені О. М.

Бекетова

Редько Олександр Федорович

д.т.н., проф.

Харківський національний університет міського господарства імені О. М.

Бекетова

Забезпечення населених пунктів сільської місцевості надійним і енергоефективним газопостачанням залишається одним із пріоритетних напрямів розвитку паливно-енергетичного комплексу України. Значна частка існуючих сільських котелень, зокрема опалювальної котельні, експлуатується котлами застарілих серій із заниженим коефіцієнтом корисної дії, підвищеною температурою відхідних газів і відсутністю систем автоматичного регулювання процесу горіння, що зумовлює надлишкові витрати природного газу та підвищені експлуатаційні витрати. Світовий досвід підвищення ефективності котельних установок спирається переважно на два взаємодоповнювальні напрями: удосконалення систем автоматизованого керування процесом горіння та модернізацію теплотехнічного обладнання. Так, у роботі [1] запропоновано мінімізацію споживання природного газу побутовими котлами за допомогою згорткових LSTM-мереж у поєднанні з генетичним алгоритмом, що дало змогу суттєво знизити питому витрату палива без заміни основного обладнання. Автори [2] показали ефективність оптимізації керування пальниковими пристроями газових котлів на основі методу Fuel Input Factor, який дозволяє утримувати коефіцієнт надлишку повітря близьким до оптимального в усьому діапазоні навантажень. У дослідженні [3] проаналізовано ефективність інноваційних технологічних рішень переходу систем централізованого теплопостачання України до четвертого покоління, що передбачає зниження температурних графіків та впровадження низькотемпературних джерел теплоти. Робота [4] присвячена оптимальній реконструкції теплових мереж під знижені температурні рівні з мінімізацією втрат теплоти під час транспортування. У [5] представлено практичні результати впровадження прогнозувального керування на основі штучного інтелекту для багатокотлових систем теплопостачання, що підтверджено натурними випробуваннями. Автори [6] розробили методичні рекомендації щодо оцінювання потенціалу оптимізації систем теплопостачання, які застосовні і для невеликих сільських котелень. Нарешті, у роботі [7]

запропоновано підхід до оптимізації багатоджерельних систем теплопостачання на основі прогнозування навантаження та координованого керування джерелами теплоти. Узагальнення розглянутих підходів [1–7] свідчить, що найбільший ефект підвищення енергоефективності сільських котельнь досягається поєднанням теплотехнічної модернізації обладнання (економайзери, утеплення обмурівки) з автоматизацією режимів спалювання газу, що й покладено в основу технічних рішень, запропонованих у цій роботі для котельні.

Метою роботи є обґрунтування техніко-технологічних рішень розвитку газопостачання за рахунок підвищення енергетичної ефективності теплогенерувальної установки котельні на основі аналітичної моделі теплового балансу котла та кількісної оцінки очікуваної економії природного газу.

В основу розрахунку покладено зворотний метод теплового балансу котлоагрегата, що дозволяє визначити коефіцієнт корисної дії котла η_k (%) через сумарні відносні втрати теплоти:

$$\eta_k = 100 - (q_2 + q_3 + q_4) \quad (1)$$

де η_k — коефіцієнт корисної дії котлоагрегата, %; q_2 — відносні втрати теплоти з відхідними газами, %; q_3 — втрати теплоти від хімічної неповноти згоряння палива, %; q_4 — втрати теплоти в навколишнє середовище через обмурівку котла, %.

Найбільшу частку втрат для газових котлів становлять втрати з відхідними газами q_2 , які визначаються за формулою Зігерта:

$$q_2 = \frac{K(t_{\text{вих}} - t_{\text{нов}})}{CO_2} \quad (2)$$

де K — коефіцієнт Зігерта для природного газу ($K \approx 0,36$); $t_{\text{вих}}$ — температура відхідних газів за котлом, °С; $t_{\text{нов}}$ — температура повітря в котельні, °С; CO_2 — об'ємна частка діоксиду вуглецю в відхідних газах, %.

Годинну витрату природного газу котлом B (м³/год) за визначеного значення η_k розраховують за рівнянням теплового навантаження:

$$B = \frac{3600 Q_k}{Q_n^p \frac{\eta_k}{100}} \quad (3)$$

де Q_k — фактичне теплове навантаження котла, кВт; $Q_{\text{нр}}$ — нижча теплота згоряння природного газу, кДж/м³ ($Q_{\text{нр}} \approx 34300$ кДж/м³); η_k — коефіцієнт корисної дії котла за формулою (1), %.

Річну економію природного газу ΔV (тис. м³/рік) від впровадження технічного рішення та відповідний економічний ефект E визначають порівнянням витрати газу до (B_1) і після (B_2) впровадження заходу:

$$\Delta V_{\text{рік}} = \frac{(B_1 - B_2) \cdot \tau}{1000} \quad (4)$$

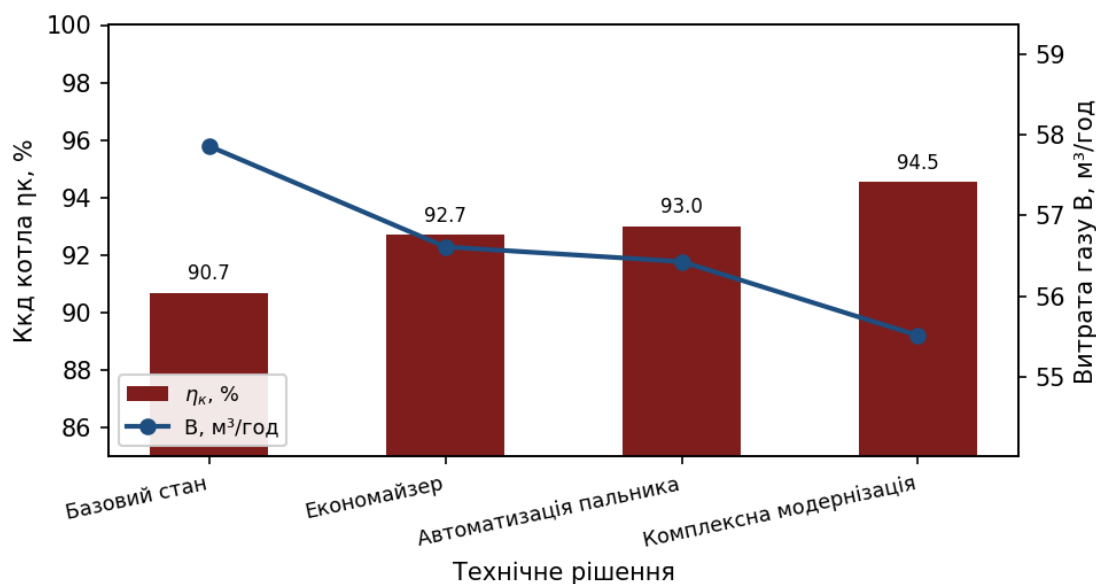
де B_1, B_2 — годинна витрата газу відповідно до і після впровадження заходу, м³/год; τ — еквівалентна кількість годин роботи котла з повним навантаженням за опалювальний сезон, год ($\tau \approx 2606$ год). Економічний ефект визначають як $E = \Delta V \cdot C_{\text{г}}$, де $C_{\text{г}}$ — тариф на природний газ, грн/м³.

За формулами (1)–(4) виконано розрахунок показників ефективності котельні для чотирьох послідовних технічних рішень: базового (наявного) стану,

встановлення контактної економайзера для утилізації теплоти відхідних газів, автоматизації режимів роботи паливкового пристрою та комплексної модернізації, що поєднує обидва заходи з додатковим утепленням обмурівки котла. Результати розрахунку наведено в таблиці 1.

Таблиця 1. Показники теплотехнічної ефективності котельні за варіантами технічних рішень

Технічне рішення	$t_{\text{вих}}, ^\circ\text{C}$	$q_2, \%$	$\eta_k, \%$	$B, \text{м}^3/\text{год}$	$\Delta V, \text{тис.м}^3/\text{рік}$	$E, \text{тис.грн/рік}$
Базовий стан	180	6.8	90.7	57.86	—	—
Економайзер	130	4.8	92.7	56.61	3.3	47.2
Автоматизація паливника	150	4.8	93.0	56.43	3.7	54.1
Комплексна модернізація	120	3.7	94.5	55.51	6.1	88.7



Рисунк 1. Залежність ККД котла η_k та годинної витрати газу B від впровадженого технічного рішення
Джерело: розроблено авторами

Як видно з таблиці 1 та рисунка 1, у базовому стані котельня характеризується підвищеною температурою відхідних газів ($180 ^\circ\text{C}$) та відносно низьким ККД $\eta_k = 90.7 \%$. Встановлення контактної економайзера дозволяє знизити температуру відхідних газів до $130 ^\circ\text{C}$ і підвищити ККД до 92.7% (на

2.0 в. п.), що забезпечує річну економію газу 3.3 тис. м³ та економічний ефект 47 тис. грн/рік. Автоматизація режимів пальника, за рахунок утримання коефіцієнта надлишку повітря близьким до оптимального (зростання CO₂ до 10.5 %), дає близький, але дещо менший приріст ККД — до 93.0 %, що узгоджується з висновками [2] щодо ефективності керування пальниковими пристроями на основі Fuel Input Factor. Найбільший ефект досягається за комплексної модернізації, яка поєднує економайзер, автоматизацію горіння та утеплення обмурівки: ККД котла зростає до 94.5 %, годинна витрата газу знижується з 57.86 до 55.51 м³/год, а річна економія природного газу становить 6.1 тис. м³ (економічний ефект — 89 тис. грн/рік). Отримані результати кількісно узгоджуються з тенденціями, описаними в [3–6] для систем централізованого теплопостачання, і підтверджують доцільність застосування комбінованих теплотехнічних та автоматизованих рішень саме для об'єктів малої потужності, якими є сільські котельні.

На основі моделі зворотного теплового балансу котлоагрегата виконано розрахункове обґрунтування техніко-технологічних рішень розвитку газопостачання через підвищення ефективності котельні. Встановлено, що комплексне впровадження контактного економайзера відхідних газів, автоматизованого керування режимами пальника та утеплення обмурівки котла дозволяє підвищити ККД котлоагрегата з 90.7 % до 94.5 % і скоротити річне споживання природного газу приблизно на 6.1 тис. м³, що відповідає економічному ефекту близько 89 тис. грн на рік у цінах на природний газ на рівні 14,5 грн/м³. Отримані результати узгоджуються з підходами [1–7] і можуть бути використані для розроблення проектних рішень з модернізації аналогічних сільських котелень системи газопостачання.

Список літератури

1. Tsoumalis, G. I.; Vampos, Z. N.; Chatzis, G. V.; Biskas, P. N.; Keranidis, S. D. Minimization of natural gas consumption of domestic boilers with convolutional, long-short term memory neural networks and genetic algorithm. *Applied Energy*. 2021; 299: 117256. DOI: 10.1016/j.apenergy.2021.117256. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0306261921006760>
2. Bartnicki, G.; Klimczak, M.; Ziembicki, P. Evaluation of the effects of optimization of gas boiler burner control by means of an innovative method of Fuel Input Factor. *Energy*. 2023; 263: 125708. DOI: 10.1016/j.energy.2022.125708. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0360544222025944>
3. Polyvianchuk, A.; Semenenko, R.; Kapustenko, P.; Klemeš, J. J.; Arsenyeva, O. The efficiency of innovative technologies for transition to 4th generation of district heating systems in Ukraine. *Energy*. 2023; 263: 125876. DOI: 10.1016/j.energy.2022.125876. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0360544222027621>
4. Merlet, Y.; Baviere, R.; Vasset, N. Optimal retrofit of district heating network to lower temperature levels. *Energy*. 2023; 282: 128386. DOI:

10.1016/j.energy.2023.128386.

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0360544223017802>

5. Saloux, E.; Runge, J.; Zhang, K. Operation optimization of multi-boiler district heating systems using artificial intelligence-based model predictive control: Field demonstrations. *Energy*. 2023; 285: 129524. DOI: 10.1016/j.energy.2023.129524.

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0360544223029183>

6. Vannahme, A.; Ehrenwirth, M.; Schrag, T. Development and application of a guideline for assessing optimization potentials for district heating systems. *Energy*. 2024; 297: 131226. DOI: 10.1016/j.energy.2024.131226.

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S036054422400999X>

7. Wang, Y.; Ma, S.; Yang, L.; Wu, J.; Jiang, Y.; Wang, L.; Wei, S. Data-driven optimization of multi-Source District heating systems based on load forecasting and coordinated control. *Applied Thermal Engineering*. 2026; 290: 129915. DOI: 10.1016/j.applthermaleng.2026.129915.

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1359431126002231>

ПЕРСПЕКТИВИ ВИКОРИСТАННЯ СИСТЕМ ЗБОРУ АТМОСФЕРНОЇ ВОЛОГИ В УКРАЇНІ

Фасуляк Вадим,

PhD, асистент кафедри гідротехніки та водної інженерії
Національний університет «Львівська політехніка»

Вербовський Орест,

к.т.н., доцент кафедри гідротехніки та водної інженерії
Національний університет «Львівська політехніка»

Ситар Василь,

студент
Національний університет «Львівська політехніка»

Вступ

В умовах сучасних кліматичних змін проблема забезпечення населення якісними водними ресурсами набуває особливої актуальності. Зростання середньорічних температур, збільшення тривалості посушливих періодів та нерівномірність розподілу опадів спричиняють необхідність пошуку альтернативних джерел водопостачання. Одним із перспективних напрямків є використання систем збору атмосферної вологи, які дозволяють отримувати воду шляхом конденсації вологи з повітря.

Сучасні технології атмосферного водозбору включають туманні колектори, системи збору роси, гібридні установки та атмосферні генератори води. Найпростішими та найбільш енергоефективними є сітчасті туманні колектори, принцип роботи яких базується на осадженні крапель туману на поверхні спеціальних сіток. Під дією сили тяжіння сконденсована вода стікає у накопичувальні резервуари. Подібні системи широко використовуються у Чилі, Марокко, Перу та інших посушливих регіонах світу.

Теоретичні основи процесу збору атмосферної вологи

Конденсація водяної пари відбувається тоді, коли температура поверхні стає нижчою за температуру точки роси навколишнього повітря. Точка роси залежить від температури повітря та відносної вологості: що вища вологість, то менша різниця температур потрібна для появи крапель. У нічний час горизонтальні або нахилені поверхні можуть втрачати тепло через довгохвильове випромінювання у відкрите небо. Якщо при цьому поверхня має низьку теплопровідність знизу, добрі радіаційні властивості та слабо підігрівається вітром, вона може охолоджуватися нижче точки роси, і на ній утворюється вода.

У роботах з пасивного збору роси зазначається, що теоретична межа продуктивності пов'язана з енергетичним балансом поверхні. При конденсації потрібно відвести приховану теплоту пароутворення, тому навіть у добрих умовах вихід роси зазвичай не перевищує $0,5 \text{ л/м}^2$ за ніч, а верхня межа пасивного

процесу оцінюється нижче 1 л/м^2 за ніч [2]. Наприклад, дахова площа 100 м^2 у сприятливу ніч може орієнтовно дати близько 50 л води [2]. Це небагато для централізованого водопостачання, але достатньо для крапельного поливу, дослідних ділянок, розсадників або як демонстраційна водозберігаюча технологія.

Збір туману має інший механізм. Туман складається з дрібних крапель, які переносить вітер. Коли повітряний потік проходить крізь сітку, частина крапель осідає на нитках, зливається у більші краплі та стікає вниз у жолоб. Ефективність залежить від рельєфу, висоти над рівнем моря, відстані до моря або іншого джерела вологості, напрямку вітру, тривалості туманних періодів, матеріалу сітки та її геометрії. Найкращі умови виникають там, де вологе повітря регулярно піднімається по гірських схилах і утворює орографічний туман.

Саме тому найвідоміші приклади збору туманної води пов'язані з узбережжями та гірськими районами: Чилі, Марокко, Канарські острови, Еритрея, Оман, Хорватія. У деяких таких місцях туман може бути більш стабільним ресурсом у сухий сезон, ніж дощ. Однак метод залишається сильно прив'язаним до мікроклімату: місце, яке виглядає придатним за загальними кліматичними характеристиками, все одно потребує попереднього моніторингу туманів і тестового колектора.

Основні технологічні рішення

Для збору роси використовують пасивні радіаційні конденсатори. Найпростіше рішення - це нахилена водонепроникна поверхня, яка вночі охолоджується, збирає краплі і спрямовує їх у жолоб. У дослідженнях застосовували спеціальні полімерні плівки, фольговані та композитні матеріали, білі покриття з високим випромінюванням у довгохвильовому діапазоні та низьким поглинанням сонячної енергії. Важлива вимога - мінімізувати теплоприплив знизу, тому конденсатор часто відділяють від масивних конструкцій або ізолюють. Такі системи технічно прості, але мають невеликий вихід води і працюють переважно вночі за ясного неба.

Для збору туману використовують стандартні або великі туманозбірники. Стандартний туманозбірник часто застосовують на етапі дослідження місця: він має відому площу сітки, що дозволяє отримати питомий показник $\text{л/м}^2 \cdot \text{добу}$. Великі колектори встановлюють уже після підтвердження потенціалу. Типова система складається з несучої рами, сітчастого полотна, розтяжок або анкерів, жолоба, трубопроводу, накопичувального бака, фільтрації та точки водорозбору. У проєктах CloudFisher використовуються великі сітчасті панелі, розраховані на вітрові навантаження у гірській місцевості.

Окрему групу становлять комбіновані або архітектурні системи, які одночасно збирають дощ, туман і росу. Прикладом є Warka Water - баштова конструкція з бамбуковим каркасом, сіткою та резервуаром. За описом проєкту, одна така башта розрахована на середній збір близько $50\text{-}100 \text{ л/добу}$, має бак приблизно 3000 л і може будуватися місцевою громадою без складної техніки. Такі рішення важливі не лише технічно, а й соціально, бо показують можливість локального обслуговування та використання простих матеріалів.

Таблиця 1.

Порівняння основних технологій збору атмосферної води

Технологія	Принцип роботи	Орієнтовна продуктивність	Перспективи використання
Пасивний радіаційний конденсатор	Охолодження поверхні нижче точки роси	0,3-0,6 л/м ² за ніч; у добрих умовах близько 0,5 л/м ²	Полив, дослідні ділянки, малі технічні потреби
Сітчастий колектор туману	Перехоплення крапель туману повітряним потоком	від 1-2 до 20+ л/м ² ·добу залежно від місця	Питна вода після підготовки, полив, потреби громад
Комбінована башта/архітектурний колектор	Поєднання збору туману, дощу та роси	десятки літрів на добу для однієї конструкції у сприятливому кліматі	Автономні громади, демонстраційні та гуманітарні проекти
Активний атмосферний генератор води	Охолодження або сорбція з використанням енергії	може бути значно більшим, але залежить від енерговитрат	Об'єкти з електропостачанням, де важлива автономність

Перспективи впровадження в Україні

Для України збір роси і туману має не загальнонаціональний, а локальний потенціал. Найперспективнішими виглядають гірські та передгірські райони Карпат, окремі ділянки Закарпаття, Прикарпаття, узбережжя Чорного моря, а також об'єкти з великими даховими площами, де пасивні конденсатори можна поєднувати з дощовою водою. У великих містах збір роси може мати більше освітнє або демонстраційне значення, оскільки тепловий острів міста і забруднення повітря можуть зменшувати якість та кількість води.

Кліматичні дані для Львова показують відносно високу середньорічну вологість - близько 77 %, а в осінньо-зимові місяці - понад 80 % [4]. У літній період середня точка роси становить приблизно 12-14 °С, що створює умови для утворення роси за нічного охолодження поверхонь [4]. Водночас для ефективного збору туману самої вологості недостатньо: потрібні регулярні туманні потоки, стабільний напрям вітру і правильне розміщення сітки відносно рельєфу.

Дослідження змін клімату в Україні зазначає загальну тенденцію до зменшення кількості днів з туманом, хоча в окремих випадках у холодний сезон кількість туманних днів може зростати [5]. На багатьох станціях змінювалася кількість днів із росою як у сторону збільшення, так і в протилежну. У великих містах зменшення може пояснюватися локальними факторами [5]. Тому для проектів у межах України не можна брати середні дані країни: потрібно оцінювати конкретну ділянку.

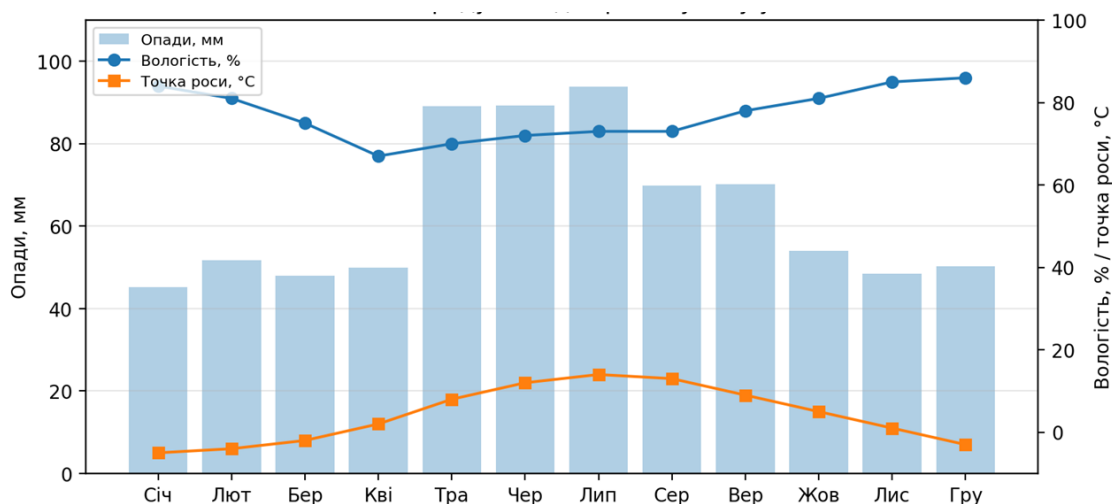


Рисунок 1. Середні кліматичні показники Львова, важливі для оцінки роси та туману

Джерело рисунка: розроблено автором.



Рисунок 2. Якісна оцінка придатності окремих територій України для пілотного впровадження

Джерело рисунка: розроблено автором.

Практично найдоцільніше починати не з великих систем питного водопостачання, а з малих пілотних проєктів: збір роси з дахів теплиць або павільйонів; туманозбірні панелі для поливу розсадників у Карпатах; експериментальні колектори біля туристичних притулків; системи поливу зелених зон у гірських громадах; демонстраційні установки для університетів і екоосвітніх центрів. Такий підхід дозволяє отримати реальні локальні дані і не завищувати очікування.

Орієнтовна оцінка для пасивного конденсатора проста: якщо взяти 100 м² придатної поверхні і сприятливий сценарій 0,3 л/м² за ніч протягом 100 ночей на рік, річний обсяг складе близько 3000 л, тобто 3 м³. Якщо умови кращі і вихід 0,5

л/м² за ніч, той самий майданчик дасть близько 5 м³ за сезон. Це не замінить водопровід, але може покрити частину поливу невеликої зеленої зони або навчальної теплиці. Для туманозбірника площею 50 м² при середньому зборі 3 л/м² за туманний день і 60 туманних днів за сезон потенціал становитиме близько 9000 л, тобто 9 м³. За кращих гірських умов обсяг може бути значно вищим.

Таким чином, системи збору атмосферної вологи можуть стати перспективним допоміжним джерелом водопостачання в Україні, особливо для віддалених та автономних об'єктів. Подальший розвиток технологій пов'язаний із використанням нових матеріалів, поверхонь та створенням гібридних енергоефективних систем атмосферного водозбору.

Список літератури

1. Khalil B., Adamowski J., Shabbir A. et al. A review: dew water collection from radiative passive collectors to recent developments of active collectors. *Sustainable Water Resources Management*. 2016. Vol. 2(1). P. 71–86. DOI: 10.1007/s40899-015-0038-z.
2. Beysens D., Muselli M., Mileta M., Milimouk I. Application of passive radiative cooling for dew condensation. *Energy*. 2006. Vol. 31(13). P. 2303–2315. DOI: 10.1016/j.energy.2006.01.006.
3. Batisha A.F. Feasibility and sustainability of fog harvesting. *Sustainability of Water Quality and Ecology*. 2015. Vol. 6. P. 1–10. DOI: 10.1016/j.swaqe.2015.01.002.
4. Hnatiuk N., Shuber P., Melnyk O. Climate Change of the City of Lviv: Retrospective Analysis and Future Projections. *Visnyk of the Ivan Franko National University of Lviv. Series Geography*. 2024. Vol. 57. P. 117–130. Дані базуються на спостереженнях Львівської авіаметеорологічної станції за кліматичні періоди 1961–1990 та 1991–2020.
5. Vyshnevskiy V.I. Climate change in Ukraine and its consequences. *Journal of Landscape Ecology*. 2025. Vol. 18(2). P. 45–58. DOI: 10.2478/jlecol-2025-0032.
6. Klemm O., Schemenauer R.S., Lummerich A., Cereceda P., Marzol V., Corell D. et al. Fog as a Fresh-Water Resource: Overview and Perspectives. *Ambio*. 2012. Vol. 41(3). P. 221–234. DOI: 10.1007/s13280-012-0247-8.
7. Verbrugghe N., Khan A.Z. Water harvesting through fog collectors: a review of conceptual, experimental and operational aspects. *International Journal of Low-Carbon Technologies*. 2023. Vol. 18. P. 392–403. DOI: 10.1093/ijlct/ctac129.
8. Azeem M., Noman M.T., Wiener J., Petru M., Louda P. Structural Design of Efficient Fog Collectors: A Review. *Environmental Technology & Innovation*. 2020. Vol. 20. Article 101169. DOI: 10.1016/j.eti.2020.101169.
9. Park K.-C., Chhatre S.S., Srinivasan S., Cohen R.E., McKinley G.H. Optimal Design of Permeable Fiber Network Structures for Fog Harvesting. *Langmuir*. 2013. Vol. 29(43). P. 13269–13277. DOI: 10.1021/la4020857.
10. Kim H., Yang S., Rao S.R., Narayanan S., Kapustin E.A., Furukawa H. et al. Water Harvesting from Air with Metal-Organic Frameworks Powered by Natural Sunlight. *Science*. 2017. Vol. 356(6336). P. 430–434. DOI: 10.1126/science.aam8743.

11. Qadir M., Jiménez G.C., Farnum R.L., Dodson L.L., Smakhtin V. Fog Water Collection: Challenges beyond Technology. *Water*. 2018. Vol. 10(4). Article 372. DOI: 10.3390/w10040372.
12. Schemenauer R.S., Cereceda P. A Proposed Standard Fog Collector for Use in High-Elevation Regions. *Journal of Applied Meteorology*. 1994. Vol. 33(11). P. 1313–1322. DOI: 10.1175/1520-0450(1994)033<1313:APSFCF>2.0.CO;2.
13. Kim H., Yang S., Rao S.R., Narayanan S., Kapustin E.A., Furukawa H. et al. Water Harvesting from Air with Metal-Organic Frameworks Powered by Natural Sunlight. *Science*. 2017. Vol. 356(6336). P. 430–434.
14. Qadir M., Jiménez G.C., Farnum R.L., Dodson L.L., Smakhtin V. Fog Water Collection: Challenges beyond Technology. *Water*. 2018. Vol. 10(4). Article 372.
15. Schemenauer R.S., Cereceda P. A Proposed Standard Fog Collector for Use in High-Elevation Regions. *Journal of Applied Meteorology*. 1994. Vol. 33(11). P. 1313–1322.

ІНЖЕНЕРНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ СЕЛА ВАРВАРІВКА ЛУБЕНСЬКОГО РАЙОНУ ПОЛТАВСЬКОЇ ОБЛАСТІ ПРИРОДНИМ ГАЗОМ З ОПТИМІЗАЦІЄЮ ПРОЦЕСІВ ТЕПЛОГЕНЕРАЦІЇ

Чуєв Олександр Олексійович

студент

Харківський національний університет міського господарства імені О. М.
Бекетова

Редько Андрій Олександрович

д.т.н., проф.

Харківський національний університет міського господарства імені О. М.
Бекетова

Надійне газопостачання сільських населених пунктів потребує одночасного розгляду гідравлічних режимів мережі, теплового навантаження споживачів та ефективності теплогенеруючого обладнання. Для систем теплопостачання з декількома джерелами теплоти показано доцільність оптимізації режимів роботи котлів із використанням прогнозування попиту, що дає змогу зменшувати витрату палива без погіршення теплового комфорту [1]. Для побутових котлів ефективність керування може бути підвищена шляхом прогнозування навантаження та оптимізації режиму горіння, зокрема із застосуванням гібридних алгоритмів [2]. На рівні газорозподільної інфраструктури важливими є математичне моделювання потоків і вибір оптимальної конфігурації мережі для забезпечення перспективного попиту [3], а часову змінність споживання доцільно враховувати під час аналізу енергетичних потоків із застосуванням методів інтелектуальної оптимізації [4]. Сучасні методи системного predictive control орієнтовані на узгодження генерації та попиту в масштабі всієї системи теплопостачання [5], при цьому стабілізація температурного режиму та підвищення експлуатаційної ефективності теплового пункту можуть бути досягнуті на основі модельно-прогнозного керування [6]. Водночас перехід до нижчих температурних рівнів розглядається як один із напрямів зниження енергетичних втрат у сучасних теплових системах [7], а розрахунок тепловтрат мереж повинен спиратися на верифіковані математичні моделі [8]. Для газових мереж принциповим є також підтримання балансу між подачею та споживанням з урахуванням гідравлічних, теплових і енергетичних обмежень [9]. Тому для села Варварівка доцільно оцінити взаємозв'язок необхідної теплової потужності, коефіцієнта завантаження котла, його умовного ККД та витрати природного газу й на цій основі сформулювати розрахунковий режим теплогенерації, придатний для інженерного обґрунтування системи газопостачання.

Мета роботи — оцінити вплив оптимізації режиму теплогенерації на необхідну витрату природного газу для села Варварівка та визначити режим часткового навантаження, за якого зберігається необхідна теплова потужність за одночасного зниження питомої витрати палива.

Для інженерної оцінки прийнято спрощену стаціонарну модель добового теплового навантаження, у якій задано теплову потужність системи опалення, номінальну потужність котла, залежність ККД від коефіцієнта завантаження та нижчу теплоту згоряння природного газу. Порівнюються два режими: базовий і оптимізований. У розрахунках використано номінальну потужність одного умовного теплогенератора 250 кВт та часові точки характерного зимового навантаження. Модель не претендує на заміну проектного гідравлічного розрахунку мережі; її призначення — кількісно показати ефект регулювання теплогенерації.

$$Q_h = \varphi \cdot Q_n \quad (1)$$

де Q_h — теплова потужність системи, Q_n — номінальна теплова потужність котла, φ — коефіцієнт завантаження котла.

$$\eta(\varphi) = \eta_{\max} - c \cdot (\varphi - \varphi_m)^2 \quad (2)$$

де $\eta(\varphi)$ — умовний ККД теплогенератора, $\eta_{\max}$ — максимальний ККД, c — коефіцієнт втрат на частковому навантаженні, φ_m — коефіцієнт навантаження в точці мінімізації втрат.

$$\dot{V}_g = \frac{Q_h \cdot 3.6}{\eta \rho_g \cdot LHV} \quad (3)$$

де $\dot{V}_g$ — об'ємна витрата природного газу, ρ_g — густина природного газу, LHV — нижча теплота згоряння газу.

$$S_g = \frac{\bar{Q}}{\eta_m \cdot LHV} \cdot \Delta t \quad (4)$$

де S_g — добове енергоспоживання газу, $\bar{Q}_h$ — середнє теплове навантаження, η_m — середній ККД за період t_1 – t_2 ; індекс m позначає режим, що аналізується.

Для числової оцінки сформовано чотири характерні режими навантаження. Для базового режиму прийнято нижчий ККД при частковому навантаженні, тоді як в оптимізованому режимі теплогенератор працює ближче до області

максимального ККД. Таблиця 1 містить однаковий набір величин для обох режимів; саме ці дані використано для побудови Рис. 1.

Таблиця 1. Розрахункова витрата природного газу за різних теплових навантажень

Q_h , кВт	φ , –	η , %	$\dot{V}_g$ баз., м ³ /год	$\dot{V}_g$ оптим., м ³ /год
75	0.30	94.3	9.18	8.42
125	0.50	94.8	14.97	13.96
175	0.70	95.0	20.82	19.50
225	0.90	94.9	26.89	25.11

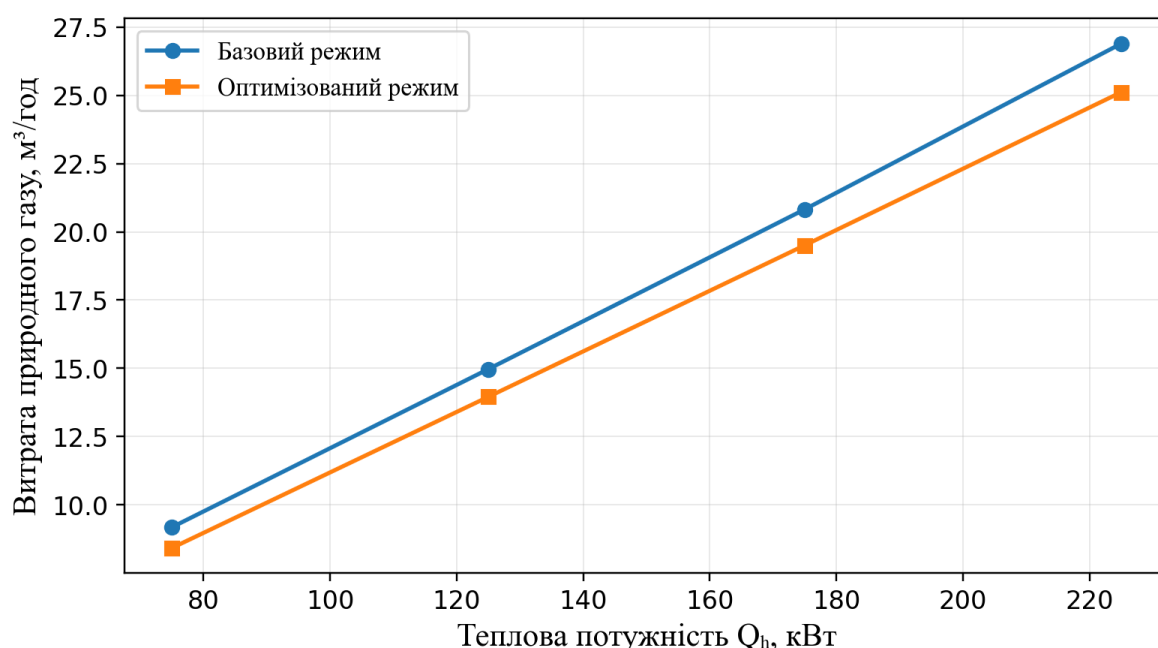


Figure 1. Залежність витрати природного газу від теплового навантаження
Джерело: розроблено авторами

За базового режиму зі зростанням теплового навантаження від 75 до 225 кВт витрата газу зростає від 9.18 до 26.89 м³/год. В оптимізованому режимі відповідні значення становлять 8.42 та 25.11 м³/год. Найбільше відносне скорочення витрати спостерігається при навантаженні 75 кВт і дорівнює 8.3 %, тоді як при 225 кВт ефект становить 6.6 %. Отже, перевага оптимізованого режиму проявляється передусім у зменшенні паливних втрат при частковому навантаженні. Оскільки обидві криві побудовано за тією самою вихідною тепловою потужністю, різниця між ними визначається лише прийнятою характеристикою ККД. Це узгоджується з загальною ідеєю прогностного та оптимізаційного керування, коли режим генератора узгоджується з поточним і очікуваним попитом [1], [5], [6].

Розрахункова модель показала, що для умовної системи теплогенерації села Варварівка зменшення частки роботи котла у неефективній зоні часткового

навантаження може бути використано як простий засіб скорочення споживання природного газу. За прийнятих вихідних параметрів оптимізований режим забезпечив зниження питомої витрати газу в середньому приблизно на 6–7 % порівняно з базовим режимом без зміни необхідної теплової потужності. Практично це означає доцільність узгодження режимів теплогенератора з фактичним тепловим попитом і використання прогнозного регулювання для зменшення тривалості неефективної роботи. Отримані значення є результатом модельної оцінки і мають бути уточнені на стадії проектування за фактичними характеристиками будівель, газової мережі, котельного обладнання та графіка теплового навантаження.

Список джерел:

1. Saloux E., Runge J., Zhang K. Operation optimization of multi-boiler district heating systems using artificial intelligence-based model predictive control: Field demonstrations. *Energy*. 2023. Vol. 285. 129524. DOI: 10.1016/j.energy.2023.129524. ScienceDirect:
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0360544223029183>
2. Ceylan İ., Gedik E., Erbay Z., et al. Minimization of natural gas consumption of domestic boilers with convolutional, long-short term memory neural networks and genetic algorithm. *Applied Energy*. 2021. Vol. 299. 117256. DOI: 10.1016/j.apenergy.2021.117256. ScienceDirect:
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S03606261921006760>
3. Ramos C. O., et al. Modeling and optimization of natural gas distribution networks for new supplier projects. *Energy Conversion and Management: X*. 2022. Vol. 15. 100240. DOI: 10.1016/j.ecmx.2022.100240. ScienceDirect:
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2590174522000630>
4. Ahmadian M. et al. Modeling energy flow in natural gas networks using time series disaggregation and fuzzy systems tuned by particle swarm optimization. *Applied Soft Computing*. 2020. Vol. 92. 106332. DOI: 10.1016/j.asoc.2020.106332. ScienceDirect:
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1568494620302726>
5. A model predictive control method for system-wide optimization of district heating systems. *Energy*. 2026. Vol. 348. 140555. DOI: 10.1016/j.energy.2026.140555. ScienceDirect:
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0360544226006584>
6. Li Z., Liu J., Jia L., Wang Y. Improving room temperature stability and operation efficiency using a model predictive control method for a district heating station. *Energy and Buildings*. 2023. Vol. 287. 112990. DOI: 10.1016/j.enbuild.2023.112990. ScienceDirect:
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0378778823002207>
7. Lund H. et al. Low-temperature operation of heating systems to enable 4th generation district heating: A review. *Energy*. 2022. Vol. 248. 123529. DOI: 10.1016/j.energy.2022.123529. ScienceDirect:
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0360544222004327>

8. Mathematical modelling and model validation of the heat losses in district heating networks. Energy. 2022. Vol. 254. 126460. DOI: 10.1016/j.energy.2022.126460. ScienceDirect: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0360544222033461>

9. Supply-demand balance of natural gas pipeline network integrating hydraulic and thermal characteristics, energy conservation and carbon reduction. Energy. 2023. Vol. 283. 128427. DOI: 10.1016/j.energy.2023.128427. ScienceDirect: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0360544223018212>

THE ROLE OF NATURAL HISTORY MUSEUMS IN SHAPING CONTEMPORARY SCIENTIFIC CULTURE IN SOCIETY

Liutko Nataliia

Associate Professor, PhD in Political Science
Khmelnytskyi National University

Korchova Nadiya

student
Khmelnytskyi National University

In the 21st century, the development of a scientific culture within society—based on the dissemination of reliable knowledge, the cultivation of critical thinking and environmental awareness—has taken on particular significance. Natural history museums play a vital role in this process, combining the functions of scientific institutions, educational centres and cultural and educational hubs. They ensure the preservation of natural heritage, the popularisation of science and the fostering of a responsible attitude towards the environment.

The relevance of this topic stems from the need to raise the scientific literacy of the population in the face of global environmental challenges, information overload and the spread of pseudoscientific views. Modern museums are becoming platforms for communication between science and society, promoting informal education and the development of a research-oriented mindset among young people.

The aim of this paper is to analyse the role of natural history museums in shaping contemporary scientific culture within society and to determine their significance in the educational and cultural sphere.

Natural history museums are important institutions that ensure the preservation and study of natural history collections. They house significant scientific collections, which are used to study biodiversity, the geological history of the Earth, the evolution of the living world and ecological processes. For instance, the National Museum of Natural History of the National Academy of Sciences of Ukraine is one of the largest natural history museums in the world and the largest in Ukraine. Its collections contain over 30,000 exhibits, and the exhibition covers geological, palaeontological, botanical and zoological fields [5].

Modern museums not only serve to preserve exhibits, but also actively disseminate scientific knowledge amongst the public. The State Natural History Museum of the National Academy of Sciences of Ukraine in Lviv identifies scientific, educational, cultural and public awareness activities as one of its main objectives. The institution is engaged in research into biological diversity, the development of natural history museology, and the popularisation of modern science amongst the public [6, p. 6].

In natural history museums, the educational and formative role is manifested in the development of knowledge and the promotion of environmental, conservation and aesthetic awareness amongst the public through the display of natural specimens, as well as through the use of other forms of educational and formative work both within and outside the museum. As the facts show, a significant proportion of the population, particularly in large cities, has virtually lost touch with the natural environment and feels no need whatsoever to preserve the natural heritage, the value of which they cannot comprehend. For these people, issues such as the extinction of a plant or animal species or the destructive impact of man-made factors on natural ecosystems are completely alien, as they do not directly affect them; moreover, they are indifferent to various activities related to the protection and study of the environment. In our view, the reason for this situation is the still underdeveloped system of environmental education and upbringing, which should instil in every person an awareness of their direct connection with nature and of the dependence of humanity's very existence on the preservation of the environment. Natural history museums can play a significant role in addressing these issues [2, p. 35].

The educational activities of natural history museums are carried out through guided tours, themed exhibitions, interactive displays, lectures, workshops and popular science events. By visualising natural processes, museums help visitors to better absorb knowledge and foster a curiosity for learning. Interactive technologies, multimedia resources, virtual tours and elements of augmented reality are of particular importance, as they make scientific information accessible to people of all ages. Researchers note that digital technologies and elements of gamification significantly enhance the effectiveness of learning for the younger generation in a museum setting [4].

A museum can be regarded as a space for non-formal education, possessing a unique resource base and playing an important role in shaping ecological and ethical values, as well as a love of learning, from an early age.

Overall, education and museum work have much in common, ranging from addressing current issues to formulating a shared goal — to nurture a conscious and creative younger generation that will treat nature and the environment with respect and love.

An important function of museums is to foster a scientific worldview and environmental awareness. By learning about our natural heritage, people come to realise the interconnection between society and nature, as well as the need to conserve biodiversity. The National Museum of Natural History of the National Academy of Sciences of Ukraine emphasises that its activities are aimed at shaping modern understandings of nature and the issues surrounding human interaction with the environment. [1, pp. 52–59]

Museums play a unique role in the development of young people. They contribute to the formation of values, critical thinking, the development of research skills and an interest in science. Museums help to shape a person's scientific worldview, foster a responsible attitude towards nature and raise awareness of the need to preserve biodiversity and natural heritage. Scientific research indicates that museum communication influences the mechanisms shaping individual and social

consciousness, and also contributes to the development of the cultural and scientific identity of the younger generation. [8, pp. 17–22]. In the current context of global environmental challenges and the rapid development of the information landscape, this is of particular relevance.

Given the emphasis on the role of the individual as the subject of museum communication, museums are recognised as having a recreational and communicative function. This is because the understanding of the museum as a scientific institution and custodian of objects that will never return to their natural environment—a concept familiar in European culture—is not well received by other cultures, particularly traditional ones. People with such views prefer museums that organise themed exhibitions, museum events, festivals and celebrations, and set up various interest groups. One can visit a museum not only to gain knowledge and broaden one's horizons, but also simply to relax, enjoy aesthetic pleasures and socialise with like-minded people [2, p. 36].

In addition to their educational activities, natural history museums serve as centres for scientific research. They ensure the preservation of their collections, conduct field research, systematise materials and collaborate with scientific institutions and universities. Museum studies researchers emphasise that university and scientific museums act as hubs for the dissemination of scientific culture and the development of interdisciplinary communication [7, pp. 86–101].

In the face of today's challenges, museums are also becoming important spaces for public dialogue. They help to popularise science amongst the general public, counter the spread of misinformation and build trust in scientific knowledge. At the same time, the work of museums requires adequate support from the state and society, as the effective functioning of the museum sector is a key factor in the development of science, education and culture.

Natural history museums play a vital role in shaping society's modern scientific culture. They not only preserve unique natural history collections and the results of many years of scientific research, but also ensure the dissemination of scientific knowledge amongst the public. Through exhibitions, educational programmes, interactive displays and modern digital technologies, museums make science accessible and understandable to people of all ages.

Ukraine has a rich historical and cultural heritage; however, a significant number of museums do not fully utilise their potential, not only due to insufficient state funding, but also because of the conservative views of museum staff, a lack of initiative, and a lack of interest and incentives. The new 'Law on Museums' is aimed at overcoming the crisis in the Ukrainian museum sector, but as the law was only recently adopted, it is as yet difficult to assess its effectiveness[3].

Thus, natural history museums are not only places for the preservation of natural heritage, but also a powerful means of shaping a modern scientific culture within society. The development of natural history museums contributes to the formation of an environmentally conscious, educated and scientifically oriented society.

References

1. Berezhna, S. V. The Role of Museums in Shaping the Value Orientations of Today's Youth: A Philosophical and Anthropological Analysis. Kharkiv, 2019. URL: <https://dspace.hnpu.edu.ua/items/409391b3-3d7d-4884-be00-74bcf4d7157d>
2. Klymyshyn, O. S. Fundamentals of Natural History Museology. LAP Lambert Academic Publishing, 2017. 177 pp. URL: https://science.smnh.org/content/Fundamentals_of_Natural_History_Museology.pdf
3. Kuzmuk, O. The Role of Museums in the Cultural and Socio-Economic Development of the Country: International Experience. Analytical Note. URL: <https://niss.gov.ua/doslidzhennya/gumanitarniy-rozvitok/rol-muzeiv-u-kulturnomu-ta-socialno-ekonomichnomu-rozvitku>
4. Science in the Museum: State Natural History Museum of the National Academy of Sciences of Ukraine: website. URL: <https://science.smnh.org/>
5. National Museum of Natural History of the National Academy of Sciences of Ukraine: official website. URL: <https://museumkiev.org>
6. National Museum of Natural History of the National Academy of Sciences of Ukraine. Encyclopaedia of Modern Ukraine. URL: <https://esu.com.ua/article-70812>
7. Barkova O. et al. Gamification for the Education of the Digitally Native Generation through Virtual Reality, Augmented Reality, Machine Learning, and Brain-Computing Interfaces in Museums. 2018. URL: <https://arxiv.org/abs/1806.07842>
8. Tucci P. The role of university museums and collections in disseminating scientific culture. 2010. URL: <https://edoc.hu-berlin.de/items/d95f0b7a-4e79-4c53-9568-ddfa43fdd84d>

ТЕХНІЧНІ ВИМОГИ ДО ЗАСОБІВ МЕРЕЖЕВОГО АНАЛІЗУ ДЛЯ РАНЬОГО ВИЯВЛЕННЯ ЕКСФІЛЬТРАЦІЇ ДАНИХ

Терещенко Катерина Володимирівна,
студентка,
Державний університет “Київський авіаційний інститут”

Терещенко Тетяна Павлівна,
старший науковий співробітник,
Військовий інститут телекомунікацій та інформатизації імені Героїв Крут

Черниш Юлія Олександрівна,
старший науковий співробітник,
Військовий інститут телекомунікацій та інформатизації імені Героїв Крут

Процес раннього виявлення несанкціонованого виведення (ексфільтрації) даних зі скомпрометованих пристроїв потребує постійного моніторингу мережевої активності на рівні комунікаційної інфраструктури. Після отримання доступу до кінцевої системи зломисник може використовувати легітимні мережеві протоколи та зашифровані канали зв'язку для прихованого передавання інформації. У таких умовах традиційний аналіз вмісту пакетів має обмежену ефективність, оскільки шифрування приховує корисне навантаження мережевих з'єднань. Сучасні підходи до аналізу зашифрованого трафіку передбачають використання метаданих, статистичних характеристик потоків та інших ознак, які можуть бути отримані без доступу до відкритого вмісту пакетів [1].

Однією з основних вимог до архітектури засобів класу Network Detection and Response (NDR) є отримання мережевої телеметрії без втручання в процес передавання даних. Для цього можуть застосовуватися Network TAP та механізми SPAN/Mirroring. Використання окремого інтерфейсу моніторингу дає змогу здійснювати пасивне спостереження за мережевою активністю, не розміщуючи засіб аналізу безпосередньо на шляху проходження легітимного трафіку. Такий підхід зменшує ризик впливу засобу моніторингу на функціонування контрольованого каналу та забезпечує отримання копії мережевих даних для подальшого аналізу [2].

Для Network TAP важливо враховувати відповідність його технічних характеристик параметрам контрольованого каналу. За належного підбору обладнання TAP може забезпечувати отримання повної копії контрольованого трафіку для подальшого пакетного аналізу. SPAN/Mirroring, своєю чергою, використовує функціональні можливості комутатора для копіювання трафіку з визначених портів або інтерфейсів. Тому вибір конкретного способу збору даних

повинен здійснюватися з урахуванням пропускної здатності каналу, навантаження на мережеве обладнання та необхідної повноти мережевої телеметрії.

Важливим компонентом системи виявлення ексфільтрації є багаторівневий аналіз мережевих з'єднань. Для цього можуть використовуватися характеристики окремих пакетів, мережевих потоків та протоколів, а також параметри взаємодії між внутрішніми та зовнішніми вузлами. Аналіз адрес джерела та призначення, портів, тривалості з'єднання, кількості пакетів, обсягу переданих даних та часової структури потоку дає змогу формувати ознаки, придатні для виявлення нетипової мережевої активності. Зокрема, дослідження зашифрованого трафіку демонструють можливість використання характеристик пакетів та їх послідовностей для виявлення шкідливої активності навіть за відсутності доступу до корисного навантаження [1; 3].

Окрему увагу необхідно приділяти аналізу TLS-трафіку. Застосування TLS 1.3 підвищує рівень захисту переданих даних, але водночас ускладнює використання традиційних підходів до пасивного розшифрування та моніторингу. NIST зазначає, що механізми TLS 1.3, зокрема забезпечення прямої секретності (Forward Secrecy), можуть перешкоджати традиційним методам пасивного розшифрування, які застосовувалися для забезпечення видимості TLS 1.2 [4]. Тому перспективним напрямом є використання методів Encrypted Traffic Analysis (ETA), які дають змогу досліджувати характеристики зашифрованих з'єднань без необхідності аналізувати їх відкритий вміст.

Однією з характеристик, придатних для такого аналізу, є TLS-відбиток JA3. Він формується на основі параметрів TLS Client Hello та може використовуватися для ідентифікації або категоризації клієнтських застосунків. Дослідження показують можливість використання JA3 pre-hash значень для категоризації TLS-трафіку та підвищення точності аналізу мережевих з'єднань [5]. При цьому JA3 не повинен розглядатися як самостійна ознака компрометації, оскільки однакові або подібні відбитки можуть відповідати різним легітимним та шкідливим застосункам. Його доцільно комбінувати з іншими характеристиками мережевої активності.

Для масштабного моніторингу мережевої інфраструктури доцільним є використання потокової телеметрії NetFlow/IPFIX. Стандарт IPFIX визначає механізм передавання інформації про мережеві потоки від процесу експорту до процесу збору та забезпечує уніфіковане представлення поточкових даних [6]. На відміну від повного захоплення пакетів, потокова телеметрія дозволяє зменшити обсяг даних, що необхідно передавати та зберігати, тому може застосовуватися для масштабного аналізу мережевої активності. Водночас IPFIX не замінює повний пакетний аналіз, оскільки не забезпечує доступу до повного вмісту мережевих пакетів.

Поєднання різних джерел мережевої телеметрії дає змогу сформувати багаторівневу архітектуру моніторингу, у якій кожен метод використовується відповідно до його функціональних можливостей.

Порівняльну характеристику основних методів отримання мережевої телеметрії, їхніх переваг, обмежень та доцільних областей застосування наведено в таблиці 1.

Таблиця 1.

Порівняльна характеристика методів отримання мережевої телеметрії

Метод	Основні переваги	Основні обмеження	Доцільна область застосування
Network TAP	Повна копія контролюваного трафіку за належного підбору TAP та відповідності його характеристик параметрам каналу; відсутність залежності від конфігурації SPAN; придатність для детального пакетного аналізу	Потребує фізичного встановлення; необхідно враховувати характеристики каналу та пропускну здатність засобу моніторингу	Критичні канали, магістральні сегменти, детальний аналіз трафіку
SPAN/Mirroring	Просте розгортання; використання наявних функцій комутаторів; гнучке вибирання джерел трафіку	Можлива втрата пакетів при перевищенні пропускну здатності порту моніторингу	Внутрішні сегменти, локальний моніторинг, середовища з помірно навантаженням
NetFlow/IPFIX	Значно менший обсяг даних порівняно з повним захопленням пакетів; централізований збір потокової інформації; масштабованість	Не містить повного вмісту пакетів; обмежена деталізація прикладного рівня	Виявлення аномальних потоків, аналіз обсягів передавання, тривалості та напрямку з'єднань

Застосування наведених методів доцільно комбінувати залежно від призначення конкретного сегмента мережі. Network TAP може використовуватися для отримання максимально повної інформації на критичних каналах, SPAN/Mirroring – для оперативного моніторингу окремих сегментів, а NetFlow/IPFIX – для масштабного аналізу поточкових характеристик. Додаткове використання ЕТА дозволяє аналізувати зашифровані з'єднання за їхніми статистичними та протокольними характеристиками. При цьому сучасні дослідження показують перспективність використання характеристик пакетів, послідовностей їх довжин та інших ознак для виявлення шкідливого зашифрованого трафіку [1; 3].

Отже, ефективне виявлення ексфільтрації даних на рівні комунікаційної інфраструктури потребує поєднання декількох джерел мережевої телеметрії.

Архітектура засобів аналізу повинна забезпечувати пасивне отримання трафіку, багаторівневий аналіз мережевих потоків, використання TLS-метаданих та статистичних характеристик зашифрованих з'єднань. Комбінування Network TAP, SPAN/Mirroring, NetFlow/IPFIX та методів ETA створює основу для виявлення аномальної вихідної активності, нетипових зовнішніх з'єднань та інших ознак потенційної ексфільтрації без необхідності постійного доступу до відкритого вмісту зашифрованого трафіку.

Список літератури

1. Shen M., Ye K., Liu X., Zhu L., Kang J., Yu S., Li Q., Xu K. Machine Learning-Powered Encrypted Network Traffic Analysis: A Comprehensive Survey // IEEE Communications Surveys & Tutorials. – 2023. – Vol. 25, No. 1. – P. 791–824. – DOI: 10.1109/COMST.2022.3208196.
2. Palo Alto Networks. Tap Interfaces [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://docs.paloaltonetworks.com/ngfw/networking/configure-interfaces/tap-interfaces> (дата звернення: 22.09.2026).
3. Zang X., Wang T., Zhang X., Gong J., Gao P., Zhang G. Encrypted malicious traffic detection based on natural language processing and deep learning // Computer Networks. – 2024. – Vol. 250. – Art. 110598. – DOI: 10.1016/j.comnet.2024.110598.
4. Newhouse W., Souppaya M., Cooper D. et al. Addressing Visibility Challenges with TLS 1.3 within the Enterprise : NIST Special Publication 1800-37. – Gaithersburg : National Institute of Standards and Technology, 2025. – DOI: 10.6028/NIST.SP.1800-37.
5. Rönnberg S., Andersson T. Categorizing TLS traffic based on JA3 pre-hash values // Procedia Computer Science. – 2023. – Vol. 220. – P. 94–101. – DOI: 10.1016/j.procs.2023.03.015.
6. Claise B., Trammell B., Aitken P. Specification of the IP Flow Information Export (IPFIX) Protocol for the Exchange of Flow Information : RFC 7011 [Електронний ресурс]. – Internet Engineering Task Force, 2013. – 72 p. – Режим доступу: <https://www.rfc-editor.org/rfc/rfc7011> (дата звернення: 22.09.2026).

ЗАСТОСУВАННЯ КАРТОГРАФІЧНИХ МАТЕРІАЛІВ XVIII ТА XIX СТОЛІТЬ ДЛЯ ОЦІНКИ АНТРОПОГЕННИХ ЗМІН В МЕЖАХ БАСЕЙНІВ МАЛИХ РІЧОК

Царик Любомир,

доктор географічних наук, професор
Тернопільський національний педагогічний університет
імені Володимира Гнатюка

Царик Петро,

кандидат географічних наук, доцент
Тернопільський національний педагогічний університет
імені Володимира Гнатюка

Царик Володимир,

доктор філософії (Науки про Землю), викладач
Тернопільський національний педагогічний університет ім. В.Гнатюка

Картографічні джерела відіграють важливу роль у дослідженні антропогенних змін річкових басейнів. Вони забезпечують просторову основу для аналізу природних та господарських процесів у межах басейнових систем. За допомогою карт можна простежити трансформацію русел, заплав, водосховищ і ставків. Тематичні карти дають змогу оцінити зміни землекористування, лісистості, розораності та забудованості території. Порівняння карт різних часових періодів дозволяє виявити динаміку антропогенного освоєння басейну. Цифрові картографічні матеріали та ПС забезпечують можливість кількісної оцінки просторових змін. Поєднання картографічних і дистанційних даних підвищує достовірність геоecологічного аналізу. Отже, картографічні джерела є важливим інструментом виявлення, оцінювання та прогнозування антропогенних трансформацій річкових басейнів.

Кarti, що входять до складу Franziszeischer Landesaufnahme – це картографічний великий проект на території Габсбургської імперії, який присвячений вивченню земель імперії в 1810-му та в 1850-х роках. Даний проект названий в честь першого австрійського імператора Франца I. Перед цим було здійснено обстеження земель від 1760-х до 1780-х років (Joseph II.), другий за величиною відображення проект монархії Габсбургів. Робота над проектом Franziszeischer Landesaufnahme була завершена у 1869 р. Кarti описували території Угорщини, Трансільванії, Галичини та Буковини.

На картах видно оптично темні зображення височинних областей. Кarti оформлені в чорному кольорі, зокрема, зображення рельєфу зроблене штрихами,

на відміну від рівня попередніх карт вони стали чіткішими, наведена додаткова інформація, яка також вказана чорним, тому карта читається важко. Проблемою є те, що ліній контуру і рельєфу на карті не існує. [3]

Аналіз долини річки Джурин за картографічним матеріалом першої військової карти показав наявність значної кількості природних угідь (водо-болотних, лучних, лісових), їх високу частку в межах річкового басейну, а значить збережені і менш трансформовані природні умови території (рис.1.).

Так, у верхній течії річки, на її витоках, зосереджені водо-болотні угіддя, з яких беруть початок головна річка та її притоки. Вздовж русла цих водотоків заплави заболочені і перезволожені, що сприяло повноцінній водності річки за рахунок значного запасу поверхневих вод, які підживлювали річище впродовж року. Витоки залужені водно-болотною та лучною рослинністю. При цьому розораність і забудованість території верхньої частини басейну була незначною



Рис. 1. Перший військовий огляд (1764-1784) імперії Габсбургів.
Джерело рисунка: [2]

і це запобігало негативним змінам характеру землекористування і особливостям гідрологічного режиму. В межах цієї частини річкового басейну

частково був зарегульований річковий стік для зняття повеневих і паводкових максимумів, а також для риборозведення. В межах середньої частини річкового басейну на відтинку від с. Полівці до с. Кошилівці зустрічаються заболочені долинки лівих і правих приток р. Джурин, окремі лісові масиви між селами Полівці і Палашівка, Полівці і Базар, Базар і Буряківка, Попівці і Кошилівці. Зарегульованість стоку незначна, ставки представлені в селах Криволука, Буряківка. Особливою заболоченістю виділяється долина правої притоки р. Біла Криниця, яка впадає в р. Джурин в межах с. Слобідка. Долина річки в межах населених пунктів не розорана і не забудована, приватні садиби не розташовані близько до води. [3]

В нижній частині басейну річки Джурин спостерігаємо ідеальну структуру земельних угідь. Від с. Кошилівці долина річки глибоко вривається у навколишню поверхню і до її гирла зростає залісненість території, лісами зайнято уся частина річкової долини в межах селищ Садки, Устечко. Суцільні лісові масиви спостерігаються у правобережній частині річкової долини. В цій частині в межах річища і річкової долини функціонувало шість млинів, що свідчило про інтенсивне використання енергії води у господарських цілях.

Таким чином, в межах основної річки та її приток переважають природні угіддя під водоболотною, лучною, лучно-чагарниковою і лісовою рослинністю. Трансформація природних компонентів незначна, річка і її притоки визначаються водністю і можна передбачити високу якість води.

Аналіз наступної карти - це другий військовий огляд (1806-1869) імперії Габсбургів. На ній спостерігаємо розгалужену мережу водотоків в околицях Джуринської Слобідки. В долинах річок відбуваються певні зміни природних угідь за рахунок закладки садів в межах сіл Джуринська Слобідка, Джурин (рис 2.).

В межах населених пунктів Джуринська Слобідка, Джурин і Полівці з'являються водяні млини. В селі Джурин і Джуринська Слобідка ліквідовані два ставки, на правобережжі річкової долини між селами Палашівка і Базар створено лісництво. В межах річкової долини р. Джурин і її приток зменшилася кількість водоболотних угідь, що свідчить про певні гідромеліоративні заходи з осушення заболочених земель. [4]

На усьому проміжку річкового басейну спостерігається зростання площі населених пунктів і сільської забудови і зменшення площі лісових угідь. Зростання населених пунктів, поява додаткових млинів і зменшення водоболотних угідь свідчать про зростання орних земель та посилення впливу господарської діяльності на ландшафти річкової долини. Аналіз сучасної структури землекористування басейну річки Джурин, у тому числі з допомогою картографічних матеріалів і статистичних відомостей свідчить про найбільші трансформаційні зміни структури земельних угідь річкової долини впродовж ХХ століття, що стало результатом подальшого господарського освоєння даної території.

У цей період продовжується зростання площі сільської забудови, будівництво доріг з твердим покриттям, формування тваринницьких ферм і

комплексів, будівництво ставків, відкриття кар'єрів, будівництво цегельних заводів. Відбувалось подальше розорювання земельних угідь за рахунок меліорації водоболотних угідь на вододілах і долинами річок, скорочення площ лучної і лісової рослинності в верхній і середній частині річкового басейну.



Рис. 2 Другий військовий огляд (1806-1869) імперії Габсбургів
Джерело рисунка: [1]

Також проведено історико-географічну оцінку господарського освоєння річкового басейну Гнізни за картографічними матеріалами XVIII і XIX століть та топографічних карт, сучасних аерофотознімків. Картографічні матеріали засвідчують екстенсивний характер господарського впливу на природні комплекси. Зокрема, на карті першого військового огляду (1779-1783 рр.) імперії Габсбургів спостерігаємо наявність в річковому басейні більшої кількості природних угідь (водно-болотних, заплавних лук і пасовищ, лісів). На витоках головної річки і її приток спостерігаємо наявність заболочених територій і заплавних лук, фрагментів лісової рослинності. В межах верхньої частини басейну спостерігаємо наявність ставків, що свідчить про зарегульованість

річкового стоку для унеможливлення повеневих і паводкових підйомів води та з метою риборозведення. Варто відмітити той факт, що витік річки знаходиться в кількох кілометрах західніше нинішнього.

В басейні річки Гнізни спостерігаємо більш сприятливу структуру земельних угідь за нинішню, оскільки водно-болотні угіддя на той час не зазнали істотної меліорації. Схилові ділянки русел були вкриті лучною і лісовою рослинністю, вододіли були менш розораними (рис 3).

У верхній частині річкового басейну від витоків до м. Збараж спостерігалось близько 20% лісових угідь, більш густою була річкова мережа, функціонувало близько 10-ти ставків. Схилові місцевості на карті заштриховано, що дає можливість візуального відстеження мікрорельєфу місцевості [5].

В межах середньої частини річкового басейну Гнізни зменшується частка лісових угідь, натомість зростає частка вододільних луків і орних земель.

В нижній частині басейну Гнізни зростає частка орних земель в межах притоки річки Сорочанки та лісових угідь в околицях с. Кровинка та м. Теремовля. В межах основної річки відмічаємо приуроченість 6-ти ставків.



Рис 3. Перший військовий огляд (1779-1783рр.) імперії Габсбургів
Джерело рисунка: URL: <https://maps.arcanum.com/en/map>

Аналіз карти басейну річки Гнізни середини XIX століття показав істотнішу освоєність території, за рахунок збільшення частки орних земель, зменшення частки лісових масивів, зростання зарегульованості стоку як в межах основної річки, так і її приток (рис 4.). Зростає фрагментарність лісового покриву, з'являються окремі ділянки закладених садів. Зростає частка меліорованих земель у заплавах основної річки і її приток, наявних ставків, водяних млинів, розширюються площі забудованих земель та доріг з твердим покриттям.

Аналіз картосхем XX століття засвідчує розширення площ орних земель, доріг та під'їзних шляхів, меж населених пунктів. В середині XX століття з утворенням колективних господарств, розбудовуються будівлі господарського призначення: тракторні бригади, приміщення токів, тваринницьких ферм, літніх вигонів для утримання тварин, пасовищ, що демонструє поглиблення господарського освоєння території, з відповідним зменшенням угідь під природною рослинністю.

У період 70-х років XX століття відбувається масове осушення заболочених та перезволожених земель, що було пов'язано з необхідністю збільшення оброблюваних площ і підвищення продуктивності сільськогосподарських угідь.



Рис 4. Другий військовий огляд (1861-1864 рр.) імперії Габсбургів.
Джерело рисунка: URL: <https://maps.arcanum.com/en/map/secondsurvey-galicia>

Висновки. На основі здійсненого аналізу картографічних матеріалів першого та другого військових оглядів імперії Габсбургів, а також сучасних даних, досліджено динаміку господарського освоєння та трансформації ландшафтної структури басейнів річок Джурин і Гнізна. Сформульовано такі основні висновки:

□ **Високий екологічний потенціал у минулому:** За даними Першого військового огляду (кінець XVIII ст.), басейни обох річок характеризувалися ідеальною структурою або низьким рівнем антропогенної трансформації. Велика частка природних угідь (водоболотних, лучних, лісових) у верхніх та середніх течіях забезпечувала повноцінну водність річок, стабільний гідрологічний режим та високу якість вод.

□ **Початок інтенсифікації господарювання (XIX ст.):** Матеріали Другого військового огляду (середина XIX ст.) фіксують перехід до більш інтенсивного використання територій. Це виявилось у зростанні площ населених пунктів, розширенні орних земель за рахунок вирубки лісів, первинній гідромеліорації (осушенні боліт), активному будівництві водяних млинів та збільшенні кількості ставків для регулювання стоку й риборозведення.

□ **Пік антропогенного тиску (XX ст.):** Наслідком активного господарського освоєння впродовж XX століття стали кардинальні трансформаційні зміни структури земельних угідь. Створення колективних господарств, розбудова інфраструктури, будівництво доріг із твердим покриттям, функціонування ферм і цегельних заводів призвели до максимального розорювання земель. Масова меліорація 1970-х років спричинила тотальне скорочення водоболотних угідь та природної рослинності, що суттєво змінило природні умови басейнів річок.

Таким чином, залучення ретроспективних картографічних джерел (*Franziszeischer Landesaufnahme* та *Joseph II.*) дозволяє чітко простежити етапи переходу від екологічно збалансованого ландшафту до глибоко трансформованого антропогенного середовища, що є важливим для розробки сучасних стратегій відновлення річкових екосистем Західного Поділля.

Список літератури

1. Історична карта імперії Габсбургів, другий військовий огляд (1806-1869). Електронний ресурс. Режим доступу: <http://mapire.eu/en/map/secondsurvey/?bbox=2845468.7015153104%2C6235381.634905994%2C2852348.0340609765%2C6239026.725692343><http://mapire.eu/en/map/secondsurvey/?bbox=2845468.7015153104%2C6235381.634905994%2C2852348.0340609765%2C6239026.725692343>
2. Історична карта імперії Габсбургів, перший військовий огляд (1764-1784). Електронний ресурс. Режим доступу: <http://mapire.eu/en/map/firstsurvey/?bbox=2834724.521726975%2C6237615.0293262005%2C2862241.8519096384%2C6252195.392471598><http://mapire.eu/en/map/firstsurvey/?bbox=2834724.521726975%2C6237615.0293262005%2C2862241.8519096384%2C6252195.392471598>
3. Бакало О.Д., Царик Л.П., Царик П.Л. Трансформація геоекологічних

процесів басейну річки Джурин: монографія. За ред. проф. Царика Л.П. Видання 2-ге доповнене і перероблене. Тернопіль: СМП «Тайп», 2025. 180 с. ISBN 978-617-595-139-2

4. Царик Л.П. Царик П.Л., Кузик І.Р., Царик В.Л. Природокористування та охорона природи у басейнах малих річок: монографія (видання третє доповнене і перероблене) за ред. проф. Царика Л.П. Тернопіль: ред.-видавн. відділ ТНПУ. 2026. 182 с.

5. Царик Володимир. Моделювання геоекологічного стану і функціонування басейнової системи річки Гнізни для оптимізації природокористування. Тернопіль. Редакційно-видавничий центр ТНПУ. 2026. 182с.

ОБҐРУНТУВАННЯ ПОТРЕБИ ІНВЕСТИЦІЙ ТА ІННОВАЦІЙ В ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ВІДБУДОВИ АГРОСЕКТОРУ УКРАЇНИ

Чуба Роман,
аспірант

Національний науковий центр «Інститут аграрної економіки»

Агропромисловий сектор України є одним із ключових елементів національної економіки, продовольчої безпеки, експортного потенціалу та розвитку сільських територій. Повномасштабна війна спричинила масштабні руйнування виробничої, логістичної та енергетичної інфраструктури, втрати сільськогосподарських активів, обмеження доступу до земельних ресурсів, дефіцит трудових ресурсів та зростання собівартості виробництва. За цих умов відбудова агросектору потребує не простого відновлення втрачених виробничих потужностей, а формування нової моделі розвитку, заснованої на інвестиціях, інноваціях, цифровізації, ресурсоефективності, кліматичній стійкості та інтеграції до європейського агропродовольчого простору. Обґрунтовано пріоритетні напрями інвестування та інноваційного розвитку агросектору України в контексті повоєнного відновлення.

Сільське господарство традиційно відіграє стратегічну роль в економіці України, забезпечуючи продовольчу безпеку населення, значну частину валютних надходжень від експорту, зайнятість населення та функціонування сільських територій. Україна до початку повномасштабної війни сформувала потужний експортний потенціал у виробництві зернових, олійних культур, продукції тваринництва та харчової промисловості. За оцінками KSE Institute, аграрні землі займають близько 70 % території України, що визначає стратегічне значення аграрного сектору для економічного розвитку держави [1].

Повномасштабне вторгнення РФ суттєво змінило умови функціонування аграрного виробництва. Руйнування та пошкодження сільськогосподарської техніки, складських комплексів, систем зрошення, елеваторів, виробничих об'єктів і логістичної інфраструктури поєдналися з мінуванням земель, порушенням традиційних експортних маршрутів, дефіцитом енергоресурсів і робочої сили.

Масштаб проблеми підтверджується результатами міжнародних оцінок. Відповідно до RDNA5, оприлюдненої Урядом України, Світовим банком, Європейською Комісією та ООН у 2026 р., загальні потреби України у відновленні та реконструкції оцінюються у понад \$ 580 млрд упродовж наступного десятиліття. Потреби аграрного сектору становлять понад \$ 55 млрд, що підтверджує його належність до стратегічних секторів відбудови [2].

Отже, проблема полягає не лише у пошуку фінансових ресурсів для компенсації вже завданих збитків. Необхідно сформувати таку інвестиційно-інноваційну модель відбудови, яка дозволить одночасно відновити виробничий

потенціал, підвищити продуктивність, зменшити ресурсозалежність, адаптувати сільське господарство до кліматичних змін, забезпечити продовольчу безпеку та підвищити конкурентоспроможність української продукції на ринках ЄС і світу.

Масштаб втрат аграрного сектору свідчить про необхідність довгострокового інвестиційного підходу. За даними KSE Agroscenter, станом на початок 2024 р. прямі збитки агросектору внаслідок війни перевищили \$ 10,3 млрд, а загальні економічні втрати 0 – близько \$69,8 млрд. Основною категорією прямих збитків була пошкоджена або знищена сільськогосподарська техніка – близько \$ 5,8 млрд. Загальні потреби у реконструкції та відновленні аграрного сектору тоді оцінювалися приблизно у \$ 56 млрд на десятирічний період [3].

Оновлена оцінка RDNA4 також визначала потреби аграрного сектору на рівні понад \$ 55 млрд [4]. Таким чином, масштаб необхідних інвестицій вимірюється десятками мільярдів доларів і суттєво перевищує можливості державного бюджету та окремих сільськогосподарських підприємств.

Водночас необхідно враховувати специфіку сучасного аграрного виробництва. Відновлення агросектору за принципом «відбудувати те, що було зруйновано» може призвести до відтворення технологічних і структурних проблем довоєнної моделі. Натомість інвестиції повинні спрямовуватися на модернізацію виробничої бази, автоматизацію, цифровізацію, розвиток переробки, енергоефективність, відновлювану енергетику, системи зрошення, сучасне зберігання та логістику.

Особливо важливим є врахування результатів опитування FAO, проведеного восени 2024 р. серед 2612 сільськогосподарських підприємств у 23 областях України. Дослідження засвідчило, що виробники стикаються з дефіцитом робочої сили, високою вартістю ресурсів, мінуванням земель, перебоями з електроенергією та проблемами доступу до ринків [5]. За даними FAO, 69,6 % опитаних підприємств зазначили дефіцит робочої сили, а 81 % повідомили про перебої з електропостачанням. Серед пріоритетних потреб рослинницьких підприємств називалися добрива, насіння та паливо [6].

Ці обставини змінюють структуру інвестиційних пріоритетів. Якщо раніше інвестиції в агросекторі значною мірою були орієнтовані на збільшення масштабів виробництва, то нині першочергового значення набувають стійкість, технологічна незалежність, автоматизація та здатність підприємств функціонувати в умовах нестабільності.

Інвестиції у відбудову повинні бути тісно пов'язані з інноваціями. Саме інноваційна складова здатна перетворити процес відновлення з компенсаційного механізму на фактор довгострокового економічного зростання.

Одним із ключових напрямів є цифровізація сільського господарства. Йдеться про використання систем точного землеробства, супутникового моніторингу, дистанційного зондування, GPS-навігації, автоматизованого контролю техніки, сенсорів, дронів, штучного інтелекту та аналітики великих даних. FAO наголошує, що цифрові технології здатні підвищувати продуктивність, оптимізувати використання ресурсів, покращувати доступ до ринків, управління ланцюгами постачання та простежуваність продукції [7].

Для України цифровізація має додаткове значення, оскільки дозволяє частково компенсувати дефіцит трудових ресурсів. Автоматизація виробничих операцій, роботизація, дистанційний моніторинг посівів та автоматичне управління технікою можуть зменшувати залежність підприємств від людської праці.

Важливим напрямом є також точне землеробство. Диференційоване внесення добрив, засобів захисту рослин і насіння дає можливість оптимізувати витрати та одночасно зменшувати негативний вплив сільськогосподарської діяльності на ґрунти та довкілля. FAO зазначає, що для українського зернового сектору технології точного землеробства мають потенціал підвищення продуктивності, зниження витрат і скорочення викидів парникових газів [8].

Окремим пріоритетом має стати інноваційне відновлення земельних ресурсів. Минування значної частини сільськогосподарських територій створює не лише безпекову, а й економічну проблему. Тому інвестиції необхідні для розвитку технологій дистанційного виявлення вибухонебезпечних предметів, цифрового картографування, супутникового моніторингу та безпечного обстеження земель. Поєднання цифрових технологій із системами управління земельними ресурсами дозволить зробити процес повернення земель у виробничий оборот більш адресним і ефективним.

Відбудова агросектору має охоплювати не лише виробництво сільськогосподарської продукції, а весь агропродовольчий ланцюг — від виробника ресурсів до кінцевого споживача.

Особливої уваги потребує складська та логістична інфраструктура. Пошкодження елеваторів та складських потужностей підвищує ризики втрати продукції та збільшує залежність виробників від логістичних послуг. Тому інвестиції мають бути спрямовані на створення сучасних зерносховищ, холодильних комплексів, логістичних хабів, перевантажувальних терміналів і цифрових систем управління поставками.

Другим важливим напрямом є розвиток глибокої переробки сільськогосподарської продукції. Орієнтація переважно на експорт сировини обмежує потенціал створення доданої вартості всередині країни. Натомість розвиток виробництва рослинних олій, білкових концентратів, продуктів харчування, біопалива, кормів та інших продуктів переробки здатний підвищити доходи агровиробників і створити додаткові робочі місця у сільській місцевості.

У цьому контексті інвестиції в агросектор повинні розглядатися як інструмент формування регіональних агропродовольчих кластерів, які об'єднуюватимуть виробників, переробні підприємства, логістичні компанії, наукові установи, заклади освіти та фінансові організації.

Воєнні ризики продемонстрували критичну залежність агровиробництва від енергетичної інфраструктури. Перебої з електропостачанням безпосередньо впливають на роботу насосних станцій, холодильного обладнання, елеваторів, тваринницьких комплексів і переробних підприємств.

Тому одним із перспективних напрямів інвестування є децентралізована енергетика аграрних підприємств. Сонячні електростанції, біогазові установки,

біомасові котли, системи накопичення енергії та комбіновані енергетичні комплекси можуть підвищити енергетичну автономність підприємств.

Одночасно необхідно розвивати кліматично стійке землеробство. Зміни температурного режиму, посухи та дефіцит води підвищують потребу в сучасних системах зрошення, вологоощадних технологіях, відновленні ґрунтів, використанні стійких сортів і диверсифікації структури виробництва.

Особливо гостро ця проблема проявляється на півдні України. Наприклад, FAO у 2026 р. повідомляла, що в Херсонській області поєднання мінування, посухи та руйнування зрошувальних систем суттєво обмежує можливості сільськогосподарського виробництва [9]. Отже, відбудова меліоративної інфраструктури повинна поєднуватися з упровадженням водозберігаючих технологій.

Враховуючи масштаб потреб, фінансування відбудови агросектору не може здійснюватися виключно за рахунок державного бюджету. Необхідним є формування змішаної моделі фінансування, яка поєднуватиме державні кошти, міжнародну допомогу, гранти, кредити міжнародних фінансових організацій, гарантійні механізми та приватні інвестиції.

Важливу роль у цьому процесі відіграє Ukraine Investment Framework, який є інвестиційним компонентом Ukraine Facility Європейського Союзу. Framework має € 9,6 млрд гарантій і грантового фінансування та орієнтований на мобілізацію понад € 40 млрд державних і приватних інвестицій для відновлення та модернізації України. Серед визначених напрямів прямо зазначено agri-food, digital transformation та green transition [10].

Таким чином, аграрний сектор України має можливість залучати міжнародне фінансування не лише для фізичного відновлення пошкоджених активів, а й для технологічної модернізації.

Перспективним є також розвиток механізмів страхування воєнних та інвестиційних ризиків, державних гарантій за кредитами, грантової підтримки малих і середніх фермерських господарств, лізингу сільськогосподарської техніки та державно-приватного партнерства.

Отже, потреба в інвестиціях та інноваціях для відбудови агросектору України обумовлена одночасно масштабом воєнних збитків, стратегічним значенням аграрного виробництва для економіки та необхідністю переходу до нової моделі розвитку.

Інвестиційна політика відбудови повинна базуватися на принципі «відновити краще, ніж було» (build back better), передбачаючи не просте відтворення зруйнованих активів, а технологічне оновлення агропродовольчої системи. Пріоритетними напрямками мають стати відновлення сільськогосподарських земель, модернізація техніки, розвиток зберігання і логістики, відновлення зрошення, енергетична автономність, розвиток переробки, цифровізація, точне землеробство, роботизація та впровадження кліматично стійких технологій.

Водночас ефективність інвестиційної відбудови залежатиме від здатності забезпечити доступ до фінансових ресурсів для різних категорій виробників. Особливо важливо не допустити концентрації інвестицій виключно у великих

агрохолдингах, оскільки сталість сільських територій значною мірою залежить від життєздатності малих і середніх фермерських господарств.

У стратегічному вимірі інвестиції та інновації мають забезпечити перехід агросектору України від моделі переважно сировинного експорту до високотехнологічної, ресурсоефективної, цифрової та інтегрованої до європейського агропродовольчого простору системи. Саме тому інвестиційна складова повинна розглядатися не як допоміжний елемент відбудови, а як один із ключових механізмів структурної трансформації української економіки та забезпечення сталого розвитку сільських територій.

Список літератури

1. Kyiv School of Economics. UA Outlook 2024–2033 Report. Kyiv, 2023. KSE Publications.
2. World Bank. Updated Ukraine Recovery and Reconstruction Needs Assessment Released. 2026. World Bank – RDNA5.
3. Kyiv School of Economics. Losses and damages of the agricultural sector of Ukraine amount to more than \$ 80 billion – KSE Agrocenter. 21 February 2024.
4. World Bank, Government of Ukraine, European Commission, United Nations. Updated Ukraine Recovery and Reconstruction Needs Assessment (RDNA4). 2025.
5. FAO. Ukraine: Impact of the war on agricultural enterprises. Findings of a nationwide survey, October–November 2024. Rome: FAO, 2025.
6. FAO. Ukraine: Impact of the war on agricultural enterprises. Country Profile. 2025.
7. FAO Investment Centre. Digital Agriculture. Food and Agriculture Organization of the United Nations.
8. Prikhodko D., Sikachyna O., Pedersen E., Sylvester G., Rybchynshyi R. Digital technologies in the grain sector of Ukraine. Rome: FAO, 2023.
9. FAO. United Nations helps farmers regain safe access to agricultural land in Ukraine. 22 May 2026.
10. European Commission. Ukraine Investment Framework. European Commission, 2026.
11. FAO. Ukraine's agriculture: FAO sets out a three-year emergency and early recovery plan. 6 January 2026.
12. FAO. FAO launches a \$150 million Emergency and Early Recovery Response Plan for Ukraine to support war-affected rural communities. 17 April 2025.
13. European Commission. Ukraine Facility – Ukraine Investment Framework. 2026.
14. Kyiv School of Economics. An Interim Assessment of the War-Induced Damages and Losses in Ukraine's Agriculture. 2024.

ARTIFICIAL INTELLIGENCE IN TEACHING MARITIME ENGLISH WRITING

Pindosova T.

Candidate of Philological Sciences, Associate Professor,
Associate Professor at English Language Department for Deck Officers,
Kherson State Maritime Academy

Fedorova O.

Candidate of Philological Sciences, Associate Professor,
Associate Professor at English Language Department for Deck Officers,
Kherson State Maritime Academy

Introduction. In recent years, artificial intelligence (AI) is transforming education, including Maritime English, by enhancing language learning through AI-powered writing tools. Platforms such as ChatGPT, Grammarly, and QuillBot provide real-time, context-sensitive feedback that helps future navigators produce accurate, standardized maritime documents, including logbook entries and incident reports. Supported by advances in natural language processing (NLP) and machine learning, these tools strengthen the safety-critical writing skills required for effective maritime communication.

Writing is one of the most challenging language skills, particularly in Maritime English, where learners must organize information logically, use appropriate maritime terminology, and produce coherent, audience-appropriate texts. Traditionally, writing instruction has relied on detailed teacher feedback, but limited instructional time and large class sizes often make individualized support difficult in maritime education.

Lately, there has been research interest in the integration of AI into writing contexts because it offers various positive contributions, such as enhancing writing competence [5], providing fresh ideas [7], and supporting diverse writing tasks like paraphrasing [10], grammar checking, vocabulary building, and script writing [4].

Despite the growing availability of AI tools, many teachers struggle to integrate them into writing instruction due to limited training, low confidence, and a lack of clear pedagogical frameworks. Without adequate professional development and curriculum support, educators often remain uncertain about using AI-generated feedback and balancing AI with traditional teaching methods [3].

Purpose of the article. This article examines the role of artificial intelligence in teaching Maritime English writing and proposes practical strategies for integrating AI tools into writing instruction.

Main text. The challenges associated with academic writing extend beyond the inherent complexity of the English language itself. To produce effective written texts, learners must possess an extensive vocabulary, a strong command of grammar and syntax, and the ability to communicate complex ideas clearly and coherently. These requirements often contribute to increased levels of writing anxiety among students.

For learners, linguistic barriers represent a significant obstacle to the development of academic writing proficiency and may limit their ability to perform successfully in subject-specific contexts. Furthermore, differences in educational backgrounds, prior learning experiences, and instructional approaches can further complicate the acquisition of academic English. As a result, many students encounter difficulties in mastering the language skills necessary for effective academic and professional communication [2].

Due to these problems, applications and tools, with AI involved, have been increasingly applied in writing processes. Web sites like Chat GPT, Write Sonic, Jetpack, Hyperwrite, and Grammarly, for instance, were established to enable students to develop in writing by suggesting ways to organise grammatical structures, identify and fix errors in style, and improve their writing of paragraphs as a whole, that is, improve sentence construction [9]. Grammar and style checkers, such as those used in Grammarly, Jetpack, Paperpal, and Linguix, are other models that use rule-based systems and statistical models to provide critiques and recommendations for improving writing quality [6].

The scientist W. Z. Rahman classified artificial intelligence tools implemented in writing classes into three main categories, reflecting the evolution of their functionality:

- Automated Writing Evaluation (AWE): Tools such as Grammarly, Criterion, and WriteToLearn remain the most widely used tools. The primary focus of this technology is to provide automatic corrective feedback on the mechanical aspects of writing, including grammar, spelling, and punctuation, to independently improve students' linguistic accuracy.

- Generative AI & Large Language Models (LLMs): Since 2023, research trends have shown a drastic shift in focus toward platforms such as ChatGPT, Claude, and Gemini. Unlike AWE, these large language models are utilized as heuristic partners in brainstorming, outlining, and more complex and contextual stylistic editing.

- Intelligent Tutoring Systems (ITS): This category includes AI-based platforms designed to provide personalized learning paths. This system can adapt in real-time to the individual competency level of students, providing measurable instruction and pedagogical interventions tailored to the specific needs of the learner [8, p. 985].

Students often experience difficulties generating ideas, particularly when working with unfamiliar topics or under time constraints. AI-powered writing tools (e.g. ChatGPT, Jasper) can support the brainstorming process by suggesting topics, providing prompts, and offering alternative perspectives. They also help learners organize ideas through outlines and structured content planning. As a result, these tools can enhance creativity, improve the flow of ideas, and support the production of more coherent and original written texts. In Maritime English education, AI can assist learners in developing and organizing content for professional maritime communication and technical documentation.

Beyond supporting idea generation, AI-powered writing tools contribute to the *improvement of grammatical accuracy and vocabulary development*. These applications (Grammarly, ProWritingAid) provide automated feedback on language

errors and offer explanations that help learners understand and correct their mistakes. In addition, they suggest alternative words and expressions, enabling writers to enhance clarity, precision, and lexical variety. Through regular use, such tools can promote language development, strengthen writing skills, and improve the overall quality of written communication [1, p. 29].

AI-powered thesauruses like Reverso Context offer word suggestions based on real usage examples, ensuring proper context. Hemingway Editor helps streamline writing by identifying overly complex words and recommending simpler alternatives. AI also aids in academic style adherence – Writefull compares user text with authentic research papers, suggesting appropriate terminology.

AI-powered writing tools enhance vocabulary development by improving word choice, contextual accuracy, and reducing repetition, thereby increasing the quality of academic writing. However, AI-generated synonyms and paraphrases may distort meaning, and overreliance on these tools can hinder independent vocabulary development. Therefore, AI should complement, not replace, learners' lexical competence and critical language awareness [1, p. 31].

The theoretical considerations discussed above provide the foundation for the practical implementation of AI-assisted writing instruction in Maritime English. One of the initial stages of this process is AI-assisted *brainstorming and outlining*. Organizing students into groups to brainstorm with AI tools such as ChatGPT enables them to explore a topic from multiple perspectives and develop a deeper understanding of the subject matter. By generating and evaluating lists of advantages and disadvantages, students strengthen their critical thinking skills while learning to consider alternative viewpoints. This collaborative pre-writing activity also facilitates idea generation, improves text organization, and prepares learners for the subsequent stages of academic and professional writing.

Students input their topic into AI and ask for pros and cons. For the topic "Paper Charts – Electronic Charts," AI might respond with advantages like "real-time position updates" and "automatic route planning," and challenges like "dependence on electrical power" and "risk of system failures." Students discuss these ideas and add their insights, developing a nuanced argument.

The next stage involves guided drafting with AI support for *language development and text organization*. Students are encouraged to compose their essays progressively, focusing on one section at a time. For example, they begin by formulating a clear thesis statement and subsequently develop supporting paragraphs with relevant arguments and evidence. AI tools can provide guidance on paragraph structure, coherence, and appropriate academic language while leaving the final decisions to the learners.

The ideas generated during the brainstorming stage can also be used to develop a counter-argument paragraph. Students learn to acknowledge alternative viewpoints and refute them with logical reasoning, thereby strengthening the overall persuasiveness of their writing. For instance, when writing on the topic "Why Traffic Separation Schemes Are Essential," students may recognize that such schemes can limit navigational flexibility under certain circumstances. However, they can then argue that these limitations are outweighed by the significant benefits of reducing the risk of collisions,

improving traffic flow, and enhancing navigational safety in congested waters. This approach promotes the development of critical thinking, argumentative writing skills, and the ability to construct balanced, evidence-based texts.

The final component is *goal-setting and progress tracking*. Teachers can help students establish specific Maritime English writing goals, while AI tools monitor their progress across successive assignments. This approach enables learners to identify their strengths and areas for improvement, promotes learner autonomy, and encourages continuous development of writing skills. For example, a student might aim to “use maritime terminology more accurately” or “reduce grammar and communication errors in navigational reports by 20 percent.” By tracking these improvements across successive assignments, students become more aware of their strengths and areas for development, taking greater responsibility for their learning.

Pairing students for *peer review* with AI support combines the advantages of automated feedback and collaborative learning. This approach broadens the range of feedback received and enables students to learn from one another’s perspectives. During the peer-review process, students can use AI tools to analyze each other’s drafts and provide targeted feedback. For example, one student may focus on the clarity and organization of ideas, while another may suggest improvements in language use and academic style. Such collaboration enhances both students’ understanding of effective writing practices and contributes to the development of their critical evaluation skills.

A potential concern regarding the use of AI in writing instruction is that students may *become overly dependent on the technology*, which could hinder the development of independent writing skills. To address this issue, teachers should emphasize that AI serves as a supportive tool rather than a substitute for students’ own efforts. Students should be encouraged to produce initial drafts independently and use AI primarily for revision and refinement [1]. Monitoring AI use and reviewing original drafts can help ensure that students engage with the technology in a balanced and purposeful manner. Additionally, reflective activities can promote critical engagement with AI-generated feedback. For example, teachers may ask students questions such as, “How did AI help you clarify your argument?” or “Which AI suggestions did you choose to accept or reject, and why?” Such practices encourage students to view AI as a learning aid that supports the development of writing skills rather than as a shortcut to completing assignments.

Collaborative writing is another effective strategy for developing Maritime English communication skills. Working with a partner requires students to discuss ideas, evaluate information, and make decisions together, reflecting the collaborative nature of maritime operations. Tasks such as incident reports, accident investigations, voyage-planning assignments, and case studies can be completed in pairs. For example, students may analyze a navigational incident and prepare a report identifying its causes and recommending preventive measures. Such activities promote teamwork, communication, and the accurate use of maritime terminology.

Editing AI-generated texts is another effective strategy for developing authentic writing skills. Students revise AI-generated drafts on maritime topics by improving the content, incorporating evidence from course materials or maritime regulations, and

justifying their changes. This approach develops critical evaluation skills while helping students produce accurate, professional-quality writing.

The combination of peer review, collaborative writing, and critical editing of AI-generated drafts encourages active participation in the writing process and reduces excessive reliance on AI tools. These strategies help students strengthen their Maritime English communication skills, develop critical thinking, and produce authentic, well-reasoned written work.

Grammar tools like Grammarly provide *real-time checks*, while vocabulary tools like Wordtune help *refine language*. Teacher may advise students to keep Grammarly active while drafting to receive immediate feedback on language issues or use AI tools for sentence refinement, helping improve clarity and flow. If a student writes, “Electronic charts are more safe and efficient than paper charts,” AI might suggest, “Electronic charts provide a safer and more efficient means of navigation than traditional paper charts.” This makes the student’s point sound more polished and professional.

The final stage involves AI-assisted *assessment and revision*. Tools such as Microsoft Editor help evaluate grammar, clarity, coherence, and vocabulary, enabling students to identify and correct weaknesses before submitting their work. By critically reviewing AI-generated feedback, learners develop self-editing skills and greater autonomy, while the teacher remains responsible for the final evaluation of content and writing quality.

AI tools provide personalized feedback by adapting to learners’ individual strengths and weaknesses. Adaptive algorithms monitor writing progress and generate targeted suggestions for improvement. This individualized support helps students develop writing skills independently and build confidence, particularly in learning English as a foreign language [1, p. 31].

AI improves writing by reducing grammatical errors, enriching vocabulary, and providing instant, context-sensitive feedback that encourages frequent revision. By automating routine tasks such as spelling and grammar correction, it allows learners to focus on higher-order writing skills, including coherence, argumentation, and originality. AI also promotes learner autonomy and confidence by enabling self-correction in a low-stakes environment, helping students become more independent and reflective writers [8, p. 986].

Despite its educational benefits, the integration of AI into writing instruction has raised important ethical and pedagogical concerns. Excessive dependence on AI tools may weaken students’ critical thinking and independent writing abilities, while AI-assisted plagiarism poses new challenges to academic integrity. Moreover, because evidence on the practical use of AI in writing instruction remains limited, its long-term impact on writing quality has yet to be fully established. By integrating AI into writing practice, learners can expand their vocabulary, improve lexical variety, and enhance clarity. However, they should critically evaluate AI-generated suggestions to preserve original meaning and develop independent writing skills.

Conclusion. Artificial intelligence has considerable potential to enhance the development of writing skills in Maritime English by improving linguistic accuracy,

vocabulary use, text organization, and learner autonomy. When integrated through well-designed pedagogical strategies and combined with teacher guidance, AI can support future navigators in producing accurate and professional maritime documentation while fostering critical thinking and responsible use of digital technologies.

References

1. Agzamxanova G., Golovko Y. How AI tools can support English writing development. *Educator Insights: A Journal of Teaching Theory and Practice*. 2025. Vol. 01. Iss. 03. P. 27-33.
2. Aini N., Basthomi Y. Integration of Artificial Intelligence (AI) in Learning English Writing in Higher Education. *Journal of Learning for Development*. 2025. Vol. 12. Iss. 2. P. 364-371.
3. Akanda F., Talukder T. AI writing tools in English writing: Reviewing teachers' and students' views on benefits and concerns. *Social Sciences & Humanities Open*. 2026. Vol. 13. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ssaho.2026.102437>
4. Ateriya N., Sonwani N.S., Thakur K.S., Kumar A., Verma S.K. Exploring the ethical landscape of AI in academic writing. *Egyptian Journal of Forensic Sciences*. 2025. Vol. 15. Iss. 1. P. 1-9. DOI: <http://dx.doi.org/10.1186/s41935-025-00453-1>
5. Chauke T.A., Mkhize T.R., Methi L., Dlamini N. Postgraduate students' perceptions on the benefits associated with artificial intelligence tools on academic success: In case of ChatGPT AI tool. *Journal of Curriculum Studies Research*. 2024. Vol. 6. Iss. 1. P. 44-59. DOI: <https://doi.org/10.46303/jcsr.2024.4>
6. Fahmi M.A., Cahyono B.Y. EFL students' perception on the use of Grammarly and teacher feedback. *JEES (Journal of English Educators Society)*. 2021. Vol. 6. Iss. 1. P. 18-25. <https://doi.org/10.21070/jees.v6i1.849>
7. Montenegro-Rueda M., Fernández-Cerero J., Fernández-Batanero J.M., López-Meneses E. Impact of the implementation of ChatGPT in education: A systematic review. *Computers*. 2023. Vol. 12. Iss. 8. P. 153-162. DOI: <https://doi.org/10.3390/computers12080153>
8. Rahman W. Z. Artificial Intelligence (AI) in English Writing Skills Learning: A Systematic Review. *Indonesian Journal of Research and Educational Review*. 2026. Vol. 5. Iss. 2. P. 981 – 994 DOI: <https://doi.org/10.51574/ijrer.v5i2.4727>
9. Wang C. Exploring students' generative AI-assisted writing processes: Perceptions and experiences from native and nonnative English speakers. *Technology, Knowledge and Learning*. 2024. Vol. 30. P. 1-22. DOI: <http://doi.org/10.1007/s10758-024-09744-3>
10. Zhao X. Leveraging Artificial Intelligence (AI) technology for English writing: Introducing Wordtune as a digital writing assistant for EFL writers. *RELC Journal*. 2023. Vol. 54. Iss. 3. P. 890-894. DOI: <https://doi.org/10.1177/00336882221094089>

ПСИХОЛОГО-ПЕДАГОГІЧНИЙ СУПРОВІД ДІТЕЙ З ОСОБЛИВИМИ ОСВІТНІМИ ПОТРЕБАМИ В УМОВАХ СІЛЬСЬКОЇ ГРОМАДИ: ПРАКТИЧНИЙ АСПЕКТ

Гординська Олеся-Марія Михайлівна

фахівець (консультант) — практичний психолог

Комунальна установа «Інклюзивно-ресурсний центр» Вільховецької сільської
ради, Закарпатська область, Україна

Богаченко Євгенія Василівна

директор

Комунальна установа «Інклюзивно-ресурсний центр» Вільховецької сільської
ради, Закарпатська область, Україна

Анотація

У тезах розглянуто практичні аспекти психолого-педагогічного супроводу дітей з особливими освітніми потребами в умовах сільської територіальної громади. Обґрунтовано значення системної взаємодії фахівців інклюзивно-ресурсного центру, педагогічних працівників, батьків та інших учасників освітнього процесу. Акцентовано увагу на виїзній формі роботи фахівців ІРЦ, їх участі в діяльності команд психолого-педагогічного супроводу, консультуванні педагогів і батьків, плануванні адаптацій та модифікацій освітнього процесу. Розкрито можливості застосування біопсихосоціального підходу та принципів Міжнародної класифікації функціонування, обмежень життєдіяльності та здоров'я для комплексного врахування функціонування дитини, її активності, участі, факторів середовища та індивідуальних ресурсів. Визначено основні контекстуальні бар'єри, характерні для сільської місцевості, та окреслено практичні шляхи їх подолання.

Ключові слова

інклюзивна освіта, особливі освітні потреби, інклюзивно-ресурсний центр, психолого-педагогічний супровід, сільська територіальна громада, Міжнародна класифікація функціонування, освітнє середовище, бар'єри, участь.

Вступ

Розвиток інклюзивної освіти в Україні зумовлює необхідність удосконалення системи підтримки дітей з особливими освітніми потребами (ООП) та забезпечення їхньої повноцінної участі в освітньому процесі. Відповідно до чинного Положення про інклюзивно-ресурсний центр, ІРЦ забезпечує проведення комплексної психолого-педагогічної оцінки розвитку особи та системного кваліфікованого супроводу осіб з особливими освітніми потребами [1].

Особливої актуальності питання організації психолого-педагогічного супроводу набуває в умовах сільських територіальних громад. Територіальна

віддаленість населених пунктів, транспортна доступність, нерівномірність доступу до окремих послуг та ресурсів можуть створювати додаткові бар'єри для дітей, їхніх родин і педагогічних колективів.

У таких умовах діяльність ІРЦ має передбачати не лише проведення комплексної оцінки та надання консультацій, а й активну взаємодію із закладами освіти та сім'ями. Важливого значення набувають мобільні та дистанційні форми роботи, участь фахівців у командах психолого-педагогічного супроводу, методична підтримка педагогів та спільне планування освітньої підтримки дитини.

Сучасним підґрунтям для такого підходу є біопсихосоціальна модель, відповідно до якої функціонування людини розглядається у взаємозв'язку зі станом здоров'я, активністю, участю та факторами середовища. Міжнародна класифікація функціонування, обмежень життєдіяльності та здоров'я (МКФ) дає змогу комплексно описувати функціонування людини, враховуючи не лише порушення, а й її активність, участь та вплив факторів середовища [2].

Основна частина

Ефективність включення дитини з особливими освітніми потребами в освітній простір значною мірою залежить від узгодженості дій усіх учасників освітнього процесу. Важливу роль у цій системі відіграють фахівці ІРЦ, які здійснюють консультативну, методичну та координаційну підтримку педагогів і батьків та беруть участь у визначенні оптимальних умов для навчання і розвитку дитини.

Практична діяльність Комунальної установи «Інклюзивно-ресурсний центр» Вільховецької сільської ради засвідчує важливість виїзної форми роботи фахівців. Безпосередня взаємодія із закладами освіти громади дає можливість краще враховувати особливості освітнього середовища, своєчасно реагувати на запити педагогів та батьків і брати участь у визначенні актуальних потреб дитини.

Особливе значення має участь фахівців ІРЦ у роботі команд психолого-педагогічного супроводу. Така взаємодія сприяє узгодженню цілей підтримки, визначенню необхідних адаптацій і модифікацій освітнього процесу, а також формуванню реалістичних завдань Індивідуальної програми розвитку дитини.

При плануванні підтримки доцільно враховувати не лише індивідуальні особливості дитини, а й те, як вона виконує навчальні та повсякденні дії, бере участь у житті класу та закладу освіти, взаємодіє з однолітками й дорослими. Водночас важливо визначати фактори середовища, які можуть виступати бар'єрами або ресурсами для функціонування та участі дитини [2].

Одним із важливих напрямів роботи є адаптація освітнього середовища. Спільно з педагогічними працівниками та іншими учасниками команди супроводу фахівці ІРЦ можуть визначати способи організації освітнього простору, комунікації, навчальних матеріалів і способів представлення навчального матеріалу з урахуванням індивідуальних потреб дитини. За необхідності визначаються також доцільні модифікації змісту або очікуваних результатів навчання відповідно до потреб конкретної дитини.

Окремою проблемою в умовах сільської громади є контекстуальні бар'єри. До них можуть належати територіальна віддаленість окремих населених пунктів, транспортні труднощі, обмежена доступність окремих послуг, недостатність спеціалізованих ресурсів та додаткові часові й фінансові витрати для сімей.

Для зменшення впливу таких бар'єрів доцільним є поєднання очних, виїзних та дистанційних форм взаємодії. Зокрема, практичне значення мають виїзні консультації, онлайн-консультування педагогів і батьків, дистанційний обмін методичними матеріалами та попереднє узгодження запитів команди психолого-педагогічного супроводу.

Важливим напрямом діяльності ІРЦ є методична та просвітницька підтримка педагогічних працівників. Проведення консультацій, практичних занять, семінарів і тематичних зустрічей сприяє підвищенню професійної компетентності педагогів щодо організації інклюзивного освітнього середовища, розуміння освітніх труднощів дітей та добору ефективних стратегій підтримки.

Практична підтримка педагогів має охоплювати також питання психологічного благополуччя дітей. Доцільним є ознайомлення педагогічних працівників із доступними прийомами емоційної саморегуляції, психологічного розвантаження, підтримувальної комунікації та створення передбачуваного освітнього середовища. Особливого значення це набуває в умовах тривалого стресового навантаження, яке може позначатися на емоційному стані, поведінці та навчальній активності дітей.

Не менш важливим компонентом супроводу є партнерська взаємодія з батьками. Родина має розглядатися як активний учасник процесу визначення та реалізації підтримки дитини. Відкрита комунікація між сім'єю, закладом освіти та фахівцями ІРЦ дає можливість краще визначати сильні сторони дитини, її актуальні потреби, ресурси та труднощі, а також узгоджувати підходи до підтримки в освітньому та домашньому середовищі.

Таким чином, психолого-педагогічний супровід дітей з особливими освітніми потребами в умовах сільської територіальної громади має ґрунтуватися на принципах командної роботи, партнерства, доступності, системності та індивідуалізації. Важливо не лише реагувати на вже наявні труднощі, а й своєчасно виявляти та зменшувати бар'єри, які обмежують активність і участь дитини в освітньому процесі.

Висновки

Практика діяльності фахівців ІРЦ в умовах сільської територіальної громади свідчить про необхідність комплексної організації психолого-педагогічного супроводу дітей з особливими освітніми потребами. Територіальна віддаленість, транспортні труднощі та нерівномірний доступ до окремих ресурсів можуть ускладнювати отримання необхідної підтримки, тому важливого значення набувають виїзні форми роботи, дистанційна взаємодія та ефективна координація діяльності учасників команди супроводу.

Застосування біопсихосоціального підходу та принципів МКФ дає змогу розглядати освітні труднощі дитини в контексті її функціонування, активності, участі та факторів середовища. Такий підхід сприяє переходу від зосередження

переважно на порушеннях і діагностичних характеристиках до визначення конкретних потреб дитини та умов, необхідних для її участі в освітньому процесі [2].

Результативність психолого-педагогічного супроводу значною мірою залежить від узгодженої діяльності фахівців ІРЦ, педагогічних працівників, батьків та інших учасників освітнього процесу. Саме партнерська взаємодія створює умови для формування безперервної системи підтримки, орієнтованої не лише на подолання труднощів, а й на розвиток самостійності, активності та участі дитини.

Отже, діяльність ІРЦ в умовах сільської територіальної громади має поєднувати консультативну, методичну, просвітницьку та координаційну складові. Активна взаємодія із закладами освіти, участь у роботі команд психолого-педагогічного супроводу, партнерство з родинами, використання виїзних і дистанційних форм роботи та системне виявлення контекстуальних бар'єрів створюють передумови для підвищення якості інклюзивної освіти та забезпечення права кожної дитини з особливими освітніми потребами на доступну і якісну освіту.

Список літератури

1. Про затвердження Положення про інклюзивно-ресурсний центр : Постанова Кабінету Міністрів України від 12.07.2017 № 545. Чинна редакція від 28.08.2025.
2. World Health Organization. International Classification of Functioning, Disability and Health (ICF). Geneva : World Health Organization, 2001.
3. Колупаєва А. А., Таранченко О. М. Інклюзивна освіта: від основ до практики. Київ : Атопол, 2019. 410 с.

МОДЕЛЬ БЕЗБАР'ЄРНОЇ ДИДАКТИЧНОЇ АРХІТЕКТУРИ НАВЧАННЯ В СИСТЕМІ ІНКЛЮЗИВНОЇ ОСВІТИ

Демічева Ірина Олександрівна,
учитель вищої категорії, учитель-методист, асистент учителя
Комунальний заклад «Харківський ліцей № 146 Харківської міської ради»

Солошенко Катерина Олександрівна,
учитель вищої категорії, старший учитель, директор
Комунальний заклад «Харківський ліцей № 146 Харківської міської ради»

Сучасна інклюзивна освіта в Україні передбачає не лише забезпечення доступу до навчання здобувачів з особливими освітніми потребами, а й створення умов, за яких кожен із них може повноцінно брати участь у спільній діяльності, взаємодіяти з однокласниками та досягати визначених результатів навчання [1, 2]. Такий підхід ґрунтується на розумінні того, що труднощі в навчанні можуть бути зумовлені не лише індивідуальними особливостями дитини, а й організацією уроку, способом подання матеріалу, характером навчальних завдань або умовами взаємодії. У цьому контексті особливого значення набуває концепція освіти без бар'єрів, яка орієнтує педагогічну практику на своєчасне виявлення та усунення перешкод, що можуть виникати під час роботи з інформацією, виконання навчальних дій, представлення результатів навчання та взаємодії з іншими учасниками освітнього процесу.

Важливе значення має не лише фізична доступність освітнього середовища, а й організація навчального процесу. Л. І. Прохоренко зазначає, що «недоліки безбар'єрного освітнього простору пов'язані, з одного боку, з неправильним розумінням доступного середовища, невмінням створювати універсальний дизайн інфраструктури, відсутністю спеціальних пристроїв для різних потреб учнів, а з іншого – з відсутністю інноваційних структурних і змістовних аспектів цілісного педагогічного процесу, недоліками системи навчання, низьким рівнем втілення освітніх, цифрових і корекційно-розвивальних технологій» [3].

У цьому контексті освітні бар'єри доцільно розглядати як результат невідповідності між способом організації навчання та різноманітністю способів сприйняття, опрацювання й використання навчальної інформації. У звичайному класі учні відрізняються рівнем підготовки, темпом роботи, особливостями уваги, пам'яті, комунікації, способами виконання завдань і представлення результатів, тоді як навчальна програма, зміст уроку та очікувані результати мають залишатися спільними. Це зумовлює необхідність системного проєктування освітнього процесу з урахуванням різноманітності учнів ще на етапі підготовки уроку.

Сучасні технології інклюзивної освіти створюють теоретичне підґрунтя для такого проектування. Важливе місце серед них посідає універсальний дизайн – концепція, що передбачає множинні способи подання інформації, залучення учнів до різних видів діяльності, варіативність способів демонстрації результатів навчання [4]. Значний потенціал також мають диференціація та індивідуалізація навчання, кооперативні й діяльнісні методи, адаптація та модифікація навчальних завдань [5]. Ефективність їх застосування залежить від того, наскільки послідовно вони інтегровані в організацію і структуру уроку.

Актуальність дослідження зумовлена потребою пошуку практичних способів реалізації принципів безбар'єрності освітнього процесу в умовах реального класу. Попри наявність сучасних підходів і технологій інклюзивного навчання, їх застосування часто має фрагментарний характер і передбачає внесення окремих адаптацій уже після виникнення труднощів у учнів.

Це ускладнює організацію спільної діяльності та збільшує навантаження на вчителя та асистента вчителя. Тому важливим є такий підхід до проектування уроку, за якого можливі освітні бар'єри враховуються заздалегідь, а різні способи участі учнів передбачаються в структурі навчального процесу.

З огляду на зазначене автори пропонують модель **безбар'єрної дидактичної архітектури навчання (БДАН)**, яка передбачає системне врахування можливих бар'єрів та створення доступних умов для навчальної діяльності всіх учнів. Її основні положення, структура та практичне застосування розглядаються далі.

Для досягнення поставленої мети визначено такі завдання: уточнити сутність поняття «освіта без бар'єрів» та визначити основні види освітніх бар'єрів; розкрити структуру та основні положення розробленої авторами моделі БДАН.

У дослідженні використано аналіз і узагальнення наукових джерел, порівняння, систематизацію та класифікацію теоретичних положень, педагогічне спостереження, аналіз практичного досвіду та моделювання з метою обґрунтування і практичного представлення розробленої авторами моделі безбар'єрної дидактичної архітектури навчання.

Інклюзія є важливим напрямом розвитку сучасної освіти, який забезпечує реалізацію права кожної людини на якісне навчання та особистісний розвиток. Її становлення пов'язане з переходом від підходу, за якого окрема дитина має адаптуватися до вже наявної системи навчання, до підходу, що передбачає трансформацію самого освітнього середовища, зокрема його організації, змісту, форм та способів взаємодії.

Інклюзивний підхід передбачає можливість варіювати способи подання інформації, організації діяльності та демонстрації результатів за умови збереження визначеної навчальної мети. Якщо труднощі виникають через складну інструкцію, надмірний обсяг однотипної інформації, відсутність візуальної опори, жорстко встановлений спосіб виконання завдання або неможливість використати альтернативний спосіб відповіді, педагогічна увага має бути спрямована не лише на корекцію дій учнів, а й на зміну відповідного компонента освітнього процесу. Саме таке розуміння інклюзії безпосередньо пов'язане з концепцією освіти без бар'єрів.

Безбар'єрність в освіті передбачає створення умов, за яких фізичні, інформаційні, комунікативні, організаційні, психологічні та дидактичні та інші перешкоди не обмежують участь учня в навчанні. Йдеться не тільки про усунення вже наявних перешкод, а й про їх прогнозування ще на етапі педагогічного проєктування. Саме тому інклюзивна освіта та освіта без бар'єрів мають спільну ціннісну основу, але акцентують увагу на різних аспектах: інклюзія визначає принцип включення кожного учня до спільного освітнього процесу, а безбар'єрний підхід конкретизує вимоги до його організації [2, 3].

У цьому контексті інклюзивне освітнє середовище можна розглядати як систему взаємопов'язаних умов, які забезпечують учневі можливість отримувати інформацію, осмислювати її, виконувати навчальні дії, взаємодіяти з іншими учасниками освітнього процесу та демонструвати результат. Відповідно, якість інклюзивного середовища визначається не лише наявністю спеціальних ресурсів або додаткового супроводу, а й тим, наскільки гнучко побудована сама дидактична система. Чим більше навчальний процес передбачає різні способи доступу до змісту та різні способи діяльності, тим нижчою є ймовірність того, що особливості конкретного учня перетворяться на бар'єр для його участі.

Інклюзивна освіта потребує зміни підходів до педагогічного проєктування. Учитель має враховувати не лише зміст навчального матеріалу та очікувані результати, а й потенційні труднощі, які можуть виникати на різних етапах уроку. Плануючи способи подання інформації, структуру завдання, організацію взаємодії та форми демонстрації результату, педагог фактично визначає рівень доступності освітнього процесу для різних учнів.

Важливою умовою реалізації інклюзивної освіти є партнерська взаємодія між усіма учасниками освітнього процесу. Учитель, асистент учителя, фахівці команди психолого-педагогічного супроводу та батьки мають діяти в межах спільної логіки підтримки. Їхнє завдання – створити такі умови, за яких учні зберігають максимально можливу самостійність, беруть участь у спільній діяльності та поступово розширюють власні можливості.

Окремого значення в умовах інклюзивної освіти набуває гнучкий підхід до оцінювання навчальних досягнень. Оцінювання має враховувати не лише кінцевий результат, а й індивідуальну динаміку навчання, докладені зусилля та доступні для учня способи виконання завдання. Використання різних форм і способів демонстрації знань дає змогу зменшити вплив освітніх бар'єрів та більш об'єктивно визначати реальні навчальні досягнення учнів.

Освітній бар'єр доцільно розглядати як перешкоду в організації освітнього процесу, що обмежує участь учнів у спільній діяльності, ускладнює доступ до навчальної інформації, виконання завдань, демонстрацію результатів або їх адекватне оцінювання.

Освітні бар'єри можуть виникати на різних етапах навчальної діяльності: від сприймання інформації до представлення та оцінювання результату. Наприклад, навчальний матеріал може бути недоступним через подання лише в одному форматі; інструкція – через надмірну складність або велику кількість одночасних дій; практичне завдання – через жорстко задану послідовність виконання;

групова робота – через відсутність зрозумілих правил взаємодії; а перевірка знань – через необхідність продемонструвати результат лише в одній формі.

На етапі сприймання інформації проблеми можуть виникати, коли матеріал подається лише в одному форматі – усно або виключно у вигляді тексту. Частина учнів може мати труднощі з розумінням довгих пояснень, складних текстових інструкцій, великого обсягу інформації або абстрактного матеріалу без візуалізації. У таких випадках доцільно використовувати алгоритми, опорні схеми, наочні матеріали.

Труднощі також можуть бути зумовлені необхідністю тривалого утримання уваги та одночасного виконання кількох операцій, складністю планування послідовності дій, недостатньою сформованістю окремих навчальних навичок.

Важливою складовою безбар'єрного навчання є усунення комунікативних бар'єрів. Учень може бути присутнім на уроці, але недостатньо залученим до спільної діяльності через труднощі висловлення думки, обмежені можливості взаємодії, страх помилки або надмірну конкуренцію в класі. Подоланню таких бар'єрів сприяють робота в парах і малих групах, чіткий розподіл ролей.

Часові бар'єри пов'язані з різним темпом навчання. Жорсткий єдиний темп роботи може призводити до ситуації, коли одні учні змушені чекати, а інші не встигають завершити роботу. Тому організація уроку має передбачати часову гнучкість, можливість працювати в різному темпі.

Для практики інклюзивного навчання важливо проєктувати урок так, щоб доступність, участь, навчальна діяльність, демонстрація, оцінювання результатів були взаємопов'язаними елементами єдиної дидактичної системи. Для практичного використання можна запропонувати алгоритм планування уроку.

Крок 1	Визначити навчальну мету. Що саме учні мають знати, розуміти, уміти після уроку?
Крок 2	Передбачити можливі бар'єри. Що може завадити окремим учням досягти цієї мети? Наприклад: великий обсяг тексту, складні терміни, необхідність швидко писати, тривалий усний виступ, складна інструкція, необхідність одночасно виконувати декілька дій.
Крок 3	Створити кілька способів доступу. Інформацію можна подати текстом, схемою, малюнком, моделлю, демонстрацією, практичною дією.
Крок 4	Передбачити варіативність виконання. Учень може написати, скласти схему, показати, намалювати, пояснити, виконати практичну дію.
Крок 5	Визначити єдині критерії результату. Незалежно від форми виконання має бути зрозуміло, що саме оцінюється.
Крок 6	Проаналізувати результат. Після уроку педагог визначає: які бар'єри вдалося усунути, які залишилися, які засоби виявилися ефективними, кому потрібна додаткова підтримка.

Цей алгоритм дозволяє розглядати безбар'єрність не як одноразовий захід, а як частину щоденного педагогічного планування.

Основні відмінності традиційної та безбар'єрної організації уроку наведено в табл. 1.

Табл. 1

Порівняння традиційної та безбар'єрної організації уроку

Традиційна організація уроку	Безбар'єрна організація уроку
Один спосіб подання інформації	Кілька способів подання інформації
Один формат відповіді	Кілька способів демонстрації результату
Помилка як недолік	Помилка як джерело навчання
Учитель є основним джерелом інформації	Учитель та асистент учителя пропонують учням різні способи взаємодії
Допомога окремій дитині після виникнення проблеми	Попереднє проектування доступного завдання
Орієнтація на середнього учня	Орієнтація на різноманітність учнів
Участь частини учнів може бути пасивною	Кожен учень має передбачену роль або спосіб участі

Бар'єри можуть виникати і на етапі представлення результату. Якщо учень має продемонструвати засвоєння матеріалу лише в один спосіб – через письмову відповідь, усний виступ або виконання графічного завдання, – сама форма перевірки стає перешкодою для об'єктивної оцінки знань. У цьому випадку варіативність форм відповіді дає змогу оцінити насамперед засвоєння матеріалу, а не здатність учня представити результат у певній формі.

Сучасні технології інклюзивного навчання, зокрема диференціація та універсальний дизайн навчання, визначають загальні принципи організації доступного освітнього процесу, однак не завжди конкретизують способи їх практичної реалізації в реальному класі, де всі учні працюють зі спільним змістом, але можуть використовувати різні способи навчальної діяльності. Це зумовлює потребу в моделі, яка дає змогу розглядати урок як цілісну систему, у якій кожен учень має доступ до навчального матеріалу та можливість працювати з ним різними способами.

У статті ми пропонуємо модель **безбар'єрної дидактичної архітектури навчання (БДАН)**, в основу якої покладено ідею: урок повинен бути організований так, щоб не було «виключених» учнів. Навчальний матеріал пропонується одночасно в різних формах, а діяльність учнів може поєднувати спостереження, роботу з текстом, візуальний аналіз і практичні завдання.

Безбар'єрну дидактичну архітектуру навчання розглядаємо як модель організації уроку, у якій поєднуються різні способи подання інформації та різні види навчальної діяльності, але зберігаються єдина логіка уроку, спільний зміст і визначений результат для всіх учнів. Така організація дає змогу зробити навчання більш доступним, структурованим і практично зручним для вчителя, який працює в умовах інклюзивного класу.

Принциповою особливістю моделі є перенесення акценту з диференціації учнів на диференціацію навчальних дій. На уроці всі учасники працюють із єдиним змістом і рухаються до спільного результату, але можуть по-різному сприймати інформацію, виконувати завдання, взаємодіяти та представляти результати. Така організація не передбачає спрощення змісту, а забезпечує його доступність завдяки варіативності способів навчальної діяльності.

При цьому підтримка учня в межах БДАН не повинна призводити до його ізоляції або заміни самостійної діяльності виконанням завдання іншою особою. Підтримка вбудовується в саму структуру навчальної діяльності через чіткі інструкції, візуальні опори, алгоритми, поетапне виконання, варіативність способів відповіді, додатковий час за потреби, парну або групову взаємодію та інші засоби, які допомагають учневі залишатися активним учасником спільного освітнього процесу.

Вихідною позицією є те, що потенційні освітні бар'єри мають бути передбачені ще на етапі дидактичного проєктування. Урок розглядається як цілісна система взаємопов'язаних елементів: подання інформації, організації діяльності учнів, взаємодії в класі та оцінювання. Якщо хоча б один із цих елементів створює труднощі для частини учнів, виникає дидактичний бар'єр, який обмежує їхню участь у навчанні.

Навчання будується як послідовність дидактичних станів, кожен із яких має бути доступним для всіх учнів без винятку. Це означає, що будь-яка навчальна дія — сприйняття інформації, її осмислення, виконання завдання та представлення результату не розглядається як єдиний жорстко заданий процес. Навпаки, кожен із цих етапів має кілька рівноцінних шляхів реалізації, які функціонують паралельно, а не як індивідуальні адаптації «для окремих дітей».

Потенційні труднощі аналізуються ще до проведення уроку. Педагогічне планування передбачає прогнозування можливих точок ускладнення для різних груп учнів. Проте замість того, щоб створювати окремі адаптовані матеріали, ці ускладнення усуваються шляхом перебудови способу подання інформації та структури завдання. У результаті навчальний процес набуває властивості «структурної гнучкості». Це означає, що всі учні працюють у межах однієї теми, але можуть входити в неї через різні канали сприйняття, різні форми діяльності та різні способи фіксації результату, які не є винятком із правила, а є нормою організації уроку.

Клас у межах моделі безбар'єрної архітектури навчання розглядається як динамічна навчальна система, в якій розподіл ролей не є фіксованим. Учні можуть виконувати різні функції в межах однієї навчальної задачі, що дозволяє компенсувати індивідуальні труднощі через кооперативну діяльність. При цьому важливо, що така взаємодія є важливою складовою уроку.

Отже, модель безбар'єрної дидактичної архітектури навчання забезпечує системну організацію освітнього процесу з урахуванням різних способів сприйняття інформації, виконання навчальних дій, взаємодії та демонстрації результатів. Її застосування спрямоване на попередження освітніх бар'єрів і створення умов для повноцінної участі кожного учня в спільному навчанні.

Список літератури

1. Про схвалення Національної стратегії розвитку інклюзивного навчання на період до 2029 року та затвердження операційного плану заходів з її реалізації на 2024–2026 роки: розпорядження Кабінету Міністрів України від 07.06.2024 № 527-р.
2. Про внесення змін до Національної стратегії із створення безбар'єрного простору в Україні на період до 2030 року: розпорядження Кабінету Міністрів України від 25.03.2025 № 294-р.
3. Прохоренко Л. І. Інклюзивність та безбар'єрність освітнього простору: діти з особливими освітніми потребами. Освіта осіб з особливими потребами: шляхи розбудови. 2024. № 2 (25). С. 203–219.
4. Колупаєва А. Універсальний дизайн у підготовці та навчанні: підходи, визначення та використання / А. Колупаєва, Л. Наконечна // Освіта осіб з особливими потребами: шляхи розбудови. – (13). – 2017. – с. 18–22
5. Колупаєва А. А. Навчання дітей з особливими освітніми потребами в інклюзивному середовищі: навчально-методичний посібник /А.А. Колупаєва, О.М. Таранченко. – Харків: Вид-во «Ранок», 2019. – 304с

КАЗКОТЕРАПЕВТИЧНІ СТРАТЕГІЇ РОБОТИ З ДИТЯЧИМИ КОНФЛІКТАМИ

Казачінер Олена Семенівна,

доктор педагогічних наук, професор,
професор кафедри корекційної психопедагогіки та здоров'я людини
Харківського національного педагогічного університету імені Г.С. Сковороди

Бойчук Юрій Дмитрович,

доктор педагогічних наук, професор,
дійсний член (академік) НАПН України,
професор кафедри спеціальної педагогіки, ректор
Харківського національного педагогічного університету імені Г.С. Сковороди

Галій Алла Іванівна,

кандидат біологічних наук, доцент,
доцент кафедри корекційної психопедагогіки та здоров'я людини Харківського
національного педагогічного університету імені Г.С. Сковороди

Вміння долати конфлікти є фундаментальною потребою для психічного розвитку, соціалізації та безпеки дитини. Конфлікти у дитячому віці є природними, оскільки через них дитина вчиться захищати власні кордони та розуміти чужі інтереси. Проте без правильного супроводу дорослих нерозв'язані суперечки можуть призвести до стресу, ізоляції або агресії.

Подолання конфліктів у дітей є необхідним для розвитку соціальних навичок, емоційної зрілості та вміння захищати свої кордони мирним шляхом. Вирішуючи суперечки, дитина вчиться знаходити спільну мову, розуміти чужі почуття та будувати здорові стосунки замість того, щоб уникати проблем чи агресивно реагувати.

Необхідність навчати дітей вирішувати конфлікти обумовлено кількома причинами: 1) розвиток емоційного інтелекту: дитина вчиться розпізнавати свої емоції (гнів, образи) та контролювати їх; 2) формування емпатії: з'являється розуміння, що інші люди теж мають почуття та власні інтереси; 3) соціальна адаптація: конструктивне розв'язання суперечок допомагає легше знаходити друзів і будувати міцні стосунки; 4) психічне здоров'я: знижується рівень тривожності через невисловлені образи та пригнічений гнів; 5) запобігання булінгу: вміння відстоювати себе словесно зупиняє агресію на ранніх етапах.

Аналіз наукових праць із теми дослідження свідчить про те, що питання особливостей проявів, причин виникнення конфліктів у дитячих колективах, а також професійної підготовки педагогів до конструктивного їх вирішення було предметом студіювань таких авторів, як Т. Антипчук [1], Ю. Волинець, Н. Стаднік [2], І. Коновальчук [3; 4], Г. Шульга [5] та інших.

Казкотерапія – це ефективний метод вирішення дитячих конфліктів через метафору, де дитина проживає ситуацію безпечно для своєї психіки. Казкотерапевтичні стратегії роботи з дитячими конфліктами базуються на принципі метафоричного перенесення реальної проблеми у вигаданий світ, що дозволяє дитині безпечно проаналізувати ситуацію, знизити рівень агресії та знайти конструктивні виходи з кризи. Замість прямих зауважень педагог чи психолог пропонує метафору, де казкові герої переживають схожі суперечки.

Для того, щоб застосувати метод казкотерапії з метою з'ясування причин, вирішення дитячих конфліктів та їх запобігання, потрібно уточнити, який вік дітей, що конфліктують, у чому основна причина суперечок (боротьба за лідерство, іграшки, прояви агресії), це робота з групою дітей чи індивідуальна терапія?

Нами було запропоновано **основні стратегії казкотерапії для вирішення дитячих конфліктів:**

- Стратегія проєкції та ідентифікації: Дитина ототожнює себе з персонажем, який має схожі труднощі у спілкуванні, що допомагає подивитися на конфлікт збоку.

- Стратегія зміни фіналу: Учасникам пропонується переписати кінцівку відомої або нової казки, щоб знайти мирне компромісне рішення.

- Стратегія децентрації (погляду очима іншого): Дитина дивиться на конфлікт очима іншого персонажа. Це розвиває емпатію та знімає егоцентризм. Створення сюжетів, де головний герой раптово міняється місцями зі своїм «кривдником», щоб зрозуміти мотиви іншої сторони.

- Стратегія метафоричного моделювання: Проживання гарячого конфлікту через протистояння стихій чи вигаданих істот (наприклад, «Острів Сварливих Драконів»), що знімає особисту напругу. Через образи казкових істот (драконів, штормів) дитина легалізує та випускає свій гнів чи образу без шкоди для оточуючих.

- Стратегія моделювання альтернатив. У сюжеті створюються розвилки, де герої обирають різні способи реагування. Дитина бачить наслідки агресії та компромісу.

- Стратегія трансформації образу. Негативний персонаж (агресор) під час казки змінюється, розкриває свої мотиви або перевиховується.

Методи та техніки реалізації стратегій є різноплановими:

- Спільне складання. Дорослий починає історію, а дитина пропонує свої варіанти виходу з кризи.

- Зміна фіналу. Переписування відомої казки, де герої замість бійки знаходять компроміс.

- Ляльковий театр за сюжетом казки: Маніпулювання іграшками дозволяє дітям відреагувати гнів і тілесно відпрацювати навички примирення. Програвання конфліктних сцен за допомогою ляльок або іграшок.

- Казкове малювання: Зображення конфліктного моменту казки та його «безпечне» розмальовування чи трансформація на папері. Зображення конфлікту, а потім «домальовування» елементів, які мирять сторони.

□ Медитативні казки: Використовуються після конфлікту для емоційного розвантаження, розслаблення та відновлення почуття безпеки.

□ Обговорення та аналіз: Спільний пошук відповідей на запитання: «Чому виникла сварка?», «Що відчували герої?», «Як можна було вчинити інакше?».

Сказане вище дозволило нам розробити такий **алгоритм побудови корекційної казки, що спрямований на навчання дитини вирішувати той чи інший конфлікт:**

1. Знайомство з героями: Створення образу персонажа, який за характером та поведінкою схожий на конфліктуючу дитину.

2. Опис проблеми: Введення в сюжет ситуації суперечки (боротьба за іграшку, лідерство, невміння ділитися).

3. Кульмінація та емоційне піке: Загострення конфлікту, коли старі методи (бійка, образи) призводять героя до самотності або глухого кута.

4. Поява помічника / Осяяння: Зустріч із мудрим персонажем або настання події, яка підказує нову модель поведінки.

5. Розв'язка та інтеграція: Успішне вирішення конфлікту за допомогою діалогу, фіксація позитивного досвіду.

Наведемо приклади сюжетів казок, розділених за типовими причинами дитячих конфліктів.

1. Конфлікт через іграшки:

«Два ведмедики та одна малина»

□ **Сюжет:** У лісі жили два ведмедики – Бурчик і Топчик. Одного дня вони знайшли кущ із найбільшою, найсолодшою ягодою малини. Обидва схопилися за неї одночасно й почали кричати: «Вона моя!». Вони сперечалися так сильно, що розчавили ягоду. Малина стала непридатною для їжі, і обидва ведмедики залишилися ні з чим і заплакали. Наступного дня вони знайшли ще одну велику ягоду. Пам'ятаючи минулу помилку, Бурчик запропонував: «Нумо поділимо її навпіл». Вони так і зробили: кожен з'їв свою частину, і обидва залишилися щасливими та ситими.

□ **Мораль:** Якщо бути жадібним і битися, можна втратити все. Поділитися – це вигідно для кожного.

□ **Сюжет:** У лісовому садочку Лисеня та Зайченя схопили одну й ту саму машинку. Вони кричали: «Мое!», тягнули в різні боки, поки іграшка не зламалася. Обидва розплакалися. Тоді вихователь Борсук допоміг їм разом полагодити машинку. Вони домовилися: спочатку 5 хвилин грає Лисеня, а Зайченя будує для неї гараж, потім вони міняються.

□ **Ключова думка:** Речі можна використовувати по черзі, а спільна гра цікавіша за сварку.

2. Конфлікт лідерства: «Хто головний у пісочниці?»

□ **Сюжет:** Левеня Льова та Тигреня Тимко вирішили збудувати замок із піску. Льова кричав: «Я буду будувати вежу, а ти носи пісок, бо я головний!». Тимко образився: «Ні, я головний, я буду будувати, а ти носи!». Вони почали руйнувати роботу один одного і посварилися. Тоді до них підійшла Мудра Черепаха і сказала: «Великі замки будують команди, а не один головний». Вона

запропонувала Льові будувати правий бік замку, а Тимкові – лівий, а потім з'єднати їх гарним містком. Малюки спробували, і у них вийшов найкращий палац у лісі.

□ **Мораль:** Не обов'язково бути єдиним головним. Працювати разом на рівних – набагато цікавіше.

3. Конфлікт через образу та обзивання: «Їжачок та колючі слова»

□ **Сюжет:** Зайченя Вухань випадково штовхнуло Їжачка Кольку під час гри наздоганялки. Колька розізлився і назвав зайченя «незграбним мішком». Вуханю стало дуже боляче всередині, ніби його серце вкололи справжньою голкою. Він не захотів більше гратися і пішов додому. Їжачок залишився сам і зрозумів, що образив друга. Він прийшов до Зайченяти, приніс йому яблуко і сказав: «Вибач, я сказав це зі зла, бо мені було неприємно, що ти мене штовхнув. Я більше не буду обзиватися». Зайченя теж вибачилося за те, що було необережним, і «колючка» з його серця зникла.

□ **Мораль:** Слова можуть ранити, як голки. Завжди краще сказати про свої почуття спокійно, ніж обзивати іншого.

4. Прояв агресії та бійки (для тих, хто б'ється)

□ **Сюжет:** Маленький Дракончик, коли злився, вивергав вогонь і обпалював крильця друзям. Звірята почали його уникати. Дракончик сумував і почувався самотньо. Тоді мама навчила його секрету: коли всередині закипає вогонь, треба заплющити очі, тричі глибоко вдихнути та з усієї сили тупнути ногою або побігати. Дракончик спробував – вогонь згас, ніхто не постраждав, і друзі повернулися.

□ **Ключова думка:** Злитися – це нормально, але виражати злість треба так, щоб не робити боляче іншим.

5. Конфлікт між братами та сестрами (ревнощі)

□ **Сюжет:** у родині єнотів народився малюк. Старший братик думав, що батьки тепер люблять лише маленького, і постійно забирав у нього речі та вередував. Одного разу тато-Єнот узяв велику свічку і сказав: «Моя любов – це вогонь». Він запалив свічку старшого, а потім від неї ж – свічку молодшого. Вогонь першої свічки не зменшився. Тато пояснив, що любові в серці батьків вистачить на обох.

□ **Ключова думка:** Поява молодшого не зменшує любові до старшого; старший – це захисник і головний помічник.

Таким чином, наприкінці тез можна дійти висновку про те, що подолання конфліктів у дітей є необхідним для розвитку соціальних навичок, емоційної зрілості та вміння захищати свої кордоні мирним шляхом. Вирішуючи суперечки, дитина вчиться знаходити спільну мову, розуміти чужі почуття та будувати здорові стосунки замість того, щоб уникати проблем чи агресивно реагувати.

Нами було запропоновано основні стратегії казкотерапії для вирішення дитячих конфліктів: стратегія проєкції та ідентифікації, стратегія зміни фіналу, стратегія децентрації (погляду очима іншого), стратегія метафоричного

моделювання, стратегія моделювання альтернатив, стратегія трансформації образу.

Методи та техніки реалізації цих стратегій є різноплановими: спільне складання, зміна фіналу, ляльковий театр за сюжетом казки, казкове малювання, медитативні казки, обговорення та аналіз.

Сказане вище дозволило нам розробити алгоритм побудови корекційної казки, що спрямований на навчання дитини вирішувати той чи інший конфлікт.

Проведене дослідження не вичерпує усіх аспектів задекларованого питання. Перспективою подальших наукових пошуків може, на нашу думку, стати розробка програми та методичних рекомендацій для вихователів закладів дошкільної освіти, вчителів початкової школи, асистентів учителя / вихователя, практичних психолога щодо використання казкотерапевтичних технологій для допомоги дітям навчитися вирішувати конфлікти.

Список літератури

1. Антипчук, Т. (2026). Формування навичок вирішення конфлікту в здобувачів освіти старшого дошкільного віку як важлива умова розвитку соціально-емоційної компетентності. *New pedagogical thought*, 126 (2), 38-44.
2. Волинець, Ю. О., & Стаднік, Н. В. (2019). Особливості проявів конфліктів у дітей старшого дошкільного віку в ігровій діяльності. URL: https://www.narodnaosvita.kiev.ua/?page_id=5956
3. Коновальчук, І. М. (2011). Психологічні аспекти виникнення та корекції конфліктів батьків і дітей молодшого шкільного віку. *Вища освіта в медсестринстві: проблеми і перспективи*, 135-138.
4. Коновальчук, І. М. (2018). Умови конструктивної взаємодії батьків і дітей у ситуації конфлікту. *Підготовка фахівців у контексті становлення Нової української школи*, 70-74.
5. Шульга, Г. (2013). Теоретико-методичні аспекти підготовки майбутнього вихователя до конструктивного вирішення конфліктів у дітей дошкільного віку. *Modern Information Technologies and Innovation Methodologies of Education in Professional Training Methodology Theory Experience Problems*, 35, 74-79.

МОДИФІКАЦІЯ БПЛА ШЛЯХОМ ДОДАВАННЯ ПРИСТРОЮ BUZZER JHE42B-S ДЛЯ ВИКОРИСТАННЯ У НАВЧАЛЬНИХ ЦІЛЯХ

Хмарюк Владислав Олександрович,

Викладач кафедри радіотехнологій
Військовий інститут телекомунікацій та інформатизації імені Героїв Крут

Раєвський Вячеслав Миколайович,

Доцент кафедри радіотехнологій
Військовий інститут телекомунікацій та інформатизації імені Героїв Крут

Дерев'янка Андрій Андрійович,

курсант
Військовий інститут телекомунікацій та інформатизації імені Героїв Крут

Глушук Богдан Вікторович,

курсант
Військовий інститут телекомунікацій та інформатизації імені Героїв Крут

Душенко Максим Іванович,

курсант
Військовий інститут телекомунікацій та інформатизації імені Героїв Крут

FPV-дрони широко використовуються для практичної підготовки операторів безпілотних літальних апаратів. Навчання передбачає виконання польотів в різних умовах, відпрацювання навичок управління, проходження маршрутів та виконання завдань, пов'язаних із пошуком та поверненням безпілотного апарату після завершення польоту. Однією з практичних проблем під час експлуатації малогабаритних FPV-дронів є складність їх пошуку після аварійної посадки, падіння або втрати візуального контакту. Особливо актуальною ця проблема є під час навчальних польотів, коли значна кількість польотів виконується на відкритій місцевості, а місце приземлення апарату може бути віддаленим від оператора.

Одним із варіантів вирішення цієї проблеми є встановлення на FPV-дронах додаткового автономного звукового пристрою Buzzer JHE42B-S. Типова конструкція FPV-дрону складається з рами, камери, безколекторних електродвигунів, регулятора обертів моторів, польотного контролера, приймача команд управління, відеопередавача та акумуляторної батареї. Для підвищення функціональності навчального апарату до його складу можуть додаватись допоміжні пристрої [1].

Buzzer JHE42B-S є компактим звуковим пристроєм, який може використовуватись для формування акустичного сигналу [2]. Його встановлення на FPV-дрон дає можливість створити додатковий канал індикації стану апарату та, залежно від реалізації підключення та програмного забезпечення польотного контролера, використовувати звукову сигналізацію для пошуку дрона Рис.1.



Рисунок 1. Buzzer JHE42B-S

Джерело рисунка: https://www.jhemcu.com/e_products/show/?55-JHEMCU-JHE42B-S-Finder-BB-Ring-100dB-Buzzer-Alarm-with-LED-Light-Support-BF-CF-Flight-55.html

Інтеграція пристрою здійснюється на основі можливостей конкретного польотного контролера. У сучасних польотних контролерах передбачені спеціальні виходи або контактні майданчики для під'єднання додаткових пристроїв. Керування пристроєм може здійснюватися сигнально через відповідний тумблер (канал) на радіоапаратурі налаштованих завчасно в прошивці контролера Рис.2.

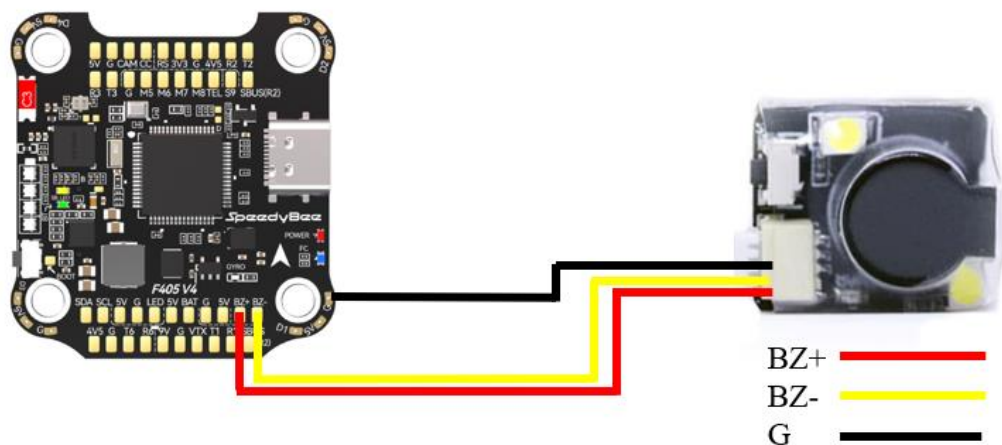


Рисунок 2. Схема підключення Buzzer JHE42B-S

Джерело рисунка: розробка автора

Важливим перевагою такого рішення є відносно проста конструктивна інтеграція. Додатковий пристрій не вимагає значної зміни конструкції рами та

може бути встановлений на навчальний БпЛА як окремий функціональний модуль.

Під час модифікації необхідно враховувати кілька факторів: робоче напруження пристрою, спосіб його підключення до польотного контролера, споживання струму, масу додаткового обладнання та надійність кріплення. Неправильне підключення може призвести до пошкодження електронних компонентів, тому перед монтажем необхідно перевірити електричну схему конкретної моделі Buzzer JHE42B-S та сумісність із використовуваним польотним контролером [3].

Використання Buzzer JHE42B-S у складі навчального БпЛА може бути корисним для проведення практичних занять, під час яких відпрацьовуються навички експлуатації, технічного обслуговування та пошуку безпілотних літальних апаратів.

Подальші дослідження можуть бути спрямовані на експериментальне визначення максимальної ефективної відстані виявлення звукового сигналу в різних умовах, оцінювання впливу додаткової маси на літні характеристики БпЛА та дослідження можливості автоматичної активації звукового пристрою після втрати зв'язку з оператором.

Список літератури

1. Betaflight. Official Documentation and Configuration Guide.
<https://betaflight.com/docs/wiki/getting-started/setup-guide>
2. JHEMCU. JHE42B-S Buzzer — технічна документація виробника.
https://www.jhemcu.com/e_productshow/?55-JHEMCU-JHE42B-S-Finder-BB-Ring-100dB-Buzzer-Alarm-with-LED-Light-Support-BF-CF-Flight-55.html
3. Betaflight Documentation. Flight Controller Configuration and Buzzer Setup.
https://betaflight.com/docs/development/manufacture/fc_documentation/fc-doc-example

ANALYSIS OF THE CURRENT UTILIZATION OF RENEWABLE AND ALTERNATIVE ENERGY SOURCES IN EUROPEAN COUNTRIES

Mysak Stepan,

Cand.sc.(tech.), assoc.prof., Chief specialist
PrJSC "LvivORGRES"

Shapoval Stepan

Dr. sc. (tech.), prof., Professor
NU "Lviv Polytechnic"

Kuznetsova Marta

Cand.sc.(tech.), assoc.prof., Associate professor,
NU "Lviv Polytechnic"

Pryshliak Yurii

Assistant
NU "Lviv Polytechnic"

The research considers the contribution of renewable and alternative energy sources in gross final energy consumption for some European countries. In particular, the share of biomass, biofuel and waste, wind energy, solar energy, energy from heat pumps, and geothermal energy in gross final energy consumption was analyzed for the Netherlands, Germany, France, Poland, and Ukraine. Data on various renewable and alternative sources for these countries are also compared. In addition, the prospects for increasing the use of these energy sources in gross final energy consumption of the specified European countries are analyzed and compared.

The consequences of recent climate change, driven by rapid global warming that threatens the safety of modern life, have compelled the world to seek solutions to these problems. In 2015, the Paris Agreement was adopted under the UN Framework Convention on Climate Change (UNFCCC) with the aim of strengthening the capacity to adapt to the adverse effects of climate change and preventing the average global temperature from rising by more than 2 °C and ideally by no more than 1.5 °C compared with pre-industrial levels [1]. The countries and associations of countries that signed the agreement pledged to develop national plans aimed at reducing greenhouse gas (GHG) emissions into the atmosphere, to integrate these plans into their economies, and to revise them every five years in order to ensure sustainable development [2].

In line with the objectives of the European Green Deal [3], the Clean Energy for All Europeans Package was adopted in 2019 and incorporated into the legislation of the EU member states to meet the commitments undertaken under the Paris Agreement.

Beyond the principal target of cutting GHG emissions by at least 40% relative to 1990 levels, as set out in the EU's 2030 Climate and Energy Framework [4], this package of energy rules establishes the following key goals to be achieved by 2030:

- under EU Directive 2018/2002 on energy efficiency - improving energy efficiency by at least 32.5% above the current level;
- under EU Directive 2018/2001 on the promotion of energy from renewable energy sources (RES) - securing a 32% share of energy from RES in gross final energy consumption

Compared to Ukraine, the EU is introducing strict rules for the reduction of GHG emissions. Namely, it is setting high carbon taxes and reforming its Emissions Trading Scheme (EU ETS) to give the industry an incentive to modernize. A flexible credit system (grants for covering part of the funds spent on the purchase of energy-efficient equipment or optimization of technological processes), and support for the European Green Transition initiative allow countries to attract financing on favorable terms.

According to [5, 6], bioenergy holds one of the highest development potentials among all RES, owing to favourable climatic conditions, the strengths of the agricultural sector, and the availability of the necessary workforce. It accounts for roughly 70% of energy consumption from renewable sources. The most widely used feedstocks are agricultural residues generated during harvesting and processing, animal manure, and energy crops, which serve as sources of solid fuel and biogas [7, 8].

To achieve these goals, for the first time, a methodology was developed to analyze the energy and climate plans of European countries, which allows determining the share of renewable energy consumption in a selected sector of the economy.

The share of the source (or technology) of renewable energy in gross final energy consumption for each year was determined as the ratio of the annual final energy consumption from this renewable energy source to gross final energy consumption of all sectors of economy:

$$k_{iRES} = \frac{E_{iRES}}{E} \cdot 100, \% \quad (1)$$

where E_{iRES} is the final energy consumption by the renewable energy source, PJ, TWh·h or ktoe; E is the gross final energy consumption of the economy, PJ, TWh·h or ktoe.

Since Table B10, and Table B28 in [9] contain the shares of renewable energy sources (technologies) in the energy consumption of the relevant sectors of economy – electric power, heating and cooling, and transport sector, then we propose to determine the total shares of RES energy consumption in the gross final energy consumption k_{iRES} as described below.

The share of final energy consumption from the renewable energy source in the sector of the economy equals to:

$$k_{iRES}^s = \frac{E_{iRES}^s}{E^s} \cdot 100, \% \quad (2)$$

where E_{iRES}^s is the final energy consumption from the renewable energy source in the sector of economy, PJ; E^s is the final energy consumption of the sector of the economy, PJ.

Since $E_{iRES} = E_{iRES}^s$ for a renewable energy source, from which all produced energy is consumed only by one sector of the economy, and $E_{iRES} = \sum E_{iRES}^s$ – by several economy sectors, then the share of the renewable energy source in gross final energy consumption k'_{iRES} , related to the consumption of all energy produced by one economy sector can be written as:

$$k'_{iRES} = k_{iRES}^s \cdot \frac{E^s}{E}. \quad (3)$$

The share of RES final energy consumption in the corresponding total sectoral energy consumption:

$$k_{iRES}^s = \frac{E_{iRES}^s}{E^s} \cdot 100\%, \quad (4)$$

where E_{iRES}^s is the final energy consumption from RES in the relevant sector of the economy [9, Table C2.7.1], PJ.

So, we obtain:

$$k'_{iRES} = k_{iRES}^s \cdot \frac{E_{iRES}^s}{k_{iRES}^s \cdot E} = \frac{k_{iRES}^s}{k_{iRES}^s} \cdot \frac{E_{iRES}^s}{E}. \quad (5)$$

Considering (1), the share of the RES in gross final energy consumption, related to the consumption of all energy produced by one economy sector equals

$$k'_{iRES} = \frac{k_{iRES}^s \cdot k_{iRES}}{k_{iRES}^s} \cdot \frac{E_{iRES}^s}{E_{iRES}}. \quad (6)$$

The share of the renewable energy source in gross final energy consumption, related to the consumption of all energy produced by several sectors of the economy is determined as:

$$k_{iRES} = \frac{\sum E_{iRES}^s}{E} \cdot 100 = \sum k'_{iRES}. \quad (7)$$

Using the proposed technique for the analysis of energy and climate plans, the actual and forecast shares of energy from biomass, biofuel, and waste (%) in gross final energy consumption were analyzed in Fig.1.

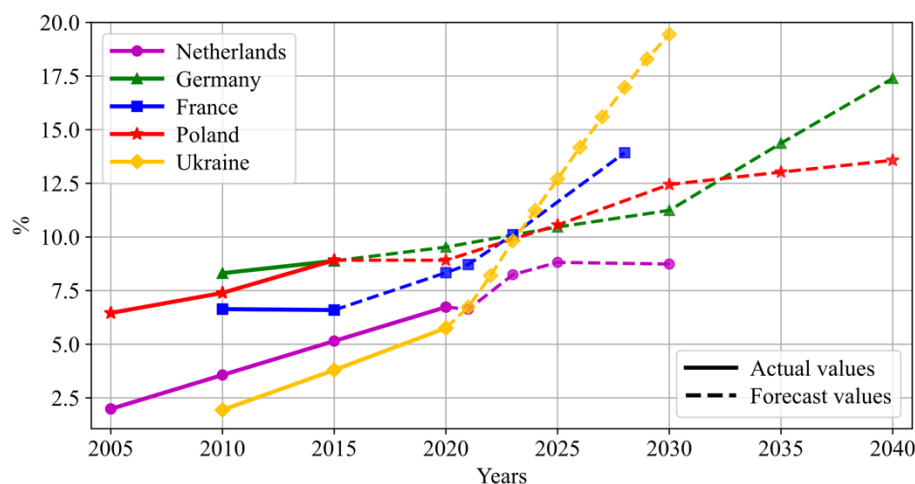


Fig. 1. Shares of energy from biomass, biofuel and waste in gross final energy consumption in Ukraine and the EU countries

Source of the figure: authors' own development

The actual values of the share are the values of the share recorded by the state monitoring services in the past years, which are represented by solid lines in the graphs, and by straight, normal font saturation – in the tables.

The predicted values of the share are the present and future values of the share based on the adopted model of the development of the state energy policy. They are shown by dotted lines in the graphs, and by italic, semi-rough font saturation – in the tables.

Based on the developed method of analyzing the shares of final energy consumption in the respective total sectoral energy consumption, the authors conducted an analysis and made the following conclusions. Today, the European countries are trying to intensify their plans to save energy, diversify energy resources and implement innovations to reduce GHG emissions. The research results show that the Netherlands and Germany are the leaders in the implementation of various renewable energy sources, Poland leads in the use of biomass, biofuel and waste, however, according to forecasts, Ukraine is going to occupy a leading position in this sector, and France prefers the use of heat pumps and hydropower.

References

1. Paris Agreement. United Nations, https://treaties.un.org/doc/Treaties/2016/02/20160215%2006-03%20PM/Ch_XXVII-7-d.pdf, last accessed 2023/03/25.
2. Transforming our world: the 2030 Agenda for Sustainable Development. A/RES/70/1. United Nations, <https://sustainabledevelopment.un.org/content/documents/21252030%20Agenda%20for%20Sustainable%20Development%20web.pdf>, last accessed 2023/03/15.
3. A European Green Deal. Striving to be the first climate-neutral continent, https://commission.europa.eu/strategy-and-policy/priorities-2019-2024/european-green-deal_en, last accessed 2023/04/01.

4. The 2030 climate and energy framework, <https://www.consilium.europa.eu/en/policies/climate-change/2030-climate-and-energy-framework/>, last accessed 2023/03/29.
5. About the National Renewable Energy Action Plan for the period up to 2030. Edition of 21.09.2022, https://saee.gov.ua/sites/default/files/DraftNPDVE_2030_SAE_21_09_2022.pdf, last accessed 2023/04/01.
6. Wiśniewska, M., Pusz, A., Rogalski, D.: Development of renewable energy sources (RES) in the European Union and Poland. *Pol. J. Sustain*, 101–112 (2020).
7. Sobczak, A., Chomac-Pierzecka, E., Kokiel, A., Rózycka, M., Stasiak, J., Sobón, D.: Economic Conditions of Using Biodegradable Waste for Biogas Production, Using the Example of Poland and Germany. *Energies* (15), 1–18 (2022).
8. Slusarz, G., Gołbiewska, B., Cierpiat-Wolan, M., Gołbiewski, J., Twaróg, D., Wójcik, S.: Regional Diversification of Potential, Production and Efficiency of Use of Biogas and Biomass in Poland. *Energies* (14), 1–20 (2021).
9. Our World in Data. Electricity production by source, France, <https://ourworldindata.org/energy/country/france>, last accessed 2023/03/27.

ВІЙСЬКОВІ АРХІВИ В УКРАЇНІ

Черняк Сергій Геннадійович

кандидат педагогічних наук, доцент,
старший науковий співробітник

Відділу інформації та використання документів,
Державний архів м. Києва

Умови воєнного конфлікту створюють серйозні виклики для архівних установ, які відповідають за збереження та обробку цінної документальної спадщини. Досвід цих установ у діяльності в умовах війни є надзвичайно важливим для збереження історичної пам'яті та забезпечення доступу до неї у майбутньому. У цьому контексті розуміння викликів та перспектив розвитку архівних установ допомагає фахівцям планувати заходи для підвищення стійкості архівної галузі. Від належної уваги до цих питань залежить ефективність збереження та відтворення архівних документів, а також забезпечення доступу до них для майбутніх поколінь [1, с. 74].

Створення військових архівів в Україні тісно пов'язане з діяльністю місцевих військових формувань, установ військового відомства Російської імперії — штабів, управлінь військової адміністрації, військових частин, з'єднань регулярної армії, військових заводів, арсеналів, госпіталів і навчальних закладів (військових гімназій, кадетських корпусів, військових училищ), місцевих відділів імператорського Російського воєнно-історичного товариства [2, с. 245].

Зауважимо, що Київський відділ імператорського Російського воєнно-історичного товариства заснований у жовтні 1908 року. Ставив за мету: дослідження в галузі воєнної історії; поширення воєнно-історичних знань; сприяння упорядкуванню архівів; збереженню, відновленню й спорудженню пам'ятників; проведенню археологічних досліджень; заснування спеціалізованих музеїв і бібліотек тощо. Відділ поширював свою діяльність на території Київського військового округу, до якого входили Київська, Подільська, Волинська, Полтавська, Харківська, Чернігівська, Курська губернії й Хотинський повіт Бессарабської губернії [3, с. 254].

Розпорошення військово-архівних фондів і втрата їх цінних документів зумовлювалися тим, що тривалий час у військовому відомстві не існувало загальних правил, які б визначали найважливіші функції архівів. Законодавство Військового міністерства стосовно архівів почало формуватися лише в ХІХ столітті. Законодавчі акти, узагальнюючи традиції, що склалися в архівному зберіганні документів, впливали на розвиток військових архівів в Україні. Накази, постанови, правила, узаконення, розпорядження військового відомства торкалися всіх сторін військово-архівної справи: формування архівів при військових канцеляріях, упорядкування військових архівних фондів, забезпечення зберігання архівних документів, порядку знищення старих

архівних справ, а також передавання військових архівів при мобілізації військових частин, штабів і управлінь чи їх розформуванні [2, с. 247].

Наголосимо, що основна робота Київського відділу імператорського Російського воєнно-історичного товариства зосереджувалася в комісіях: архівній та бібліотечній (голова В. Іконников), музейній (В. Драгомиров), будівельній (К. Холостов), ревізійній (К. Новогребельський), редакційній (М. Ходорович, з липня 1911 року — М. Наркевич), зйомок і знімків (начальник Управління Київської військової топографічної зйомки Ю. Шмідт, з 1910 року — начальник 33-ї піхотної дивізії О. Зегелов) [3, с. 254].

Завідування архівом у військових частинах покладалося на ад'ютантів. За їхнім дозволом з архівів видавалися справи і книги (крім секретних) для довідок. справи видавалися з архіву для наведення довідок при наявності записки столоначальника. Ці записки залишалися в архіві як розписки в отриманні справ, а після повернення останніх до архіву поверталися до структурних підрозділів (столів) канцелярії, де знищувалися. Положення Військової Ради від 25 липня 1862 року встановлювало нові правила зберігання справ військових частин, які виступали в похід. Старі справи мобілізованих частин з описами здавалися командирам місцевих батальйонів внутрішньої сторожі. У відання останніх на час походу військових частин надходили книги з унтер-офіцерськими формулярами. До обов'язків командирів місцевих батальйонів входило не лише розпорядження про своєчасне зосередження справ мобілізованих військових частин у віданні батальйону для постійного зберігання, але й надання з цих справ необхідних довідок. При неможливості розміщення залишених військами архівів у будівлях місцевого батальйону внутрішньої сторожі їм відводилися окремі приміщення цивільного відомства [2, с. 251 – 252].

На сьогодні головною установою, що зберігає документи про військових та історію армії в країні, є Галузевий державний архів Міністерства оборони України. Архів обслуговує структурні підрозділи Міноборони, Генерального штабу ЗСУ, військові частини, навчальні заклади та інші установи Збройних Сил України.

Отже, військові архіви в Україні стали відродженням національних традицій архівної справи. Демократизація та деідеологізація архівної системи, поглиблення інтеграції України в міжнародну архівну систему, формування самостійного Національного архівного фонду виявилось у розширенні доступу, посиленні галузевого підходу до архівної інформації.

Список літератури

1. Андибор, А. А. Інформаційно-аналітичне забезпечення архівних установ в умовах війни: досвід, виклики та перспективи. Інформаційні технології і системи в документознавчій сфері: збірник матеріалів ІХ Всеукраїнської наукової студентської конференції (м. Вінниця, 12 квітня 2024 р.) / ред. кол. Г.П. Лукаш, О.М. Анісімова та ін. Вінниця: ДонНУ імені Василя Стуса, 2024. С. 74 – 76.
2. Нариси історії архівної справи в Україні / За заг. ред. Ірини Матяш, Катерини Климової. Київ: Видавничий дім «КМ Академія», 2002. 612 с.

3. Енциклопедія історії України: Т. 4: Ка – Ком / Редкол.: В.А. Смолій (голова) та ін. НАН України. Інститут історії України. Київ: В-во «Наукова думка», 2007. 528 с.

СИСТЕМА ДОСТУПНОЇ НАВІГАЦІЇ ДЛЯ МАЛОМОБІЛЬНИХ ГРУП НАСЕЛЕННЯ

Бойко Ірина Володимирівна,

Студентка магістратури спеціальності «Комп'ютерні науки»
Національний Університет «Львівська Політехніка»

ВСТУП

Актуальність побудови маршрутів для маломобільних груп населення зумовлена тим, що близько 1,3 млрд осіб у світі мають істотні порушення здоров'я, і значна їх частина стикається з обмеженнями рухливості під час пересування містом [1]. Стаття 9 Конвенції про права осіб з інвалідністю зобов'язує держави забезпечувати доступність фізичного оточення [2], а будівельні норми встановлюють граничні значення поздовжнього похилу, ширини проходу та висоти перепаду, за яких шлях вважається придатним для крісла колісного [3]. Масштаб проблеми підтверджують і дослідження доступної навігації: обстеження понад 400 ділянок у передмісті Афін показало, що доступними для фізично здорових пішоходів є 82 % тротуарів, тоді як для осіб із фізичними порушеннями — лише 7 % [4].

Неповнота вхідних даних є ключовою, проте недостатньо дослідженою перешкодою для побудови інклюзивних маршрутів. Позначення поздовжнього похилу, висоти бордюру та ширини проходу заповнено лише для мізерної частки ребер мережі, тобто вулиць, сполучень тощо, тому точний пошук найкоротшого шляху, який спирається на повністю відому вартість, у такому середовищі фактично працює на здогадах там, де атрибути відсутні. Наявні засоби маршрутизації або відкидають ребро з невідомим атрибутом, або вважають його прийнятним. Не було проведено досліджень, як саме повнота атрибутів впливає на побудову інклюзивних маршрутів. Це створює потребу в методі, здатному свідомо враховувати та компенсувати таку невизначеність оточення, а не ігнорувати її.

Мета дослідження полягає у розробленні та експериментальній перевірці методу прокладання пішохідних маршрутів для маломобільних груп населення, стійкого до неповноти опису атрибутів доступності мережі. За основу (backbone) взято багаторівневу модель доступної маршрутизації Kaselouris et al. (2025) [4], доповнену механізмом штрафу за невизначеність ребра, який дає змогу алгоритму свідомо уникати ризикованих ділянок за умов неповної спостережуваності атрибутів.

Завдання, які потрібно виконати:

- проаналізувати наявні засоби прокладання доступних маршрутів і встановити, як вони поведуться за відсутності атрибутів доступності;
- зібрати мережу пішохідних сполучень із відкритих джерел для восьми міст і оцінити повноту опису атрибутів доступності;

- відтворити базову багаторівневу модель Kaselouris (шарувату модель станів «вузол – кількість порушень») і дослідити її чутливість до штучно змодельованої неповноти атрибутів;
- розробити стійкий (robust) варіант методу, який присвоює ризиковий штраф невідомим і завідомо непридатним ребрам;
- порівняти базовий і стійкий варіанти за рівнем порушень (violation rate), коефіцієнтом об'їзду (detour ratio) та часом обчислення на восьми містах, п'яти рівнях спостережуваності та трьох профілях користувачів;
- установити, як залежність рівня порушень від рівня неповноти даних змінюється між базовим і стійким варіантами.

Об'єкт дослідження: процес прокладання пішохідного маршруту в мережі з частково відомими (замаскованими) атрибутами доступності.

Предмет дослідження: методи стійкого до невизначеності багаторівневого пошуку маршруту зі штрафом за ризик ребра, що застосовуються для профілів wheelchair, limited_mobility, low_endurance.

Результати дослідження мають практичне застосування у створенні застосунків маршрутизації, які залишаються надійними за умов неповних відкритих даних, а також у оцінюванні їхньої доступності за заданими метриками.

1 АНАЛІЗ ЛІТЕРАТУРНИХ ДЖЕРЕЛ

Найповніше опрацьованим напрямом є побудова спеціалізованих пішохідних мереж із подальшим точним пошуком у них. Система AccessMap будує окрему мережу тротуарів і переходів та обчислює вартість переміщення як функцію поздовжнього похилу з індивідуально заданими межами прийнятності [5]. Підхід дає відтворювані результати, проте вимагає попереднього ручного або напівавтоматичного укладання мережі та припускає, що потрібні атрибути відомі; за їхньої відсутності ділянку вважають прийнятною.

Загальнодоступні служби маршрутизації надають окремий профіль для крісла колісного, у якому користувач задає граничні значення похилу, ширини та типу покриття [6]. Документація прямо зазначає, що за відсутності позначення ділянку буде оброблено за значенням за замовчуванням, тобто фактично прийнято рішення замість користувача. Тому такий профіль надійний лише в межах щільно описаних територій.

Питання надійності повноти даних досліджували окремо. Оцінювання відтворюваності маршрутів для крісла колісного за добровільно зібраними геоданими показало, що частка ребер із достатнім набором атрибутів залишається невеликою навіть у великих містах, а розподіл заповнених позначень нерівномірний [7]. Дослідження придатності добровільно зібраних наборів для спеціалізованої маршрутизації дійшло висновку, що наявної повноти недостатньо для гарантованого прокладання доступного шляху [8]. Зведена статистика використання позначень підтверджує ці оцінки в масштабі всієї бази [9].

Модель Kaselouris et al. (2025) [4], взята за основу цього дослідження, формулює задачу доступної маршрутизації як два послідовні завдання пошуку

найкоротшого шляху: перше — лише доступними ребрами, друге — з допустимим одним порушенням, і на цій основі визначає категорію маршруту (tier): *accessible*, *alternative* або *inaccessible*. Модель верифікована на згаданому натурному обстеженні в передмісті Афін і реалізована як мобільний застосунок, що демонструє її практичну придатність. Проте, як і попередні роботи, вона спирається на припущення, що потрібні атрибути доступності відомі за результатами польового обстеження; поведінка алгоритму за часткової відсутності атрибутів у роботі не розглядається.

Суміжний, але відмінний напрям стосується не відсутності атрибутів, а суб'єктивності їхньої оцінки. Робота [10] пропонує адаптивний ваговий нечіткий (*fuzzy*) метод оцінювання доступності тротуарів для користувачів крісел колісних, який враховує вплив довжини сегмента на суб'єктивне сприйняття складності маршруту, і демонструє покращення результатів маршрутизації порівняно зі стандартною нечіткою моделлю інструмента *MobiliSIG* на прикладі Квебека. Цей підхід удосконалює інтерпретацію вартості ребра за умови, що значення атрибутів відомі, але не розглядає ситуацію, коли самі значення в джерелі даних відсутні.

Отже, наявні роботи або передбачають повний опис атрибутів (*AccessMap*, комерційні профілі *wheelchair*, модель *Kaselouris*), або вдосконалюють інтерпретацію вже відомих атрибутів (адаптивна нечітка модель оцінювання доступності), або лише констатують неповноту відкритих геоданих, не пропонуючи методу протидії їй (дослідження відтворюваності та придатності *OpenStreetMap*). Поєднання шаруватої моделі доступної маршрутизації з явним механізмом штрафу за невизначеність ребра, перевірене на контрольованому діапазоні рівнів неповноти даних, і становить незайняту нішу, якій присвячено це дослідження.

2 МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ

Загальну будову системи подано на рисунку 1. Мережу пішохідних сполучень було зібрано з відкритої картографічної бази для восьми міст; для кожного профілю рухливості ребра класифікують за наявними атрибутами, після чого частину атрибутів штучно маскують для моделювання різних рівнів неповноти даних, а базовий і стійкий варіанти алгоритму *Kaselouris* прокладають маршрут і порівнюються за сукупним штрафом та метриками.

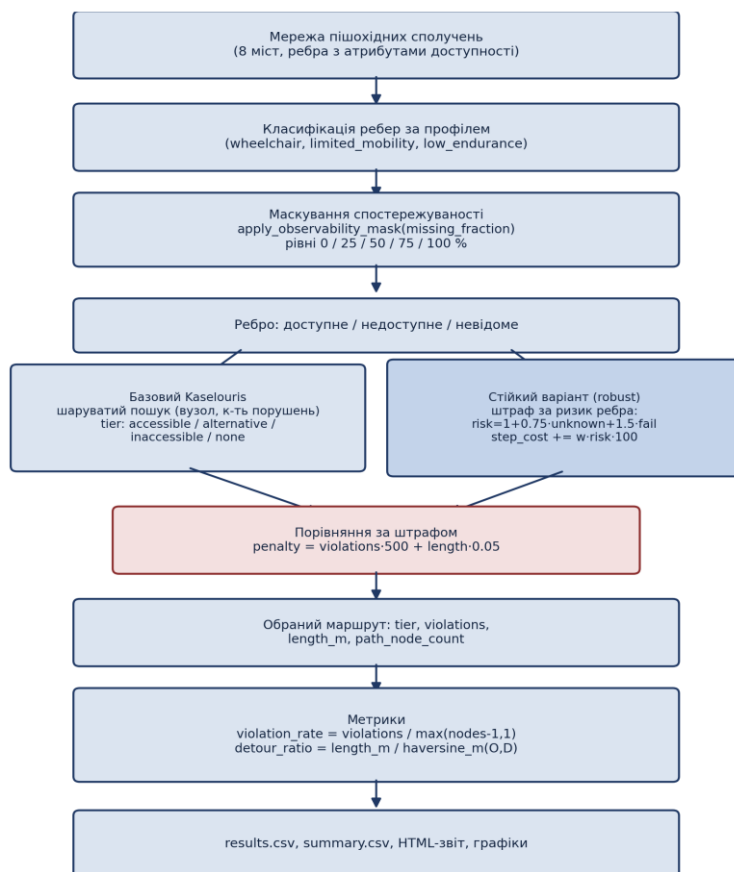


Рис. 1. Архітектура системи оцінювання стійкої доступної маршрутизації
Джерело рисунка: розроблено авторами

2.1 Набір даних

Мережу пішохідних сполучень зібрано з відкритої картографічної бази OpenStreet Map для восьми міст (Берлін, Гамбург, Київ, Лісабон, Львів, Порту, Прага, Таллінн). Для кожного ребра збережено довжину, тип покриття, ширину проходу, наявність сходів, висоту бордюру та поздовжній похил там, де їх позначено. Нахил вулиць додатково відновлено з цифрової моделі висот (DEM), у якій вилучено рослинність і будівлі [11], що дало змогу оцінити його для частини ребер без прямого позначення. Наявність атрибутів суттєво відрізняється між містами. Найповніше в наборі представлені дані про поздовжній нахил: частка ребер із заповненим значенням `incline_percent` становить приблизно 99,3–100,0% у різних містах. Значно рідше наявні відомості про тип покриття та його стан: частка заповнених значень `surface` варіює від 43,3% у Львові до 90,2% у Гамбурзі, тоді як `smoothness` має ще більшу варіативність: від 4,6% у Порту до 48,5% у Берліні. Інші атрибути, безпосередньо пов'язані з доступністю для маломобільних користувачів, представлені значно слабше: дані про бордюри (`kerb`), придатність для крісла колісного (`wheelchair`) та наявність пандусів (`ramp`) заповнені лише для незначної частки ребер.

Для узагальнення рівня неповноти визначено середню частку відсутніх значень за дев'ятьма атрибутами доступності. Середній рівень `missingness` для восьми міст становить приблизно 76,7%, тобто в середньому лише близько 23,3%

значень відповідних атрибутів є заповненими. Найменший середній рівень неповноти спостерігається в Берліні та Гамбурзі (71,4% та 71,3% відповідно), а найбільший — у Львові (82,3%). Детальні значення наведено в таблиці 1.

Таблиця 1. Обсяг зібраної мережі пішохідних сполучень

Місто	Кількість ребер	Середня частка наявних значень, %
Берлін	28 787	28,6
Гамбург	15 395	28,7
Таллінн	9 729	25,8
Прага	26 247	24,4
Лісабон	14 291	22,6
Київ	14 468	19
Порту	10 850	19,3
Львів	12 466	17,7
Середнє значення	16 529	23%

Дані таблиці 1 показують, що придатним для безпосереднього використання без додаткових припущень є фактично лише тип покриття, тоді як обидва атрибути, що визначають подолання перепаду висоти, позначено для часток порядку однієї десятої відсотка. Саме ця неповнота і моделюється надалі як змінний рівень спостережуваності.

2.2 Базова модель і показники якості маршруту

У базовій моделі Kaselouris [4] стан пошуку складається з поточного вузла та кількості вже використаних порушень; доступне ребро залишає стан на тому самому «шарі», а недоступне — переводить його на наступний шар лише якщо це не перевищує допустимий бюджет порушень (не більше одного). За результатом пошуку маршруту присвоюється категорія (tier): *accessible* — існує повністю доступний шлях; *alternative* — доступного шляху немає, але є шлях щонайбільше з одним порушенням; *inaccessible* — доступний лише необмежений резервний варіант; *none* — маршруту не існує.

Для кожного побудованого маршруту обчислюють:

$$violation_rate = violation_count / \max(path_node_count - 1, 1)$$

— частку пройдених ребер, що порушують обмеження доступності (0,0 — порушень немає, 1,0 — усі пройдені ребра недоступні), та

$$detour_ratio = length_m / haversine_m(O, D)$$

— відношення довжини маршруту до прямої відстані між початковою та кінцевою точками; значення, близькі до 1,0, свідчать про маршрут, майже прямий у порівнянні з відстанню по прямій, тоді як більші значення

відображають додатковий об'їзд, спричинений топологією мережі або обмеженнями доступності.

2.3 Моделювання неповноти атрибутів

Неповноту вхідних даних моделюють не вилученням ребер із графа, а маскуванням частини атрибутів доступності, потрібних для класифікації ребра. Функція `apply_observability_mask` приймає частку `missing_fraction` $\in [0, 1]$ і випадково приховує відповідну частку полів (ширина, похил, перешкоди, тактильна плитка, параметри бордюру, тип покриття) для кожного ребра, роблячи їх невідомими. Це моделює п'ять рівнів маскування спостережуваності: 0, 25, 50, 75 і 100 %; стовпець `blocked_percent` у результатах означає саме інтенсивність маскування атрибутів, а не частку фізично заблокованих ребер. Окремо в системі передбачено функцію `block_random_edges`, яка вилучає частину ребер із графа фізично — це інший сценарій (динамічне перекриття шляху), який у цьому дослідженні не застосовувався.

2.4 Запропонований варіант алгоритму

Стійкий варіант `kaselouris_robust` призначений компенсувати брак спостережуваності: замість жорсткого поділу ребра на «доступне / недоступне» кожному недоступному або невідомому ребру присвоюється ризиковий штраф:

$$risk = 1,0 + 0,75 \cdot unknown_count + 1,5 \cdot fail_count$$

де `unknown_count` — кількість атрибутів із невідомим значенням, а `fail_count` — кількість атрибутів, що підтверджено не відповідають профілю. Вартість переходу таким ребром обчислюють як

$$step_cost = edge_length / speed + uncertainty_weight \cdot risk \cdot 100,0$$

тоді як доступні ребра залишаються без додаткового штрафу. Це дозволяє алгоритму й надалі використовувати ризиковане ребро за відсутності кращої альтернативи, але суттєво знижує ймовірність його вибору, коли безпечніший шлях існує; сила цього ефекту регулюється параметром `uncertainty_weight`. Після побудови обох маршрутів, базового і стійкого, систему обирає варіант із меншим комбінованим штрафом

$$penalty = violations \cdot 500,0 + length \cdot 0,05,$$

що надає пріоритет меншій кількості порушень і лише в другу чергу — коротшій довжині, зберігаючи водночас початкову семантику категорій маршруту (`tier`), визначену в базовій моделі `Kaselouris`.

3 РЕЗУЛЬТАТИ ТА ОБГОВОРЕННЯ

Оцінювання виконано на восьми містах, п'яти рівнях маскування спостережуваності (0, 25, 50, 75, 100 %) і трьох профілях користувачів (`wheelchair`, `limited_mobility`, `low_endurance`); загалом побудовано 1200 маршрутів для кожного варіанта алгоритму.

3.1 Залежність рівня порушень від рівня неповноти даних

Ключовий результат дослідження стосується того, як рівень порушень (`violation rate`) реагує на зростання неповноти атрибутів. Зведені показники наведено в таблиці 2 та на рисунку 2.

Таблиця 2. Рівень порушень і коефіцієнт об'їзду залежно від рівня маскування атрибутів

Маскування, %	VR, базовий	VR, стійкий	Зменшення VR, %	Detour, базовий	Detour, стійкий
0	0,2592	0,1327	48,8	1,7126	1,7639
25	0,3084	0,1567	49,2	1,6905	1,7179
50	0,3674	0,1835	50,1	1,6905	1,7655
75	0,4193	0,2098	50,0	1,6849	1,7567
100	0,4574	0,2393	47,7	1,6828	1,7411

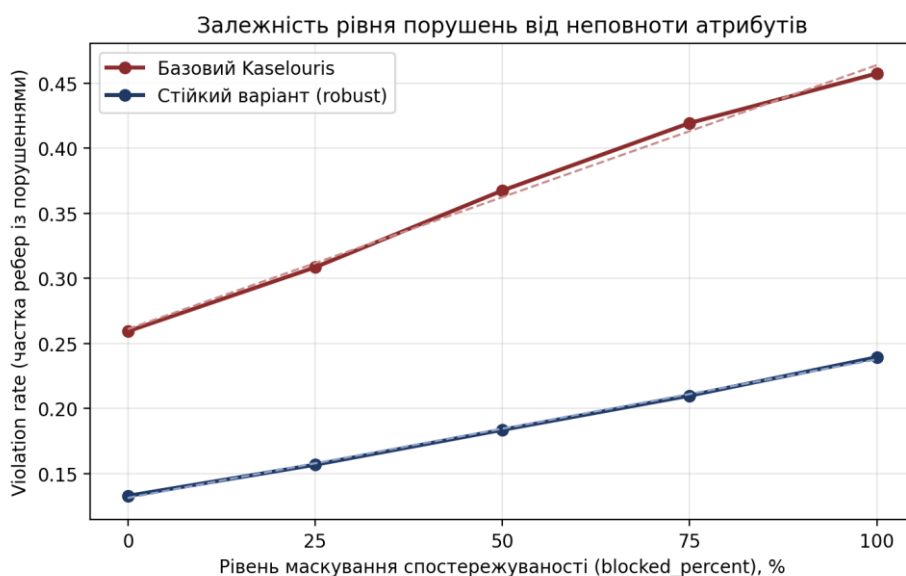


Рис. 2. Залежність рівня порушень від рівня маскування атрибутів доступності
Джерело рисунка: розроблено авторами за результатами обчислювального експерименту

Базовий варіант деградує майже лінійно: рівень порушень зростає з 0,259 за повної спостережуваності до 0,457 за повного маскування атрибутів, тобто на 76,5 %, що відповідає нахилу прямої близько 0,198 на кожні 100 в. п. маскування. Запропонований варіант також зростає, проте значно повільніше: з 0,133 до 0,239, а його нахил становить приблизно 0,107 — майже вдвічі менший за нахил базового варіанта. Іншими словами, попри те що обидва варіанти демонструють приблизно однакове відносне зростання щодо власного початкового рівня (76,5 % проти 80,4 %), абсолютна залежність рівня порушень від рівня неповноти даних у стійкого варіанта суттєво слабша: він втрачає якість набагато повільніше в міру того, як атрибути стають невідомими. При цьому відносне покращення щодо базового варіанта залишається стабільним на всьому діапазоні — від 47,7 до 50,1 %, тобто перевага стійкого варіанта не є вузьким ефектом для якогось

одного рівня спостережуваності, а зберігається рівномірно від повністю відомого до повністю замаскованого середовища.

3.2 Розподіл за категоріями маршруту (tier)

Розбиття за категоріями маршруту показує, де саме зосереджено ефект (таблиця 3). На доступних (accessible) маршрутах обидва варіанти практично не мають порушень незалежно від рівня маскування — тут покращувати нічого. На альтернативних (alternative) маршрутах базовий варіант чутливий до маскування: рівень порушень зростає з 0,053 до 0,169 (у 3,2 раза), тоді як у стійкого варіанта він залишається майже сталим — від 0,051 до 0,063 (у 1,2 раза). Основна маса порушень зосереджена на маршрутах категорії inaccessible, де стійкий варіант забезпечує стабільне зменшення рівня порушень на 46,5–49,7 % на всьому діапазоні маскування.

Таблиця 3. Рівень порушень за категоріями маршруту при 0 % та 100 % маскування

Категорія	VR базовий, 0%	VR базовий, 100%	VR стійкий, 0%	VR стійкий, 100%
accessible	0,000	0,018	0,000	0,000
alternative	0,053	0,169	0,051	0,063
inaccessible	0,454	0,785	0,229	0,419

3.3 Профілі користувачів, міста та вартість у часі й довжині

Ефект узгоджений між профілями користувачів: зменшення рівня порушень становить 47,0 % для wheelchair, 46,8 % для limited_mobility і 49,3 % для low_endurance, тобто перевага стійкого варіанта не є специфічною для одного профілю обмежень. Між містами величина ефекту помітно варіює: найбільше абсолютне покращення отримано для Берліна (зменшення рівня порушень на 81,8 % за повного маскування, при цьому базовий рівень порушень і без маскування залишається одним із найнижчих), тоді як для Порту, міста зі складнішою та щільнішою мережею, покращення становить 22,1 %, хоча абсолютний виграш у якості маршруту там більший через вищий вихідний рівень порушень.

Стійкість алгоритму впливає насамперед на час обчислення: середній час побудови маршруту зростає з 2,18 с до 2,80 с (приблизно на 25–29 %), що є прийнятною платою за майже дворазове зменшення рівня порушень. У сукупному вимірі коефіцієнт об'їзду відрізняється не критично — від 1,6 до 4,4 % на різних рівнях маскування (таблиця 2), проте цей приріст розподілений нерівномірно: на маршрутах категорій accessible і alternative довжина фактично не змінюється, тоді як на маршрутах категорії inaccessible коефіцієнт об'їзду зростає з 1,80 до 2,20 (приблизно на 22 % за повного маскування). Тобто частина виграшу в рівні порушень на найскладніших маршрутах компенсується не лише

часом обчислення, а й певним подовженням шляху, що логічно, адже для побудови більш інклюзивного шляху потрібно робити невеликий обхід.

ВИСНОВКИ

У дослідженні показано, що неповнота атрибутів доступності є суттєвою, але недостатньо дослідженою перешкодою для побудови інклюзивних пішохідних маршрутів: середня повнота опису відповідних атрибутів для зібраних восьми міст становить лише 23%. За основу методу протидії цій невизначеності взято багаторівневу модель доступної маршрутизації Kaselouris et al. (2025), доповнену механізмом штрафу за ризик невідомих і завідомо непридатних ребер.

Експериментально встановлено, що базовий варіант алгоритму чутливий до зменшення спостережуваності атрибутів: рівень порушень зростає з 0,259 до 0,457 (на 76,5 %) у міру повного маскування атрибутів. Стійкий варіант зменшує рівень порушень на 47,7–50,1 % на кожному рівні маскування, і, що найважливіше, демонструє помітно слабшу залежність від рівня неповноти даних — абсолютний нахил зростання рівня порушень становить близько 0,107 проти 0,198 у базового варіанта, тобто приблизно вдвічі менший. Ефект узгоджений для трьох профілів маломобільності (47,0–49,3 % зменшення) і зберігається на всіх восьми містах, хоча його величина залежить від складності мережі (від 22,1 % у Порту до 81,8 % у Берліні). Платою за таку стійкість є приблизно 25–29 % більший час обчислення та подовження маршруту, зосереджене переважно на найскладніших (inaccessible) ділянках мережі, тоді як сукупний коефіцієнт об'їзду в середньому змінюється не більш ніж на 1,6–4,4 %.

Отримані результати підтверджують, що явне моделювання невизначеності, спричиненої відсутніми атрибутами, а не лише бінарна класифікація ребра як доступного чи недоступного, є дієвим напрямом підвищення надійності доступної маршрутизації за умов реального, неповно описаного відкритого картографічного середовища.

Список літератури

1. World Health Organization. Disability : fact sheet. 2023 [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/disability-and-health>
2. United Nations, General Assembly. Convention on the Rights of Persons with Disabilities, Article 9 — Accessibility : резолюція A/RES/61/106. 2006 [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://social.desa.un.org/issues/disability/crpd/article-9-accessibility>
3. Мінрегіон України. ДБН В.2.2-40:2018 «Інклюзивність будівель і споруд. Основні положення» : затв. наказом від 30.11.2018 № 327 [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://e-construction.gov.ua/laws_detail/3192362160978134152?doc_type=2
4. Kaselouris K., Karekla X., Koupani A., Gkiotsalitis K. Accessibility routing model for the safe navigation of vulnerable road users in urban environments. Journal of Urban Mobility. 2025. Т. 8. Стаття 100164 [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://doi.org/10.1016/j.urbmob.2025.100164>

5. Bolten N., Caspi A. AccessMap Website Demonstration: Individualized, Accessible Pedestrian Trip Planning at Scale. Proceedings of the 21st International ACM SIGACCESS Conference on Computers and Accessibility. 2019. С. 676–678 [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://doi.org/10.1145/3308561.3354598>
6. GIScience Research Group, Heidelberg University. Routing Options: обмеження профілю wheelchair. Документація openrouteservice [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://giscience.github.io/openrouteservice/api-reference/endpoints/directions/routing-options>
7. Neis P. Measuring the Reliability of Wheelchair User Route Planning based on Volunteered Geographic Information. Transactions in GIS. 2015. Т. 19, № 2. С. 188–201 [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://doi.org/10.1111/tgis.12087>
8. Mobasheri A., Sun Y., Loos L., Ali A. L. Are Crowdsourced Datasets Suitable for Specialized Routing Services? Case Study of OpenStreetMap for Routing of People with Limited Mobility. Sustainability. 2017. Т. 9, № 6. Стаття 997 [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://doi.org/10.3390/su9060997>
9. Topf J. Taginfo: статистика використання позначень OpenStreetMap. OpenStreetMap Foundation [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://taginfo.openstreetmap.org/>
10. Naghdizadegan Jahromi M., Neysani Samany N., Argany M., Mostafavi M. A. Enhancing sidewalk accessibility assessment for wheelchair users: An adaptive weighting fuzzy-based approach. Heliyon. 2025. Т. 11, № 1. Стаття e41101 [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://doaj.org/article/10f01c5fa539444ca58a2d9bf9b24130>
11. Hawker L., Uhe P., Paulo L., Sosa J., Savage J., Sampson C., Neal J. A 30 m global map of elevation with forests and buildings removed. Environmental Research Letters. 2022. Т. 17, № 2. Стаття 024016 [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://doi.org/10.1088/1748-9326/ac4d4f>
12. Dijkstra E. W. A note on two problems in connexion with graphs. Numerische Mathematik. 1959. Т. 1, № 1. С. 269–271 [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://doi.org/10.1007/BF01386390>

AZƏRBAYCAN RESPUBLİKASINDA BƏLƏDİYYƏ ƏRAZİLƏRİNİN HÜQUQİ REJİMİ: KONSTITUSİYA- HÜQUQİ VƏ QANUNVERİCİLİK ASPEKTLƏRİ

Gahramanova Naila Ramiz

Ph.d., student
Baku State University

Yerli özünüidarə, seçkili əsaslarla formalaşan bələdiyyələr vasitəsilə həyata keçirilir. Onların fəaliyyət göstərməsi və seçilmə əsasları, konstitusiya və qanunvericiliklə müəyyən edilir. Azərbaycan Respublikasının Konstitusiyasına görə, bələdiyyələr öz işlərini iclaslar və komissiyalar vasitəsilə həyata keçirir, mühüm yerli məsələləri həll edirlər. Onlar, həmçinin, mərkəzi orqanlardan əlavə səlahiyyətlər və maliyyə dəstəyi ala bilərlər. Bələdiyyə qərarları, bələdiyyə üzvlərinin səs çoxluğu ilə qəbul edilir və yerli vergilər, büdcə, sosial müdafiə, iqtisadi inkişaf və ətraf mühit kimi aspektlərə aid ola bilər. Onlardan həmçinin, öz fəaliyyətləri haqqında hesabat təqdim etmələri tələb olunur. Onlar, hökumət nəzarəti altındadırlar. Bələdiyyələr, öz işçilərinin hərəkətlərinə görə, vətəndaşlar qarşısında cavabdehdirlər və məhkəmədə müdafiəyə tabedirlər [1].

Azərbaycan Respublikasında yerli özünüidarəetmə vətəndaşlara yerli əhəmiyyətli məsələləri qanuna uyğun olaraq müstəqil və sərbəst həll etmək imkanı verən sistemdir. Bu hüquq seçkili bələdiyyə orqanları və ya digər iştirak formaları, o cümlədən ictimai rəy sorğuları vasitəsilə həyata keçirilir. Bələdiyyələr yerli özünüidarəetmə forması kimi öz mülkiyyətinə və yerli büdcəsinə malikdir və qanunla öz səlahiyyətləri daxilində məsələləri həll edirlər. Hər bir vətəndaşın yerli özünüidarəetmədə iştirak etmək, o cümlədən, yerli özünüidarəetmə orqanlarına seçmək və seçilmək, habelə bələdiyyələrlə əlaqə saxlamaq və onların fəaliyyəti haqqında məlumat almaq hüququ vardır [2].

Bələdiyyə tərəfindən müəyyən edilən və yerli özünüidarəetmə orqanları daxilində vətəndaşların sosial rifahının təmin edilməsinə yönəlmiş yerli sosial müdafiə və sosial inkişaf proqramları nəzərdə tutulur. Onlar təhsil, səhiyyə, mənzil, mədəniyyət, nəqliyyat və yerli infrastrukturun digər aspektləri daxil olmaqla geniş sahələri əhatə edir. Bələdiyyələr də aztəminatlı vətəndaşlar üçün dəfn və yas mərasimləri təşkil edir. Onlar, yerli səviyyədə iqtisadi məsələləri həll edən yerli iqtisadi inkişaf proqramlarını müzakirə edir. Bu proqramlar kənd təsərrüfatı, sənaye, nəqliyyat və digər sahələrə təsir göstərə bilər və yerli iqtisadiyyatın inkişafı üçün bələdiyyə resurslarından səmərəli istifadə yollarını göstərə bilər [2, 3].

Bələdiyyələr yerli ekoloji proqramların hazırlanmasını nəzərdə tutur ki, onun məqsədi yerli səviyyədə ekoloji problemləri həll etməkdir. Bu proqramlar təbii sərvətlərin mühafizəsi, abadlıq və ətraf mühitin mühafizəsi, habelə dövlətin ekoloji proqramları ilə əlaqələndirmə məqsədi daşıyır [2].

Bələdiyyənin strukturunu, səlahiyyətlərini, müddətlərini və fəaliyyətinin digər mühüm aspektlərini müəyyən edən Nizamnamə, dövlət qeydiyyatına alınır,

konstitusiya və qanunvericilik normalarına uyğun olur. Dövlət orqanları, bələdiyyələrin fəaliyyət göstərməsi və inkişafı üçün, zəruri şəraiti təmin edir, yerli özünüidarəetmə hüququnun həyata keçirilməsinə kömək edirlər [2].

Azərbaycan Respublikasında yerli özünüidarə, qanunla təsdiq edilmiş müəyyən ərazilərdə yaradılmış bələdiyyələr vasitəsilə həyata keçirilir. Vətəndaşların müəyyən ərazidə əhalinin sayından asılı olmayaraq, yerli özünüidarəetmədə iştirak etmək hüququ vardır. Bələdiyyə ərazilərinin hüdudlarının müəyyən edilməsi və dəyişdirilməsi, qanunvericiliyə uyğun olaraq müvafiq ərazinin sosial-iqtisadi vəziyyəti və əhalisinin rəyi, habelə tarixi və yerli xüsusiyyətləri nəzərə alınmaqla həyata keçirilir [2].

“Bələdiyyə torpaqlarının idarə edilməsi haqqında” Qanun, bələdiyyə torpaqlarının idarə edilməsini tənzimləyən yeganə sənəd deyildir. Onlar, Torpaq və Mülki Məcəllələr, habelə torpaq münasibətlərini müəyyən edən digər normativ hüquqi aktlar ilə tənzimlənir. Bələdiyyə torpaqları istifadəsinə görə müxtəlif kateqoriyalara, o cümlədən, ümumi, icarəyə verilmiş və ehtiyat torpaqlara bölünür. Onların istifadəsi, onların təyinatı ilə ciddi şəkildə müəyyən edilir və bu məqsədi dəyişdirmək üçün müvafiq icazə tələb olunur [4, 5].

Bələdiyyələrin torpaq münasibətləri sahəsində, o cümlədən bələdiyyə torpaqlarına sahiblik, istifadə və sərəncam vermək, planlaşdırma və tikinti işlərinin təşkili, vergilərin və icarə ödənişlərinin yığılması, torpaq istifadəçilərinin hüquqlarının müdafiəsi sahəsində müəyyən səlahiyyətlər vardır. Onlar bələdiyyə torpaqlarının mühafizəsi və səmərəli istifadəsinə, habelə onlardan istifadə ilə bağlı mübahisələrin həllinə də cavabdehdir [4, 6].

Bələdiyyələrin mülkiyyətində olan torpaqları idarə etmək, o cümlədən, onların istifadəsi, mühafizəsi və qərarlar qəbul etmək ilə bağlı müstəsna hüquqları vardır. Qanunvericilik, bələdiyyələrin mülkiyyətində olan torpaq sahələrinin hüdudlarını, növlərini və ölçülərini ciddi şəkildə müəyyən edir. İcra hakimiyyəti orqanlarının torpaq islahatı haqqında qanunda müəyyən edilmiş bələdiyyə torpaqlarının idarə edilməsi sahəsində səlahiyyətləri, bələdiyyələrin vəsaiti hesabına həyata keçirilə bilməz. Müvafiq icra hakimiyyəti orqanlarının qəbul etdiyi heç bir qərar bələdiyyələrin öz torpaqlarından istifadə və sərəncam vermək hüquqlarını məhdudlaşdırma bilməz. Bütün maraqlı şəxslər, o cümlədən, torpaq istifadəçiləri, icarədarları və qeyri-hökumət təşkilatları bələdiyyə torpaqları ilə bağlı münasibətlərdə yalnız qanunvericilik səlahiyyətləri daxilində iştirak edə bilirlər [4].

Azərbaycan Respublikasının torpaq qanunvericiliyi bələdiyyə torpaqlarına, habelə bələdiyyələr daxilində torpaq münasibətlərinə şamil edilir. Bələdiyyə torpaqlarının sərəncamı, o cümlədən ayrılması və verilməsi, bələdiyyələrin qərarları və aidiyyəti şəxslərlə müqavilələrin bağlanması əsasında həyata keçirilir. Bu müqavilələr, tərəflərin hüquq və vəzifələrini, habelə torpaqlardan istifadə və mühafizə şərtlərini müəyyən edir. Bələdiyyələrin ehtiyat fondundan qanunla müəyyən edilmiş qaydada istifadə və icarəyə verilə bilən kənd təsərrüfatı torpaqlarına xüsusi qaydalar şamil edilir. Məsələn, belə torpaqların çoxmənzilli binaların tikintisi üçün, habelə fərdi yaşayış və bağ evləri üçün xüsusi icazə olmadan verilməsi qadağandır. Bələdiyyə torpaqları üzərində

mülkiyyət, istifadə və icarə hüquqları istifadə məqsədi və texniki normalar nəzərə alınmaqla bələdiyyələrin qərarları ilə müəyyən edilir [4].

Torpaqların ayrılması, müvafiq icra hakimiyyəti orqanlarının razılığı ilə həyata keçirilir və torpaq sahələrinin alınması ilə bağlı ərizələr birbaşa bələdiyyələrə verilir. Torpaq sənədləri torpaq almaq istəyən şəxsin öz vəsaiti hesabına tərtib edilir və onların qeydiyyatı qanunvericiliyə uyğun olaraq dövlət tərəfindən həyata keçirilir. Bələdiyyə torpaqlarına Torpaq Məcəlləsi ilə müəyyən edilmiş müxtəlif öhdəliklər və məhdudiyyətlər qoyula bilər. Torpaq ehtiyatlarının məhdud olduğu şəraitdə, vətəndaşlara və sahibkarlara torpaq sahələrinin ayrılmasına xüsusi diqqət yetirilir. Bələdiyyələr torpaqları əsasən öz ərazilərində yaşayan vətəndaşlara və sahibkarlara verir [4].

Azərbaycan Respublikasında bələdiyyə torpaqları birbaşa və ya bələdiyyələrin qərarı ilə hərrac və müsabiqə yolu ilə satıla bilər. Satış qanunvericiliyə və ərazinin planlaşdırılmasına uyğun olaraq həyata keçirilir. Bələdiyyələrin ehtiyat fondundan özəlləşdirilmiş torpaqların alınmasına dair müqavilələr yerli qaydalar nəzərə alınmaqla açıq şəkildə bağlanır. Bələdiyyə torpaqlarının və xüsusi şəhərsalma əhəmiyyətli torpaqların satışı bir qayda olaraq hərrac və ya müsabiqə yolu ilə həyata keçirilir. Əkilməmiş və kənd təsərrüfatı məqsədləri üçün, yararsız torpaqlar alınarkən, əvvəlki istifadəçilər və icarədarlar, habelə kənd təsərrüfatı məhsulları istehsalçıları üstünlük təşkil edir [7].

Bələdiyyə torpaqlarının qiymətləri bələdiyyələr tərəfindən bazar dəyəri nəzərə alınmaqla, lakin, standart qiymətdən aşağı olmamaqla müəyyən edilir. Kənd təsərrüfatı üçün nəzərdə tutulmuş torpaqlar qanunla müəyyən edilmiş güzəştli qiymətlərlə satıla bilər. Bələdiyyə torpaqları ümumi və ya müvəqqəti istifadəyə, habelə icarəyə verilə bilər. İstifadə şərtləri qanunla tənzimlənir. Biznes fəaliyyəti üçün, müxtəlif ərazilər qısa müddətə icarəyə verilir. İcarənin şərtləri tərəflərin razılığı və qanunvericiliklə müəyyən edilir. Kirayəçilərin müqaviləni yeniləmək hüququ var və kirayəçinin ölümü müqaviləyə xitam vermir, lakin, icarə hüququnu onun varislərinə keçir [4].

Azərbaycan Respublikasında kənd təsərrüfatı ehtiyacları üçün, nəzərdə tutulmuş torpaqlar bələdiyyə kənd təsərrüfatı torpaqları sayılır. Bu torpaqlardan istifadə müvafiq qanunlarla tənzimlənir və onların münbitliyinin qorunması və yaxşılaşdırılması üçün müvafiq tədbirlərin görülməsini tələb edir. Yaşayış sahəsi qanunla müəyyən edilir, baş planlara və ərazilərin inkişafı layihələrinə uyğun istifadə olunur. Torpaq sahələri ayrılarkən şəhərsalma norma və qaydalarına əməl edilməlidir. Bələdiyyə torpaqlarından müxtəlif məqsədlər üçün istifadə oluna bilər, lakin, qanunsuz istifadəyə qarşı mübarizə aparılır və belə torpaqlar qanunla müəyyən edilmiş qaydada mülkiyyətə, istifadəyə və ya icarəyə verilə bilməz [4].

Azərbaycan Respublikasında torpaqdan istifadə ödənişlidir ki, bu da torpaq vergisi və icarə haqqının ödənilməsini nəzərdə tutur. Torpaq vergisi, torpaq sahibi və ya ondan istifadə edən rezident və qeyri-rezident fiziki şəxslərdən tutulur. Onun ölçüsü, qanunvericilik çərçivəsində bələdiyyələr tərəfindən tənzimlənən müəyyən edilmiş tariflər əsasında müəyyən edilir. Kənd təsərrüfatı təyinatlı torpaqlar üçün verginin məbləği torpaq sahəsinin kvadrat metrindən və gəlirdən asılıdır [4].

Torpaq icarəsi icarəçilərin torpaqdan müvəqqəti istifadəsi üçün ev sahiblərindən alınır. Əgər ev sahibi ödəyirsə, bu məbləğə torpaq vergisi də daxil ola bilər. Lakin, ev sahibi vergi ödəyicisi deyilsə, o zaman, vergi icarə haqqına daxil edilmir. İcarənin şərtləri və məbləği tərəflərin razılığı ilə müəyyən edilir və icarə müqaviləsində müəyyən edilir. Bələdiyyələrlə hüquqi/fiziki şəxslər arasında torpaqla bağlı müqavilə münasibətləri xüsusi müqavilələrlə rəsmiləşdirilir. Torpaqla bağlı əməliyyatlardan əldə edilən vəsaitin bir hissəsi, torpaqların keyfiyyətinin və meliorativ vəziyyətinin yaxşılaşdırılmasına yönəldilir [4].

Azərbaycan Respublikasında bələdiyyə torpaqlarının mühafizəsinin əsas məqsədi onlardan səmərəli istifadənin təmin edilməsi, kənd təsərrüfatı istifadəsindən əsassız olaraq çıxarılmasının qarşısının alınması və zərərli antropogen təsirlərdən qorunmasıdır. Bələdiyyə torpaqlarından istifadəçilər və icarədarlar ərazini səmərəli təşkil etməyə, torpağın münbitliyini qorumağa və bərpa etməyə, habelə onların müxtəlif növ eroziyadan, çirklənmədən və digər dağıdıcı proseslərdən qorunmasını təmin etməyə borcludurlar [4].

Bələdiyyə torpaqlarının mühafizəsi və istifadəsi tədbirləri, torpaq qanunvericiliyi və digər müvafiq normativ aktlarla tənzimlənə bilər. Torpaqlardan səmərəli istifadəni və mühafizəsini stimullaşdırmaq üçün, bələdiyyə büdcələrindən vəsaitlərin ayrılması, güzəştli vergi şərtlərinin təmin edilməsi, torpaqların keyfiyyətinin yaxşılaşdırılması istiqamətində güzəşt və mükafatların tətbiqi kimi müxtəlif tədbirlər nəzərdə tutulur. Bələdiyyə torpaqlarının istifadəsinə və mühafizəsinə nəzarəti bələdiyyələr həyata keçirirlər. Bura dəymiş ziyanın ödənilməsi, qanun pozuntusu aşkar edildikdə, qanuni tədbirlərin görülməsi, habelə, torpağın münbitliyinin artırılmasına və onların mühafizəsinə yönəlmiş investisiya proqramlarının ekspertizasında iştirak daxildir [4].

Torpaq sahələrinin məcburi alınması və ya müvəqqəti zəbt edilməsi, habelə torpaq mülkiyyətçilərinin, istifadəçilərinin və icarəçilərinin hüquqlarının məhdudlaşdırılması nəticəsində dəymiş ziyan və gəlir itkisi Azərbaycan Respublikasının qanunvericiliyi ilə müəyyən edilmiş qaydada torpaq mülkiyyətçilərinə ödənilməlidir. Bu itkilər bələdiyyə torpaqlarının istifadəçilərinə və icarəçilərinə tam ödənilməlidir. Bələdiyyə torpaqlarının idarə edilməsi haqqında qanunvericiliyin pozulmasında təqsirli olan hüquqi və fiziki şəxslər Azərbaycan Respublikasının qanunvericiliyi ilə müəyyən edilmiş qaydada məsuliyyət daşıyırlar [4].

Bələdiyyə torpaqlarının istifadəsi və mühafizəsi ilə bağlı mübahisələr bələdiyyələr tərəfindən məhkəmədən kənar həll edilir. Bələdiyyə torpaqlarının idarə edilməsi məsələləri və bələdiyyələr, torpaq mülkiyyətçiləri, istifadəçiləri və icarədarları arasında yaranan mübahisələr Azərbaycan Respublikasının qanunvericiliyi ilə müəyyən edilmiş qaydada məhkəmə qaydasında həll edilir. Qanunvericilikdə nəzərdə tutulmuş əsasnamə qəbul edilənədək bələdiyyə torpaqlarının ayrılmasına dair sənədlərin hazırlanması və təsdiq edilməsi qaydası Azərbaycan Respublikasının torpaq qanunvericiliyi ilə tənzimlənir [4].

Nəticə olaraq deyə bilərik ki, Azərbaycan Respublikasında yerli özünüidarəetmə orqanlarının və ərazilərinin konstitusiya-hüquqi tənzimlənməsi demokratik prinsiplərin, vətəndaşların hüquqlarının təmin edilməsində və yerli özünüidarəetmə sisteminin səmərəli fəaliyyətində əsas rol oynayır.

References

1. Constitution of the Republic of Azerbaijan. President of the Republic of Azerbaijan Heydar Aliyev. Baku, 12 November 1995, No. 00. // Presidential Library of the Administration of the President of the Republic of Azerbaijan. URL: https://files.preslib.az/projects/remz/pdf/atr_kons.pdf
2. Law of the Republic of Azerbaijan “On the Status of Municipalities”. President of the Republic of Azerbaijan Heydar Aliyev. Baku, 2 July 1999, No. 698-IQ. // Presidential Library of the Administration of the President of the Republic of Azerbaijan: Municipal Government. Collection of Documents. URL: <https://files.preslib.az/projects/municipal/gl2.pdf>
3. Ibrahimov, I. Municipal Administration. Baku, 2018. “Tabib”, 384 p.
4. Law of the Republic of Azerbaijan “On Municipal Land Management”. President of the Republic of Azerbaijan Heydar Aliyev. Baku, 29 June 2001, No. 160-IIQ. // Presidential Library of the Administration of the President of the Republic of Azerbaijan: Municipal Government. Collection of Documents. URL: <https://files.preslib.az/projects/municipal/gl2.pdf>
5. Ismayilova, A.A. Socio-Economic Problems of the Formation of Municipalities in the Republic of Azerbaijan. Baku: Elm, 2008, 250 p. URL: file:///C:/Users/User/Downloads/Azərbaycan_Respublikasında_bələdiyyələrin_formalaşmasının_sosial-iqtisadi_problemləri.pdf
6. Gurbanov, H.S., Balakishiyeva, Y.N., Hajiyeve, S.G. Municipal Law of Azerbaijan (Textbook). Baku: “Teknur”, 2011, 360 p.
7. Hasanoghlu, M. Reconstruction of the Republic of Azerbaijan and Strengthening of Municipalities. Baku, 2008, 452 p.

ВИЗНАННЯ УДАВАНИХ ПРАВОЧИНІВ ЯК СПОСІБ ЗАХИСТУ ПРАВ ОДНОГО З ПОДРУЖЖЯ

Щербяк Юлія Василівна

кандидат юридичних наук, доцент

Національний університет водного господарства та природокористування
м. Рівне, Україна

Забезпечення майнових прав подружжя належить до ключових завдань сімейного та цивільного законодавства України. Презумпція спільності права власності подружжя на майно, набуте за час шлюбу (ст. 60 Сімейного кодексу України), виступає фундаментальною гарантією захисту економічних інтересів кожного з учасників шлюбного союзу [1]. Разом з тим, на практиці один із подружжя нерідко вдається до різноманітних недобросовісних дій, спрямованих на приховування майна, виведення його зі складу спільної сумісної власності або ускладнення майбутнього поділу.

Одним із найпоширеніших юридичних інструментів мінімізації чи анулювання майнових прав іншого з подружжя є укладення удаваних правочинів. Згідно з ч. 1 ст. 235 Цивільного кодексу України, удаваним є правочин, який вчинено сторонами для приховання іншого правочину, який вони насправді мали на увазі [2]. При вчиненні удаваного правочину сторони зв'язують себе правовими наслідками не тієї угоди, яку вони зовнішньо оформили, а іншої — прихованої. На відміну від фіктивного правочину (ст. 234 ЦК України), який взагалі не спрямований на настання будь-яких правових наслідків, удаваний правочин прикриває реальну волю сторін, орієнтовану на зміну, виникнення або припинення інших за змістом цивільних прав та обов'язків.

У правозастосовній та судовій практиці у справах щодо поділу майна подружжя виокремлюються декілька типових моделей застосування удаваних правочинів:

1. Маскування платного правочину безоплатним (даруванням). Купівля-продаж житла або транспортного засобу за рахунок спільних коштів подружжя оформлюється як договір дарування на ім'я одного з них. Метою такого «дарування» є надання майну статусу особистої приватної власності (п. 1 ч. 1 ст. 57 СК України) та позбавлення іншого з подружжя права вимагати його поділу при розлученні [1, 3].

2. Оформлення майна на близьких родичів чи третіх осіб. Спільні грошові заощадження подружжя використовуються для придбання нерухомості чи корпоративних прав, однак покупцем у договорі зазначається батько, мати або інша підконтрольна особа одного з подружжя. Формально майно належить третій особі, проте фактичне володіння та користування здійснюється сім'єю [3].

3. Штучне створення фіктивних боргових зобов'язань. Один із подружжя видає розписку про нібито отримання значної суми коштів у позику від третьої

особи під час шлюбу. У подальшому «кредитор» звертається до суду з вимогою про стягнення боргу за рахунок спільного майна подружжя або збільшення частки чоловіка/дружини у боргах.

Особливість обраного способу захисту полягає у тому, що у разі встановлення судом удаваності правочину такий правочин не визнається повністю недійсним із поверненням сторін до початкового стану (якщо прихований правочин відповідає загальним вимогам чинності). Відповідно до ч. 2 ст. 235 ЦК України, якщо буде встановлено, що правочин був вчинений сторонами для приховання іншого правочину, відносини сторін регулюються правилами щодо правочину, який сторони насправді мали на увазі [2].

Правова позиція Велика Палати Верховного Суду підтверджує, що позивач, який звертається з позовом про визнання правочину удаваним, повинен довести: а) факт укладення правочину, який приховує справжні наміри; б) спрямованість волі обох сторін саме на встановлення інших правовідносин; в) настання юридичних наслідків, притаманних прихованій угоді [4].

У процесуальному аспекті доказування у таких справах спирається на сукупність непрямих, але переконливих доказів: аналіз джерел походження коштів (наявність офіційних доходів у набувача майна), виписки з банківських рахунків, покази свідків, електронне листування, а також факт подальшого користування майном і сплати комунальних послуг чи податків безпосередньо подружжям. Визнання правочину удаваним дає змогу застосувати до фактично вчиненого договору (наприклад, купівлі-продажу) приписи ст. 60 СК України, поновити режим спільної сумісної власності та включити відповідний об'єкт до майнового пулу, що підлягає поділу між подружжям.

Таким чином, визнання правочину удаваним виступає ефективним та спеціалізованим інструментом захисту порушеного майнового права того з подружжя, чия згода не була отримана або чий майновий інтерес був протиправно обмежений через маніпуляції з формою договорів. Системний захист у таких ситуаціях вимагає поєднання норм цивільного зобов'язального права із засадами рівності прав подружжя у сімейних відносинах.

Список літератури

1. Сімейний кодекс України: Закон України від 10.01.2002 № 2947-III. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2947-14>.
2. Цивільний кодекс України: Закон України від 16.01.2003 № 435-IV. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/435-15>.
3. Красицька Л. В. Проблеми захисту майнових прав подружжя у цивільному та сімейному судочинстві. Часопис цивілістики. 2021. Вип. 42. С. 45–51.
4. Постанова Великої Палати Верховного Суду від 23 січня 2019 року у справі № 522/10127/14-ц. Єдиний державний реєстр судових рішень.

DEVICE FOR SEPARATION OF SHEET MATERIAL FROM THE STOCK WITH AUTOMATIC ADJUSTMENT OF THE ANGLE OF THE WORKING PLANE

Makatora Dmytro

Candidate of Sciences in Engineering, Associate Professor
Department of Printing Machines and Automated Complexes,
Educational and Scientific Institute for Publishing and Printing,
National Technical University of Ukraine
«Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute»

Zenkin Mykola

Doctor of Sciences in Engineering, Professor
Department of Printing Machines and Automated Complexes,
Educational and Scientific Institute for Publishing and Printing,
National Technical University of Ukraine
«Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute»

Karpeshko Andrii

Postgraduate student
Department of Printing Machines and Automated Complexes
Educational and Scientific Institute for Publishing and Printing
National Technical University of Ukraine
«Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute»

There are a variety of devices for separating sheet material from the stock, which are used in the creation of automated lines and robotic complexes in various industries. The operation of such devices ensures the timely supply of flat parts with different physical and mechanical properties (friction, mass, overall dimensions, damping properties, stiffness, etc.), which expands their practical application, which is why they have become widespread in enterprises where automated lines are used and are represented by a number of designs [1-3], but the pressing issue of such devices remains increasing their productivity. One of the promising areas of finding ways to increase the productivity of such equipment is the improvement of sliding magazine loading devices (SMLD) with a movable working plane [1]. The authors of works [2-3] conducted studies of the belt conveyor, which allowed to determine the minimum permissible drive power, but the main condition for the operation of such devices is to avoid idling, that is, uninterrupted supply of flat parts, which will increase the efficiency of the mechanisms for feeding sheet materials, which in turn will increase their productivity.

The authors of work [4] proposed an improved version of the device for separating sheet material from the stack, in which automatic adjustment of the angle of inclination

of the working plane of the conveyor belt relative to the horizontal plane is provided depending on the number of parts in the stack, which allows to reduce the resistance force of separation of parts from the stack depending on the physical and mechanical properties of the material of the parts, which will also ensure an increase in the quality of the device (Fig. 1).

A device for separating sheet material from the stock, comprising a driving drum 2 with a shaft 3 and a driven drum 4 installed in a housing 1, kinematically connected to each other by a conveyor belt 5, the driven drum 4 is installed in a pair of tension sliders 6, which are installed in a pair of guides 7 and kinematically connected to a pair of adjusting screws 8. The pair of guides 7 is fixed to a frame 9, which is installed on the shaft 3 of the driving drum 2, the control module 10 is connected to an electronic dynamometer 11 and a drive 12, which, in turn, are connected to the frame 9. A slide plate 13 (for piecewise separation of parts (not shown in the figure) from the stock), installed above the conveyor belt 5 and kinematically connected to an adjusting screw 14 (for setting the thickness of the separated part (on (not shown in the figure) from the foot). The shaft 3 of the driving drum 2 is kinematically connected to the machine drive (not shown in the figure). In addition, the drive 12 can be made in the form of a pneumatic cylinder or a hydraulic cylinder (not shown in the figure).

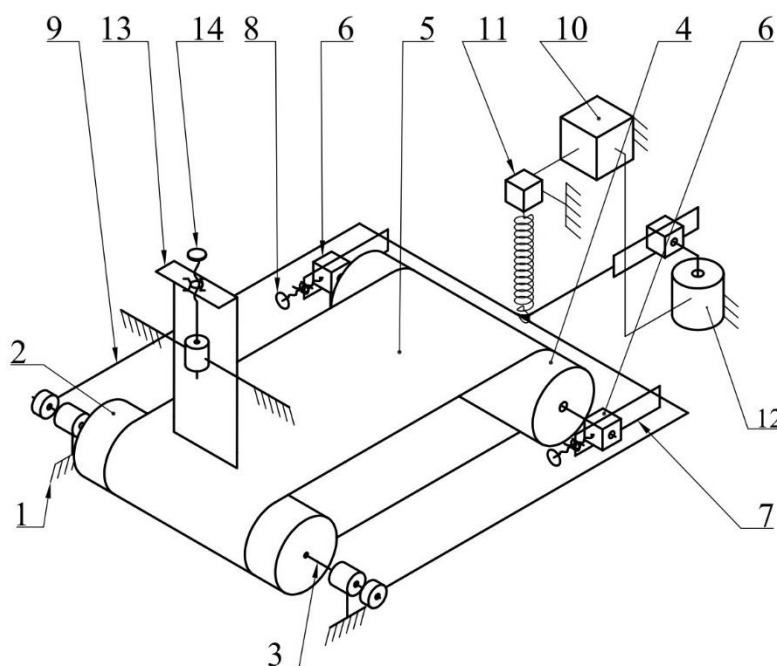


Fig. 1 – Kinematic diagram of a device with automatic adjustment of the angle of inclination of the working plane [4]

The device works as follows: to separate the part, namely the lower part from the foot, using the adjusting screw 14, a gap (thickness of the part) is set between the working surface of the conveyor belt 5 and the edge of the slide plate 13 and the control module 10 is programmed with respect to the type of material of the part to be separated and its weight, after which a foot of parts is loaded onto the conveyor belt 5 (not shown in the figure), after which the control module 10 uses an electronic dynamometer 11 to

measure the weight of the parts and gives a command to the drive 12, which, in turn, moves the frame 9 to the initial position (the angle of inclination of the working plane of the conveyor belt 5 relative to the horizontal plane). Next, the machine drive is turned on (not shown in the figure), the torque is supplied to the shaft 3 of the driving drum 2, which drives the driven drum 4, due to their kinematic connection with the conveyor belt 5, while the lower part (not shown in the figure) is separated from the foot and fed by the conveyor belt 5 to the working body of the machine (not shown in the figure), after which, data on the weight of the foot of parts from the electronic dynamometer 11 is supplied to the control module 10, which, using the drive 12, moves the frame 9 to a certain angle relative to the horizontal plane, after the next part is separated, the actions are repeated. To change the tension of the conveyor belt 5, a pair of tension sliders 6 are moved along the guides 7 by rotating a pair of adjusting screws 8, while the driven drum 4 is also moved, with the help of which the tension of the conveyor belt 5 is carried out. The proposed design will allow to improve the quality of the device.

Список посилань

1. Князев В.І., Чорно-Іванов В.С., Макадьора Д.А. Розрахунок фрикційного завантажувального пристрою. / Весник ГАПЛУ, № 2, 2000, с. 119-123.
2. Князев В.І., Макадьора Д.А., Чорно-Іванов В.С. Розрахунок мінімального діаметра подаючих валиків двоїльної машини. / Вісник ТУП, Серія технічні науки, № 5, 2002, с. 112-115.
3. Макадьора Д.А., Князев В.І. Розрахунок мінімального діаметра транспортуючого валика в машині типу “ДН” нової конструкції. / Вісник ТУП, Серія технічні науки, № 6. Ч. 1 Т.2, 2003, с. 179-182.
4. Патент на корисну модель (України) № 127559, МПК В65Н3/00. Пристрій для відокремлення листового матеріалу зі стопи / Д.А. Макадьора, І.В. Панасюк, Л.П. Голубєв; заявник та патентовласник Київський національний університет технологій та дизайну. № u201802198; заявл. 03.03.2018; опубл. 10.08.2018, Бюл. № 15.

МАТЕМАТИЧНЕ ПЛАНУВАННЯ ЕКСПЕРИМЕНТУ ПРИ ОПТИМІЗАЦІЇ ЗНОСОСТІЙКОСТІ РІЗАЛЬНИХ ЕЛЕМЕНТІВ СКРЕПЕРА

Щукін Олександр Вікторович

Кандидат технічних наук, доцент

Харківський національний автомобільно-дорожній університет

Для встановлення раціонального поєднання технологічних і фізико-механічних параметрів іонно-плазмового покриття, нанесеного на робочу поверхню різального елемента землерийно-транспортної машини, а саме скреперу, було застосовано методологію математичного планування експерименту [1]. Основною метою проведених досліджень було визначення таких параметрів покриття та поверхні основного металу, за яких забезпечується максимальна експлуатаційна довговічність різального елемента та мінімальна інтенсивність його зношування.

Як об'єкт дослідження було обрано робочий орган скрепера – різальний ніж, виготовлений зі сталі 65Г. Застосування саме цього матеріалу обумовлене його поширеним використанням для виготовлення деталей, які під час експлуатації працюють в умовах інтенсивного абразивного та контактного зношування. При взаємодії ножа з ґрунтом на його поверхню діють значні контактні навантаження, а наявність у ґрунтового середовищі твердих мінеральних частинок додатково прискорює процес руйнування поверхневого шару. Тому підвищення зносостійкості сталі 65Г за рахунок нанесення захисного іонно-плазмового покриття є перспективним напрямом збільшення ресурсу різальних елементів.

Ефективність захисного покриття визначається не лише його хімічним складом і структурою. Важливу роль відіграють характеристики поверхневого шару основного металу, зокрема його твердість і шорсткість, а також товщина сформованого покриття. Саме ці параметри значною мірою визначають якість контакту між покриттям і підкладкою, міцність адгезійної взаємодії, опір покриття механічному руйнуванню та його здатність протистояти відшаровуванню під дією експлуатаційних навантажень.

Одним із факторів, включених до експериментального дослідження, було обрано твердість матеріалу підкладки. Необхідність її врахування пов'язана з тим, що механічні властивості основного металу безпосередньо впливають на характер деформування поверхневого шару під час роботи різального елемента. Крім того, твердість є технологічно зручним параметром для контролю, оскільки її можна визначати без істотного пошкодження деталі як до нанесення покриття, так і після завершення експлуатації. Це дає можливість використовувати отримані значення не лише для планування експерименту, а й для подальшої оцінки зміни стану матеріалу.

У межах дослідження було розглянуто чотири рівні твердості підкладки – 40, 45, 50 та 55 HRC. Такий діапазон було сформовано з урахуванням реальних значень твердості сталі 65Г після відповідної термічної обробки та необхідності встановлення впливу цього параметра на зносостійкість сформованої системи «підкладка – покриття». Вибір декількох рівнів твердості дозволив оцінити не лише безпосередній вплив цього показника, але й визначити його взаємозв'язок з іншими параметрами поверхневого шару.

Особливу увагу під час проведення експерименту приділяли шорсткості поверхні перед нанесенням іонно-плазмового покриття. Як показали результати попередніх досліджень [2–4], для формування надійного адгезійного зв'язку між покриттям і основним металом параметр шорсткості поверхні повинен становити не менше 0,16 Ra. За менших значень шорсткості механічне зчеплення між поверхнею підкладки та нанесеним шаром є недостатнім. У процесі експлуатації під впливом циклічних механічних навантажень це може спричиняти поступове порушення адгезійного контакту, появу локальних дефектів і, зрештою, відшаровування покриття.

Водночас надмірне збільшення шорсткості також не може розглядатися як однозначно позитивний фактор. Нерівності поверхні впливають на рівномірність формування покриття, характер розподілу напружень у зоні контакту та фактичну площу взаємодії між покриттям і підкладкою. Тому одним із ключових завдань експериментальної частини роботи було встановлення такого значення шорсткості, за якого забезпечується оптимальне поєднання адгезійної міцності та експлуатаційної стійкості поверхневого шару.

Другим основним варійованим фактором була товщина іонно-плазмового покриття. У проведених дослідженнях її змінювали в межах від 3 до 7 мкм. Вибір такого інтервалу пов'язаний з результатами попередніх досліджень, відповідно до яких товщина покриття в діапазоні приблизно 3–6 мкм сприяє формуванню достатньо міцного адгезійного зв'язку з основним металом [2, 5]. При товщині менше 3 мкм захисний шар має недостатню товщину для істотного впливу на поверхневі фізико-механічні властивості деталі та її опір зношуванню.

З іншого боку, необґрунтоване збільшення товщини покриття також може негативно позначатися на його експлуатаційних характеристиках. При значеннях, що перевищують приблизно 6 мкм, знижується міцність адгезійного зв'язку між покриттям і підкладкою, що підвищує ймовірність утворення дефектів та подальшого відшаровування захисного шару під дією зовнішніх навантажень. Таким чином, товщина покриття повинна розглядатися як один із визначальних параметрів, оптимальне значення якого необхідно встановлювати експериментальним шляхом.

З урахуванням наведених положень для побудови математичної моделі експерименту було визначено два керовані фактори – товщину іонно-плазмового покриття та шорсткість поверхні сталевий підкладки. Твердість матеріалу основи при цьому розглядалася як параметр, для якого проводилися окремі серії дослідів. Для кожного встановленого рівня твердості оцінювали вплив двох основних факторів на результуючу характеристику.

Як критерій оптимізації було прийнято величину зношування різального елемента. Такий вибір функції відгуку зумовлений тим, що саме інтенсивність зношування безпосередньо визначає ресурс ножа скрепера та період його ефективної експлуатації. Зменшення величини зносу свідчить про підвищення опору робочої поверхні абразивному руйнуванню та, відповідно, про доцільність вибраного поєднання параметрів поверхні й покриття.

Застосування математичного планування експерименту дозволило комплексно оцінити вплив досліджуваних факторів та визначити їх оптимальне співвідношення. На відміну від послідовного варіювання окремих параметрів, такий підхід дає можливість врахувати взаємний вплив факторів і встановити область їх раціонального поєднання. Це особливо важливо для трибологічних систем, у яких зміна одного параметра поверхні може суттєво змінювати ефективність іншого.

За результатами проведеного експериментального дослідження встановлено, що найменший рівень зношування різальних елементів скрепера спостерігається за комплексного поєднання таких параметрів: твердість матеріалу підкладки становить 50 HRC, товщина іонно-плазмового покриття – 4 мкм, а шорсткість поверхні основного металу – 0,32 мкм Ra. Отримане співвідношення параметрів можна розглядати як раціональний режим підготовки поверхні та нанесення захисного покриття для підвищення довговічності ножів скрепера.

Таким чином, результати математичного планування експерименту підтверджують, що зносостійкість різального елемента визначається не одним окремим параметром покриття, а комплексною взаємодією характеристик підкладки та нанесеного поверхневого шару. Встановлення оптимального співвідношення твердості, шорсткості та товщини покриття створює передумови для підвищення ресурсу робочих органів землерийно-транспортних машин і зменшення витрат, пов'язаних із їх ремонтом та заміною.

Список літератури

1. Montgomery D. C. Design and Analysis of Experiments. 9th ed. Hoboken, NJ : John Wiley & Sons, 2017. 630 p.
2. Венцель Є.С. Підвищення якості мастил, палив і трибовузлів машин : монографія / Є.С. Венцель, О.В. Орел, О.В. Щукін. Х.: ФОП Бровін О.В., 2017, 264 с.
3. Dependence of Wear Intensity on Parameters of Tribo Units / Ye. Ventsel, O. Orel, O. Shchukin, N. Saienko, A. Kravets' // Tribology in Industry. 2018, Vol. 40, № 2, Pp. 195–202. DOI: 10.24874/ti.40.02.03. (Scopus)

OUR EXPERIENCE IN TREATING TENOSYNOVITIS OF THE LONG HEAD OF THE BICEPS IN PATIENTS WITH INFLAMMATORY DISEASES OF THE SHOULDER JOINT

Pavlychko Yurii,
Associate Professor,
Odessa National Medical University

Boichenko Oleksandra,
6th-Year Medical Student, Faculty of Medicine,
Odessa National Medical University

Tenosynovitis of the long head of the biceps brachii is a relatively common condition, ranking among the more frequent tendon disorders of the shoulder [1].

In the vast majority of cases, injuries of the biceps brachii involve the long head. Approximately 3% of injuries affect the distal tendon, while about 1% involve the short head. Injuries of the long head of the biceps tendon (LHBT) occur predominantly as a result of indirect trauma (87.3%). The main mechanism of LHBT injury is a sudden contraction of a muscle under tension, which may result in tendon rupture.

With increasing age, the number of functionally active collagen fibers within the tendon decreases, leading to a reduction in tendon strength. Repeated sports-related loading may result in tendinopathy (“overuse injury”), which is associated with decreased tendon strength and may ultimately lead to tendon rupture [2].

Objective: To improve treatment outcomes in patients with partial injuries of the long head of the biceps tendon in the intertubercular groove.

Materials and Methods: We performed conservative treatment in 38 patients with partial injuries of the long head of the biceps tendon in the intertubercular groove between 2025 and 2026 at the Medical Center of Odesa National Medical University.

The patients ranged in age from 29 to 58 years; 17 were women and 21 were men. All patients had a partial injury of the long head of the biceps tendon in the intertubercular groove. Following clinical examination, shoulder ultrasonography was performed to confirm the diagnosis in all patients. According to the classification developed by K. V. Filipov, 28 patients had a small tear (up to 1 cm), while 10 patients had a moderate tear (1–3 cm).

Under ultrasound guidance, glucocorticosteroids were administered into the intertubercular groove, followed by immobilization using an arm sling for 3 weeks. After 3–4 days, patients were prescribed a course of physiotherapy, including magnetotherapy, amplitpulse therapy (sinusoidally modulated current therapy), and electrophoresis with anti-inflammatory and warming ointments.

Results and Discussion: Treatment outcomes in patients with partial injuries of the long head of the biceps tendon in the intertubercular groove were assessed over a period

ranging from 4 weeks to 1 year, with monthly follow-up examinations. Treatment outcomes were evaluated using the Neer scale. During the follow-up examinations, particular attention was paid to patients' complaints and the range of motion of the shoulder joint. Satisfactory treatment outcomes were observed in all patients. Based on the obtained results, we conclude that injuries of the biceps brachii are among the common injuries of the shoulder joint. Treatment of injuries of the long head of the biceps tendon with glucocorticosteroids administered into the intertubercular groove under ultrasound guidance was associated with positive functional outcomes and improvement in shoulder joint function.

References

Ankin LN, Ankin HL. Practical Traumatology: European Standards for Diagnosis and Treatment. M. Kniga Plus; 2002.

Johnson DG, Amendola A, Barber FA, et al. Operative Arthroscopy. Vol. 2. Translated from English and edited by S. V. Ivannikov. p. 672.

ВАЗОМОТОРНІ СИМПТОМИ ТА ЗДОРОВ'Я СЕРЦЕВО-СУДИННОЇ СИСТЕМИ

Сюсюка В. Г.

доктор медичних наук, професор, завідувач кафедри акушерства і гінекології, Запорізький державний медико-фармацевтичний університет

Сергієнко М. Ю.

кандидат медичних наук, доцент кафедри акушерства і гінекології, Запорізький державний медико-фармацевтичний університет

Деміденко О. В.

кандидат медичних наук, доцент, завідувач кафедри внутрішніх хвороб №2, Запорізький державний медико-фармацевтичний університет

Онопченко С. П.

кандидат медичних наук, асистент кафедри акушерства і гінекології, Запорізький державний медико-фармацевтичний університет

Кириченко М. М.

PhD, асистент кафедри акушерства і гінекології, Запорізький державний медико-фармацевтичний університет

Естроген відіграє важливу роль у регулюванні та координації енергетичного гомеостазу протягом росту, розвитку, відтворення та старіння жінок. Естроген є фундаментальним регулятором метаболічної системи жіночого мозку та тіла [1, 2]. Як відомо, саме він робить значний внесок у регуляцію вазомоторного тону, хоча рецептор- і ліганд-специфічні сигнальні шляхи все ще потребують подальшого вивчення. Найбільш добре відомим судинним ефектом естрадіолу є продукція оксиду азоту (NO), яка відбувається як за допомогою геномних, так і негеномних механізмів [3]. Фізіологічне зниження рівня ендogenous естрогену може бути пов'язане з вазомоторними симптомами (ВМС), порушенням сну та розладами настрою. Довгостроковими наслідками його втрати є генітоуринарний менопаузальний синдром та остеопороз [4].

Патофізіологія ВМС до кінця не вивчена, але вважається, що вона пов'язана зі змінами в системі терморегуляції, яка підтримує температуру тіла в межах терморегуляторної зони [5, 6]. Як відомо, естроген модулює терморегуляцію, а його зниження або коливання синтезу під час менопаузального переходу відіграє певну роль у механізмі розвитку ВМС [6]. ВМС зустрічаються у 35-50% жінок в перименопаузі та від 30 до 80% жінок у постменопаузі. Припливи, які виникають уночі, як правило, під час сну, часто супроводжуються пітливістю [7]. ВМС можуть негативно впливати на якість життя жінки, її фізичне та психічне

здоров'я, а також професійне життя. Крім того, вони пов'язані з негативними наслідками для здоров'я, включаючи підвищений ризик ішемічної хвороби серця та когнітивних порушень, а також мають потенційну важливість для здоров'я серцево-судинної системи жінок [6, 8, 9].

ВМС можуть представляти новий специфічний для жінок фактор ризику серцево-судинних захворювань (ССЗ) [8]. Зв'язок між ВМС та ССЗ варіюється залежно від їх типу, тяжкості та віку жінки [10]. Початок менопаузи, який зазвичай настає приблизно у 52 роки, збігається зі значним зростанням поширеності ССЗ [11]. Так, серед жінок віком до 60 років ризик серцево-судинних подій вищий у жінок з ВМС, ніж без них. Однак, серед пацієнток віком понад 60 років різниці немає. Крім того, припливи та нічна пітливість демонструють чіткий зв'язок із серцево-судинними маркерами у жінок у ранній постменопаузі [12, 13]. Передчасна та рання природна менопауза має значно вищий ризик розвитку ішемічної хвороби або інсульту до 60 років [14].

Підвищення ризику ССЗ після менопаузи пояснюють різким зниженням рівня ендогенного естрогену, що свідчить про його потенційний кардіопротекторний ефект [15, 16]. Після менопаузи, коли рівень естрогену знижується, яєчник продовжує виробляти тестостерон, і це може бути пов'язано зі збільшенням атеросклеротичних ССЗ у цьому віці [17-19]. Враховуючи, що перехід до менопаузи є руйнівним процесом, який може тривати більше десяти років і викликати симптоми у більшості жінок, для клініцистів важливо розпізнати ранні ознаки та симптоми переходу та бути готовими запропонувати лікування для його пом'якшення [20].

Висновок

Вазомоторні симптоми є найбільш характерними проявами менопаузи, які не лише погіршують якість життя, фізичне та психічне здоров'я, а й потенційно впливають на стан серцево-судинної системи. Тому, для клініцистів різних спеціальностей важливо вміти розпізнавати ранні ознаки та симптоми менопаузального переходу, а також запропонувати лікування для їх полегшення та запобігання віддаленим наслідкам.

Список літератури

1. Zhu J, Zhou Y, Jin B, Shu J. Role of estrogen in the regulation of central and peripheral energy homeostasis: from a menopausal perspective. *Ther Adv Endocrinol Metab.* 2023;15,14:20420188231199359. doi: 10.1177/20420188231199359
2. Rettberg JR, Yao J, Brinton RD. Estrogen: a master regulator of bioenergetic systems in the brain and body. *Front Neuroendocrinol.* 2014;35(1):8-30. doi:10.1016/j.yfrne.2013.08.001
3. Stanhewicz AE, Wenner MM, Stachenfeld NS. Sex differences in endothelial function important to vascular health and overall cardiovascular disease risk across the lifespan. *Am J Physiol Heart Circ Physiol.* 2018;315(6):H1569-H1588. doi:10.1152/ajpheart.00396.2018
4. Stuenkel CA. Menopausal hormone therapy and the role of estrogen. *Clin Obstet Gynecol* 2021;64:757-771. doi: 10.1097/GRF.0000000000000648

5. Conklin M, Santoro N. Neurokinin receptor antagonists as potential non-hormonal treatments for vasomotor symptoms of menopause. *Ther Adv Reprod Health*. 2023;17:26334941231177611. doi: 10.1177/26334941231177611
6. Young Moss S, Lee A, Simon JA. Advances in Pharmacotherapy for Menopausal Vasomotor Symptoms. *Drugs*. 2025;85(11):1363-1379. doi: 10.1007/s40265-025-02231-8
7. Gray KE, Katon JG, LeBlanc ES, Woods NF, Bastian LA, Reiber GE, Weitlauf JC, Nelson KM, LaCroix AZ. Vasomotor symptom characteristics: are they risk factors for incident diabetes? *Menopause*. 2018;25(5):520-530. doi: 10.1097/GME.0000000000001033
8. Thurston RC, Aslanidou Vlachos HE, Derby CA, Jackson EA, Brooks MM, Matthews KA, Harlow S, Joffe H, El Khoudary SR. Menopausal Vasomotor Symptoms and Risk of Incident Cardiovascular Disease Events in SWAN. *J Am Heart Assoc*. 2021;2:10(3):e017416. doi: 10.1161/JAHA.120.017416
9. Carson MY, Thurston RC. Vasomotor symptoms and their links to cardiovascular disease risk. *Curr Opin Endocr Metab Res*. 2023;30:100448. doi: 10.1016/j.coemr.2023.100448
10. Xia W, Khalil RA. Hormone Replacement Therapy and Cardiovascular Health in Postmenopausal Women. *Int J Mol Sci*. 2025;26(11):5078. doi: 10.3390/ijms26115078.
11. El Khoudary SR, Aggarwal B, Beckie TM, Hodis HN, Johnson AE, Langer RD, Limacher MC, Manson JE, Stefanick ML, Allison MA; American Heart Association Prevention Science Committee of the Council on Epidemiology and Prevention; and Council on Cardiovascular and Stroke Nursing. Menopause Transition and Cardiovascular Disease Risk: Implications for Timing of Early Prevention: A Scientific Statement From the American Heart Association. *Circulation*. 2020;142(25):e506-e532. doi: 10.1161/CIR.0000000000000912
12. Hitchcock CL, Elliott TG, Norman EG, Stajic V, Teede H, Prior JC. Hot flushes and night sweats differ in associations with cardiovascular markers in healthy early postmenopausal women. *Menopause*. 2012;19(11):1208-14. doi: 10.1097/gme.0b013e31825541cc
13. Armeni A, Anagnostis P, Armeni E, Mili N, Goulis D, Lambrinoudaki I. Vasomotor symptoms and risk of cardiovascular disease in peri- and postmenopausal women: A systematic review and meta-analysis. *Maturitas*. 2023;171:13-20. doi: 10.1016/j.maturitas.2023.02.004
14. Zhu D, Chung HF, Dobson AJ, Pandeya N, Giles GG, Bruinsma F, Brunner EJ, Kuh D, Hardy R, Avis NE, Gold EB, Derby CA, Matthews KA, Cade JE, Greenwood DC, Demakakos P, Brown DE, Sievert LL, Anderson D, Hayashi K, Lee JS, Mizunuma H, Tillin T, Simonsen MK, Adami HO, Weiderpass E, Mishra GD. Age at natural menopause and risk of incident cardiovascular disease: a pooled analysis of individual patient data. *Lancet Public Health*. 2019;4(11):e553-e564. doi: 10.1016/S2468-2667(19)30155-0
15. Oliver-Williams C, Glisic M, Shahzad S, Brown E, Pellegrino Baena C, Chadni M, Chowdhury R, Franco OH, Muka T. The route of administration, timing,

duration and dose of postmenopausal hormone therapy and cardiovascular outcomes in women: a systematic review. *Hum Reprod Update*. 2019;1,25(2):257-271. doi: 10.1093/humupd/dmy039

16. Iorga A, Cunningham CM, Moazeni S, Ruffenach G, Umar S, Eghbali M. The protective role of estrogen and estrogen receptors in cardiovascular disease and the controversial use of estrogen therapy. *Biol Sex Differ*. 2017;8(1):33. Published 2017 Oct 24. doi:10.1186/s13293-017-0152-8

17. Rech CM, Clapauch R, de Souza Md, Bouskela E. Low testosterone levels are associated with endothelial dysfunction in oophorectomized early postmenopausal women. *Eur J Endocrinol*. 2016;174(3):297-306. doi:10.1530/EJE-15-0878

18. Zhao D, Guallar E, Ouyang P, et al. Endogenous Sex Hormones and Incident Cardiovascular Disease in Post-Menopausal Women. *J Am Coll Cardiol*. 2018;71(22):2555-2566. doi:10.1016/j.jacc.2018.01.083

19. Mathews L, Subramanya V, Zhao D, et al. Endogenous Sex Hormones and Endothelial Function in Postmenopausal Women and Men: The Multi-Ethnic Study of Atherosclerosis. *J Womens Health (Larchmt)*. 2019;28(7):900-909. doi:10.1089/jwh.2018.7441

20. Santoro N, Roeca C, Peters BA, Neal-Perry G. The Menopause Transition: Signs, Symptoms, and Management Options. *J Clin Endocrinol Metab*. 2021;1:106(1):1-15. doi: 10.1210/clinem/dgaa764

КАРДІОПРОТЕКТИВНІ ЕФЕКТИ АГОНІСТІВ РЕЦЕПТОРІВ GLP-1

Трофименко Валерія Володимирівна

здобувач вищої освіти III медичного факультету
Харківський національний медичний університет

Сівак Поліна Михайлівна

здобувач вищої освіти III медичного факультету
Харківський національний медичний університет

Візір Марина Олександрівна

к.мед.н., доцент кафедри внутрішньої медицини №1
Харківський національний медичний університет

Вступ. Агоністи рецепторів глюкагоноподібного пептиду-1 (GLP-1) продемонстрували виражені кардіопротективні ефекти, що виходять далеко за межі глікемічного контролю за рахунок протизапальних, гемодинамічних та метаболічних механізмів [1]. Дослідження застосування семаглутиду підтверджують зниження ризику основних серцево-судинних подій (major adverse cardiac events, MACE) на 20% у пацієнтів із серцево-судинною патологією та ожирінням без діабету, а також суттєве зменшення симптомів, покращення фізичної працездатності й зниження N-кінцевого фрагменту мозкового натрійуретичного пропептиду (NT-proBNP) при серцевій недостатності зі збереженою фракцією викиду (HFrEF) як за наявності, так і за відсутності цукрового діабету 2 типу (ЦД 2 типу) [2-4].

Мета: Дослідити кардіопротективну дію агоністів рецепторів GLP-1 (зокрема семаглутиду) у пацієнтів із HFrEF й супутнім ожирінням.

Матеріали та методи. Дослідження включало аналіз результатів міжнародних рандомізованих подвійних сліпих плацебо-контрольованих досліджень (STEP-HFrEF, STEP-HFrEF DM та SELECT), у яких вивчали ефективність щотижневого підшкірного введення семаглутиду в дозі 2,4 мг у пацієнтів із серцево-судинною патологією, ожирінням та HFrEF. Аналіз охоплював оцінку динаміки балу канзаського опитувальника кардіоміопатії (KCCQ-CSS), дистанції 6-хвилинної ходьби, маси тіла, С-реактивного білка, NT-proBNP, а також частоту розвитку MACE та композитних точок серцевої недостатності.

Результати. У пацієнтів із HFrEF та ожирінням тижневе застосування семаглутиду в дозі 2,4 мг протягом 52 тижнів привело до статистично значущого покращення стану за шкалою KCCQ-CSS: середня зміна становила 16,6 бала проти 8,7 бала у групі плацебо (різниця 7,8 бала, $p<0,001$), а у пацієнтів із супутнім ЦД 2 типу — 13,7 бала проти 6,4 бала (різниця 7,3 бала, $p<0,001$) [1, 2]. Терапія семаглутидом забезпечила виражене зниження маси тіла: на -13,3%

проти -2,6% у пацієнтів без діабету та на -9,8% проти -3,4% у пацієнтів із ЦД 2 типу [1, 2]. Також зафіксовано вірогідне збільшення дистанції 6-хвилинної ходьби — різниця з плацебо становила 20,3 м у дослідженні STEP-HFpEF та 14,3 м у дослідженні STEP-HFpEF DM [1, 2].

Аналіз біомаркерів продемонстрував суттєвий протизапальний та гемодинамічний ефект препарату зі зниженням рівнів С-реактивного білка на 43,5% у групі семаглутиду проти 7,3% у групі плацебо в осіб без діабету та на 42,0% проти 12,8% у пацієнтів із діабетом [1, 3]. Крім того, спостерігалось виражене зниження рівнів NT-proBNP при застосуванні семаглутиду в обох дослідженнях, а частота серйозних побічних явищ у групах активної терапії була нижчою порівняно з плацебо [1, 3-4]. У масштабному дослідженні SELECT терапія семаглутидом у дозі 2,4 мг у пацієнтів із серцево-судинними захворюваннями та ожирінням без діабету зменшила ризик виникнення МАСЕ на 20% (HR 0,80; 95% CI 0,72–0,90; $p < 0,001$) [5].

Висновки. Було встановлено, що семаглутид у дозі 2,4 мг ефективний у досліджуваній групі пацієнтів, бо він знижує ризик несприятливих подій паралельно зі зменшенням маси тіла за рахунок суттєвого зниження вісцерального жиру. Проте даний препарат реалізує свій вплив ще й завдяки прямим хворобо-модифікуючим механізмам, що охоплюють зниження С-реактивного білка, зниження рівня NT-proBNP та деконгестію. Отримані результати підтверджують доцільність застосування агоністів рецепторів GLP-1 як доцільної терапевтичної стратегії у пацієнтів із фенотипом HFpEF та ожирінням незалежно від наявності супутнього ЦД 2 типу.

Список літератури

1. Kosiborod, M. N., Abildstrøm, S. Z., Borlaug, et al. STEP-HFpEF Trial Committees and Investigators (2023). Semaglutide in Patients with Heart Failure with Preserved Ejection Fraction and Obesity. *The New England journal of medicine*, 389(12), 1069–1084. <https://doi.org/10.1056/NEJMoa2306963>
2. Kosiborod, M. N., Petrie, M. C., Borlaug, B. A., et al. STEP-HFpEF DM Trial Committees and Investigators (2024). Semaglutide in Patients with Obesity-Related Heart Failure and Type 2 Diabetes. *The New England journal of medicine*, 390(15), 1394–1407. <https://doi.org/10.1056/NEJMoa2313917>
3. Lincoff, A. M., Brown-Frandsen, K., Colhoun, et al. & SELECT Trial Investigators (2023). Semaglutide and Cardiovascular Outcomes in Obesity without Diabetes. *The New England journal of medicine*, 389(24), 2221–2232. <https://doi.org/10.1056/NEJMoa2307563>
4. Marx, N., Federici, M., Schütt, K., et al. ESC Scientific Document Group (2023). 2023 ESC Guidelines for the management of cardiovascular disease in patients with diabetes. *European heart journal*, 44(39), 4043–4140. <https://doi.org/10.1093/eurheartj/ehad192>
5. Tommerdahl, K. L., Nadeau, K. J., & Bjornstad, P. (2021). Mechanisms of Cardiorenal Protection of Glucagon-Like Peptide-1 Receptor Agonists. *Advances in chronic kidney disease*, 28(4), 337–346. <https://doi.org/10.1053/j.ackd.2021.06.001>

АРТТЕРАПЕВТИЧНІ МЕТОДИ У РОЗВИТКУ ОСОБИСТІСНИХ РЕСУРСІВ ПОДОЛАННЯ СТРЕСУ

Кочерга Євгенія,

кандидат педагогічних наук, доцент,
доцент кафедри психології,
Бердянський державний педагогічний університет

Мацюк Ігор,

здобувач другого (магістерського) рівня вищої освіти
спеціальності С4 Психологія,
Бердянський державний педагогічний університет

Мацюк Ірина,

здобувач другого (магістерського) рівня вищої освіти
спеціальності С4 Психологія,
Бердянський державний педагогічний університет

Сучасна людина дедалі частіше стикається не з окремими короткочасними стресовими ситуаціями, а з тривалим накопиченням напруження, пов'язаного з невизначеністю, швидкими змінами умов життя, професійними та особистими труднощами, а в українських реаліях – ще й із наслідками війни. За таких обставин особливого значення набуває не лише зменшення негативних проявів стресу, а й здатність людини зберігати внутрішню рівновагу, відновлюватися після складних подій, звертатися до власних і зовнішніх ресурсів та знаходити прийнятні способи реагування на ситуації, які неможливо повністю контролювати.

Важливу роль у подоланні стресу відіграють особистісні ресурси: здатність усвідомлювати та регулювати власний емоційний стан, підтримувати відчуття особистих меж, конструктивно висловлювати свої потреби, звертатися по допомогу, зберігати гнучкість у складних обставинах. Водночас у стані тривалого напруження людині не завжди легко розпізнати власні переживання та знайти для них словесне вираження. Саме тому актуальним є пошук психологічних методів, які дозволяють працювати з внутрішнім досвідом не лише на вербальному рівні.

Одним із таких напрямів є використання арттерапевтичних методів. Звернення до образу, кольору, символу, метафори та творчої діяльності створює можливості для вираження складних переживань, кращого розуміння власного стану, пошуку внутрішніх опор і актуалізації ресурсів, які людина не завжди усвідомлює у повсякденному житті [1]. У цьому контексті дослідження можливостей арттерапевтичних методів у розвитку особистісних ресурсів подолання стресу є актуальним як у теоретичному, так і в практичному аспекті.

Подолання стресу значною мірою залежить від того, якими внутрішніми та зовнішніми ресурсами володіє людина і наскільки вона здатна користуватися ними у складній ситуації. До особистісних ресурсів можна віднести емоційну саморегуляцію, здатність до рефлексії, гнучкість поведінки, усвідомлення власних потреб і меж, упевненість у власних можливостях, здатність звертатися по підтримку та вибудовувати конструктивну взаємодію з іншими. Важливим є не лише наявність певних якостей, а й уміння актуалізувати їх тоді, коли звичні способи реагування перестають бути ефективними.

Тривале стресове навантаження може суттєво ускладнювати цей процес. Людині стає важче розпізнавати власні емоції, оцінювати свої можливості, приймати рішення, зберігати особисті межі. Частина психологічних ресурсів ніби залишається недоступною: людина може знати, що раніше допомагало їй справлятися з труднощами, але не відчувати можливості скористатися цим досвідом у теперішній ситуації. За таких умов психологічна допомога має бути спрямована не тільки на зменшення емоційного напруження, а й на поступове відновлення контакту людини із власними можливостями та джерелами підтримки.

Одним із важливих особистісних ресурсів у цьому контексті можна розглядати асертивність. Вона проявляється у здатності усвідомлювати та відкрито висловлювати власні думки, почуття і потреби, відстоювати особисті межі, говорити «ні», звертатися по допомогу, не порушуючи при цьому меж та гідності іншої людини. Асертивна поведінка не тотожна жорсткості чи прагненню наполягти на своєму за будь-яких обставин. Навпаки, вона передбачає пошук балансу між власними потребами та повагою до іншого. У стресовій ситуації така здатність може мати особливе значення, оскільки дозволяє людині своєчасно повідомляти про свої потреби, визначати прийнятний рівень навантаження, просити про підтримку та відмовлятися від того, що перевищує її актуальні можливості [3].

Водночас стрес, особливо тривалий або пов'язаний із травматичними подіями, може змінювати звичні способи взаємодії людини з оточенням. Одні люди стають більш конфліктними та різкими, інші, навпаки, уникають суперечностей, погоджуються на небажані для себе рішення, замовчують власні потреби. Тому розвиток асертивності доцільно поєднувати з роботою над емоційною саморегуляцією, усвідомленням особистих меж та формуванням більш гнучких способів реагування [3].

Певні можливості для такої роботи створюють арттерапевтичні методи. Їхня особливість полягає в тому, що переживання, які складно одразу описати словами, можуть отримати символічне вираження в малюнку, колажі, пластичному образі, метафорі або створеній історії. Творчий продукт у цьому випадку стає своєрідним посередником між внутрішнім досвідом людини та його усвідомленням (табл. 1). Важливим є не художній результат, а те, що людина помічає і відкриває для себе у процесі створення образу та подальшої рефлексії [1].

Таблиця 1.

Можливості арттерапевтичних методів у розвитку особистісних ресурсів
подолання стресу

Особистісний ресурс	Приклади вправ	Психологічне значення
Емоційна саморегуляція	«Мій стан зараз», робота з кольором і образом емоції	Розпізнавання емоцій, усвідомлення напруження, пошук способів його регуляції
Внутрішня опора	«Дерево внутрішньої опори», «Мої ресурси», ресурсний колаж	Актуалізація сильних сторін, попереднього досвіду подолання та джерел підтримки
Відчуття безпеки	«Безпечне місце», створення символу захищеності	Усвідомлення умов, за яких людина відчуває спокій, опору та контроль
Асертивність і особисті межі	«Мої межі», «Я маю право»	Усвідомлення власних потреб і меж, розвиток здатності висловлювати позицію, відмовляти та звертатися по допомогу
Рефлексивність	Метафоричний образ «Я у складній ситуації», «Я зараз»	Усвідомлення власних реакцій, потреб і звичних способів поведінки
Гнучкість у подоланні труднощів	Трансформація створеного образу, «Я зараз – Я після відновлення»	Пошук альтернативних способів реагування, розширення бачення ситуації та можливих шляхів її подолання

Для дослідження особистісних ресурсів можуть використовуватися вправи «Мої ресурси», «Дерево внутрішньої опори», «Місце, де я відчуваю себе в безпеці», створення ресурсного колажу або символу, який асоціюється із силою та підтримкою. Наприклад, у вправі «Дерево внутрішньої опори» коріння може символізувати досвід, цінності, значущих людей і те, що вже допомагало долати складні періоди; стовбур – особисті якості та здібності; крона – можливості, бажання і те, до чого людина прагне. Подальше обговорення створеного образу допомагає не просто назвати ресурси, а побачити їх взаємозв'язок та визначити, якими з них можна скористатися зараз.

Окремий напрям арттерапевтичної роботи може бути пов'язаний з особистими межами та асертивною поведінкою. У вправі «Мої межі» людина створює образ власного психологічного простору, визначає, що знаходиться всередині нього, що залишається зовні, кого вона готова впустити ближче, а де потребує більшої дистанції. Під час обговорення можуть виникати питання про ситуації, у яких межі легко зберігати, і ті, де зробити це складніше. Вправа «Я маю право» може поєднувати образотворчу роботу з осмисленням власних потреб і права на відмову, відпочинок, допомогу, помилку, власну думку чи

зміну рішення. Такі завдання створюють простір для дослідження власної поведінки без необхідності одразу переходити до прямого обговорення складних життєвих ситуацій.

Під час роботи з наслідками травматичного стресу особливого значення набувають безпека, передбачуваність і можливість людини самостійно визначати ступінь занурення у власний досвід. Тому арттерапевтична робота не обов'язково має передбачати безпосереднє зображення травматичної події. На початкових етапах доцільніше звертатися до ресурсних і стабілізаційних тем: образу безпечного місця, джерел підтримки, відчуття опори, власних сильних сторін, бажаного майбутнього. Важливо, щоб людина мала право відмовитися від виконання вправи, змінити її зміст або припинити роботу, якщо вона викликає надмірне емоційне напруження.

Робота з творчим образом може включати і його подальшу трансформацію. Наприклад, після зображення актуального стану людині можна запропонувати додати до малюнка те, чого їй зараз бракує: захист, підтримку, простір, силу, спокій або інший ресурс. Іноді сама можливість змінити створений образ стає важливим досвідом, оскільки дозволяє перейти від фіксації на складному стані до пошуку того, що може його змінити [1]. Водночас така символічна трансформація не повинна трактуватися як автоматичне вирішення реальної проблеми; її цінність полягає передусім у розширенні способів осмислення ситуації та пошуку можливих опор.

Отже, використання арттерапевтичних методів у роботі з особистісними ресурсами може охоплювати кілька взаємопов'язаних напрямів: усвідомлення емоційного стану, пошук і актуалізацію ресурсів, дослідження особистих меж, розвиток асертивності, формування навичок саморегуляції та пошук конструктивних способів реагування на складні ситуації. Особливу цінність має можливість поєднати вербальне осмислення досвіду з його образним і символічним вираженням.

Разом із тим арттерапевтичні методи не варто розглядати як універсальний або самодостатній спосіб подолання наслідків травматичного стресу. Результати сучасних систематичних оглядів і метааналізів свідчать про перспективність використання творчих терапевтичних підходів у роботі з наслідками травматичного досвіду, водночас наявна доказова база залишається неоднорідною та потребує подальших досліджень [2; 4; 5]. За наявності виражених посттравматичних реакцій арттерапевтичні методи мають застосовуватися фахівцем відповідної кваліфікації з урахуванням стану людини та загальної стратегії психологічної або психотерапевтичної допомоги. У такому контексті арттерапевтична робота може стати одним із засобів, що допомагає людині відновлювати контакт із власними ресурсами, краще розуміти свої потреби та поступово розширювати доступні способи подолання стресу.

Список літератури

1. Митрофанова-Керсанова Л. А., Кочерга Є. В., Яковліва О. П., Яременко Л. Г., Сауріна О. І. Арттерапія в контексті соціально-педагогічної підтримки та

реабілітації особистості. *Перспективи та інновації науки*. 2025. № 5(51). С. 2108–2124. DOI: 10.52058/2786-4952-2025-5(51).

2. Annous N., Al-Hroub A., El Zein F. A Systematic Review of Empirical Evidence on Art Therapy With Traumatized Refugee Children and Youth. *Frontiers in Psychology*. 2022. Vol. 13. Article 811515. DOI: 10.3389/fpsyg.2022.811515.

3. ElBarazi A. S., Mohamed F., Mabrok M., Adel A., Abouelkheir A., Ayman R., Mustfa M., Elmosallamy M., Yasser R., Mohamed F. Efficiency of assertiveness training on the stress, anxiety, and depression levels of college students (Randomized control trial). *Journal of Education and Health Promotion*. 2024. Vol. 13. Article 203. DOI: 10.4103/jehp.jehp_264_23.

4. Wang J., Zhang B., Yahaya R., et al. Colors of the mind: a meta-analysis of creative arts therapy as an approach for post-traumatic stress disorder intervention. *BMC Psychology*. 2025. Vol. 13. Article 32. DOI: 10.1186/s40359-025-02361-4.

5. Li Z., Cui Q., Liu X. Systematic review of the effectiveness of arts therapy for children and adolescents with post-traumatic stress disorder. *Frontiers in Psychiatry*. 2025. Vol. 16. Article 1716481. DOI: 10.3389/fpsy.2025.1716481.

МОЖЛИВОСТІ ТА ПРАКТИЧНІ НАПРЯМИ ЗАСТОСУВАННЯ МЕТОДУ EMOTIONAL-LEVEL HAPPINESS MANAGEMENT (ELHM) У ПРОФЕСІЙНІЙ ПІДГОТОВЦІ ФАХІВЦІВ ЦИВІЛЬНОГО ЗАХИСТУ

Пасинчук Кирило Миколайович

кандидат педагогічних наук, доцент,
доцент кафедри підвищення кваліфікації та
спеціалізованої підготовки у сфері цивільного захисту,
Національний університет цивільного захисту України,
Черкаси, Україна

Вступ. Професійна підготовка фахівців цивільного захисту в умовах воєнного стану передбачає опанування спеціальних знань і практичних алгоритмів, готовність працювати в невизначених обставинах, взаємодіяти з постраждалими та приймати відповідальні рішення за значного психоемоційного навантаження. Робота рятувальника пов'язана не тільки з техногенними, природними та воєнними загрозами, а й з необхідністю зберігати ясність професійного мислення, підтримувати комунікацію в команді та враховувати стан людей, які потребують допомоги. За таких обставин психолого-педагогічна складова професійної освіти набуває окремого практичного значення.

У праці О. Черненка та К. Пасинчука, присвяченій проблемам підготовки фахівців сектору безпеки і оборони, наголошено на складності навчання та професійної діяльності в екстремальних умовах, впливі нервово-емоційного напруження й необхідності гуманізації та безперервності професійної підготовки [1]. У подальшій спільній праці К. Пасинчука, В. Архипенка й О. Черненка предметом розгляду стали психолого-педагогічні особливості підготовки майбутніх фахівців ДСНС України в умовах воєнного стану [2]. Ці дослідження визначають професійно-освітній контекст для аналізу підходів, спрямованих на розвиток усвідомленого ставлення фахівця до власних почуттів та їхнього впливу на поведінку.

Один із підходів, який становить інтерес для такого міждисциплінарного аналізу, — авторський метод Emotional-Level Happiness Management (ELHM), представлений Тетяною Дунаєвською у монографії «Emotional-level happiness management (ELHM): the 7 feelings system for emotional regulation and personal transformation» [3]. У контексті цієї роботи увагу зосереджено не на медичних або психотерапевтичних завданнях, а на освітньому потенціалі окремих положень методу: емоційній усвідомленості, розумінні власних почуттів, розпізнаванні емоційних станів та усвідомленому виборі подальшої реакції.

Мета та методи роботи. Мета роботи — на основі міждисциплінарного аналізу праць із професійної підготовки фахівців цивільного захисту та публікацій про ELHM визначити можливості й практичні напрями використання

окремих освітніх елементів методу у підготовці курсантів і підвищенні кваліфікації працівників ДСНС України. Для досягнення мети застосовано аналіз наукових публікацій, зіставлення психолого-педагогічних положень та концептуальне моделювання навчальних ситуацій. Робота має теоретико-прикладний характер: вона пропонує напрями адаптації та критерії подальшого вивчення, але не представляє результати проведеного експерименту або фактичного впровадження ELHM у підрозділах ДСНС.

Аналіз наукових джерел. Монографія Т. Дунаєвської систематизує авторську модель «7 Feelings» («7 рівнів почуттів»), описує діагностичний підхід КІТ, послідовність індивідуальної роботи та практичні випадки з авторської діяльності [3]. Сім рівнів у цій моделі відображають етапи роботи з внутрішнім досвідом людини — від зацікавлення й усвідомлення через дослідження складних переживань до формування нового досвіду та його інтеграції. Водночас повне проходження авторської програми не слід ототожнювати з короткими навчальними вправами, придатними для професійної підготовки рятувальників.

У статті Т. Дунаєвської «Педагогічні технології формування усвідомленості та емоційної стійкості в освітньому процесі» розглянуто розвиток усвідомленості педагога, навичок рефлексії та емоційної грамотності як складових професійного розвитку й педагогічної взаємодії [4]. Для системи відомчої освіти значущим є методичний принцип, висвітлений у цій праці: усвідомлення власних почуттів може бути предметом цілеспрямованого навчання через рефлексивні вправи та аналіз професійних ситуацій. Це створює педагогічне підґрунтя для розгляду можливостей адаптації окремих освітніх елементів ELHM до підготовки курсантів і слухачів ДСНС.

У праці Т. Дунаєвської «Technology-induced stress and emotional self-regulation: Exploring the potential of the ELHM method» проаналізовано інформаційне перевантаження, багатозадачність та прискорений темп цифрової комунікації, а також розглянуто потенціал ELHM для розвитку усвідомлення власних емоційних станів у таких умовах [5]. Ця проблематика відкриває окремий напрям для професійної підготовки рятувальників: розроблення навчальних сценаріїв із надходженням різноспрямованої інформації, зміною оперативних даних і необхідністю чіткої командної взаємодії. Застосування цих положень до діяльності фахівців цивільного захисту в цій роботі розглядається як запропонований освітній напрям.

Виклад основного матеріалу. Вихідним положенням запропонованої адаптації є розмежування професійної підготовки, психологічного супроводу та клінічної допомоги. Під час освітньої роботи доцільно використовувати ті елементи ELHM, що формують уміння називати власні почуття, помічати зв'язок між переживанням та оцінкою ситуації, усвідомлювати особисті реакції та свідомо обирати поведінку в межах посадових обов'язків [3]. Йдеться про доповнення наявних програм, а не про заміну протоколів безпеки, фахової психологічної допомоги або спеціальної підготовки до реагування на надзвичайні ситуації.

Перший напрям — розвиток емоційної усвідомленості в процесі навчання. Навчальні заняття доцільно доповнювати короткими рефлексивними завданнями, які допомагають курсанту розпізнати переживання, що виникають під час виконання складної вправи, оцінити їхній можливий вплив на увагу та взаємодію з іншими й відокремити емоційне переживання від необхідного професійного рішення. Предметом такої роботи є не оцінювання «правильності» почуттів, а розвиток словника емоційних станів і здатності усвідомлювати власний досвід. Цей підхід поєднує потреби професійної освіти ДСНС [1; 2] із педагогічними положеннями щодо формування усвідомленості [4].

Другий напрям — усвідомлений вибір реакції під час моделювання кризових ситуацій. У навчальному сценарії викладач може запропонувати слухачам визначити: яку подію вони сприйняли як загрозу; яке почуття виникло; на що було спрямовано увагу; яку дію вони обрали; чи відповідала вона службовому алгоритму. Обговорення проводиться після завершення вправи, коли учасники перебувають у безпечних умовах і можуть проаналізувати власні рішення. При цьому будь-які рефлексивні прийоми не повинні затримувати евакуацію, виконання наказу чи надання невідкладної допомоги. Професійний алгоритм і вимоги безпеки залишаються пріоритетними.

Третій напрям — формування емпатійної, але професійно виваженої комунікації. Під час взаємодії з постраждалими фахівець стикається з різними емоційними реакціями людей: страхом, гнівом, розпачем, розгубленістю або мовчанням. Освітні елементи ЕЛНМ можна використати для тренування здатності розпізнавати власне переживання, не переносити його автоматично на співрозмовника, ставити зрозумілі запитання та зберігати повагу до гідності людини [3]. У межах рольових вправ важливо також відпрацьовувати професійні межі: не обіцяти того, що неможливо забезпечити, не нав'язувати постраждалому інтерпретацію його почуттів і вчасно залучати відповідного спеціаліста, коли ситуація виходить за межі компетенції рятувальника.

Четвертий напрям — підтримка командної взаємодії та підготовки керівного складу. У професійному колективі нерозпізнані переживання здатні впливати на стиль комунікації. У навчальному форматі доцільно аналізувати ситуації, коли напруження, невизначеність чи роздратування ускладнюють передачу інформації, розподіл відповідальності або сприйняття зворотного зв'язку. Положення про емоційну усвідомленість, представлені у монографії ЕЛНМ та педагогічній статті Т. Дунаєвської [3; 4], можна використати для обговорення зв'язку між внутрішнім станом і професійним спілкуванням. Головним критерієм службової підготовки при цьому залишаються точність командної взаємодії та дотримання встановлених процедур.

П'ятий напрям — рефлексія після завершення практичних занять. Розбір навчального сценарію зазвичай охоплює правильність технічних дій, використання спорядження, дотримання часу та командних процедур. До такого розбору пропонується додати добровільний елемент аналізу внутрішнього досвіду: що учасник відчув у ключовий момент, як це вплинуло на сприйняття інформації та що він врахує під час наступного завдання. Йдеться не про групове

розкриття приватних переживань і не про примусове обговорення травматичного досвіду. Зворотний зв'язок повинен стосуватися навчальних дій, а особиста інформація — залишатися конфіденційною.

Шостий напрям — створення спеціалізованих навчальних матеріалів для підвищення кваліфікації. Перспективною формою є короткий факультативний модуль, який поєднує теоретичне знайомство з поняттям емоційної усвідомленості, аналіз типових службових комунікацій, навчальні ситуації та індивідуальну рефлексію. За змістом цей модуль має бути адаптований до професійних завдань конкретної категорії слухачів: курсантів, керівників підрозділів, інструкторів або персоналу, який регулярно спілкується з постраждалим населенням. Розроблення модуля доцільно здійснювати у співпраці викладачів профільних дисциплін і кваліфікованих психологів, а зміст авторських матеріалів ELHM використовувати з належним зазначенням джерела [3].

Для демонстрації такого підходу розглянемо умовну навчальну ситуацію. Під час змодельованого реагування на надзвичайну подію учасник одержує неповну інформацію, повинен передати її команді й організувати подальші дії. Після завершення вправи він описує послідовність подій, визначає, чи виникали страх, поспіх або роздратування, і зіставляє власні переживання з ухваленими рішеннями. Викладач допомагає відокремити емоційний досвід від фактичного виконання алгоритму. Умовний приклад ілюструє можливу структуру заняття; він не є описом реально проведеного експерименту або підтвердженого випадку впровадження ELHM.

Організаційно впровадження запропонованих елементів доцільно розглядати як поетапний процес. На підготовчому етапі потрібно визначити цільову групу, конкретні навчальні результати, зміст вправ та межі компетенції викладачів. На етапі апробації — провести добровільні навчальні заняття в контрольованих умовах, отримати зворотний зв'язок слухачів і викладачів та оцінити відповідність матеріалів професійним завданням. На етапі оцінювання — зіставити результати з попередньо визначеними навчальними критеріями й лише після цього вирішувати питання про ширше використання програми. Таке впровадження узгоджується із завданням удосконалення психолого-педагогічної складової відомчої освіти [1; 2].

Для майбутнього емпіричного дослідження пропонується відокремити три групи показників. Перша охоплює навчальні результати: точність розпізнавання та називання почуттів, якість рефлексивного опису й уміння пояснити зв'язок між переживанням і професійною дією. Друга стосується професійно-поведінкових критеріїв у змодельованих умовах: дотримання алгоритму, точності переданої інформації та взаємодії в команді. Третя включає суб'єктивні оцінки прийнятності та корисності освітнього модуля. Доцільно передбачити вимірювання до і після навчання, порівняльну групу за можливості та незалежне оцінювання практичних завдань. Будь-які висновки про зменшення професійного вигорання, підвищення службової ефективності або тривалий

психологічний ефект вимагатимуть окремого належно спланованого дослідження.

Зіставлення праць Т. Дунаєвської про педагогічну усвідомленість та інформаційне переважання [4; 5] із дослідженнями підготовки фахівців ДСНС [1; 2] дає змогу визначити навчальні завдання для адаптації окремих елементів ELHM до відомчої освіти. Запропонований підхід потребує окремої апробації саме серед курсантів і фахівців цивільного захисту. Водночас навчальний модуль має бути зосереджений на усвідомленні почуттів, аналізі професійних рішень та комунікації; робота з травматичними переживаннями й клінічними станами залишається у сфері компетенції відповідних фахівців.

Висновки. Аналіз фахових праць із підготовки спеціалістів сектору безпеки і цивільного захисту [1; 2] та публікацій Т. Дунаєвської [3–5] дозволяє окреслити теоретичні передумови використання окремих освітніх елементів ELHM у професійній підготовці. Практичний інтерес становлять навички розпізнавання власних почуттів, усвідомлення їхнього впливу на професійне сприйняття, рефлексія після навчальних вправ, емпатійна комунікація та усвідомлений вибір реакції за обов'язкового дотримання службових алгоритмів.

Запропоновано шість взаємопов'язаних напрямів адаптації: розвиток емоційної усвідомленості; аналіз рішень у змодельованих кризових ситуаціях; професійна комунікація з постраждалими; командна взаємодія; рефлексія після навчальних занять; створення факультативних матеріалів для підвищення кваліфікації. Їхня реалізація передбачає міждисциплінарну співпрацю та чітке розмежування освітніх вправ, психологічного супроводу й клінічної допомоги.

Перспективою подальшої роботи є розроблення й погодження з профільними фахівцями пілотного навчального модуля, його добровільна апробація та оцінювання за визначеними педагогічними й професійно-поведінковими показниками. Запропонована концепція має статус теоретико-прикладної моделі; питання її ефективності в системі цивільного захисту залишається відкритим до отримання результатів окремого емпіричного дослідження.

Список літератури

1. Черненко О. М., Пасинчук К. М. Психолого-педагогічні проблеми підготовки фахівців для сектору безпеки і оборони в сучасних умовах. Гуманітарний дискурс суспільних проблем: минуле, сучасне, майбутнє: матеріали Всеукраїнської наукової конференції з міжнародною участю, 18 квітня 2024 р. 2024. С. 232–234. URL: <https://repositsc.nuczu.edu.ua/handle/123456789/24370> (повний збірник).

2. Пасинчук К. М., Архипенко В. О., Черненко О. М. Психолого-педагогічні особливості підготовки майбутніх фахівців ДСНС України в умовах воєнного стану. Електронний репозитарій Національного університету цивільного захисту України. 2025. URL: <https://repositsc.nuczu.edu.ua/handle/123456789/26878>.

3. Dunaievskia T. Emotional-level happiness management (ELHM): the 7 feelings system for emotional regulation and personal transformation. Monograph. Boston, USA: Primedia eLaunch, 2026. 123 p. DOI: <https://doi.org/10.46299/979-8-90600-150-4>.

4. Дунаєвська Т. Педагогічні технології формування усвідомленості та емоційної стійкості в освітньому процесі. Наукові записки. Серія: Педагогічні науки. 2025. № 221. С. 169–173. DOI: <https://doi.org/10.36550/2415-7988-2025-1-221-169-173>.

5. Dunaievskia T. Technology-induced stress and emotional self-regulation: Exploring the potential of the ELHM method. Technology as an Extension of Man: The Limits of the Possible and New Paradigms: Proceedings of the XVII International Scientific and Practical Conference (Paris, France, April 28 – May 1, 2026). International Science Group, 2026. P. 203–209. DOI (збірника): <https://doi.org/10.46299/ISG.2026.1.17>.

МОНІТОРИНГ ТА ОЦІНЮВАННЯ МЕХАНІЗМІВ ДЕРЖАВНОЇ БЕЗПЕКИ В УМОВАХ СУЧАСНИХ ЗАГРОЗ

Педосенко Василь Володимирович

здобувач вищої освіти
Національний університет цивільного захисту України

Хмиров Ігор Михайлович

доктор наук з державного управління, доцент
доцент кафедри управління у сфері цивільного захисту
Національний університет цивільного захисту України

Вавренюк Сергій Анатолійович

доктор наук з державного управління, доцент
доцент кафедри управління у сфері цивільного захисту
Національний університет цивільного захисту України

В сьогоденнішніх реаліях для безпекового середовища нашої держави притаманні невизначеність, високий рівень динамічності та взаємозалежність загроз. Усі ці фактори впливають на формування та реалізацію державної політики в сфері національної та державної безпеки. Актуальність даної проблематики посилюється тривалою збройною агресією російської федерації, правовим режимом воєнного стану, збільшенням воєнних, диверсійних, кібернетичних й інформаційних загроз, постійними обстрілами об'єктів критичної інфраструктури, об'єктів енергогенеруючої галузі. В таких умовах для забезпечення державної та національної безпеки важливо не лише своєчасно реагувати на існуючі загрози, але й розробляти дієві механізми та системи раннього виявлення, системи моніторингу та оцінювання, способи прогнозування.

Актуальність дослідження також полягає в тому, що плановий період реалізації Стратегії забезпечення державної безпеки, який затверджений Указом Президента України від 16 лютого 2022 року №56/2022 завершився у 2025 році. Проте сама Стратегія є чинним нормативно-правовим актом, хоча безпекове середовище за останні чотири роки зазнало значних трансформацій та потребує актуалізації стратегічних підходів до забезпечення державної безпеки в контексті визначення сучасних загроз, їхніх критеріїв оцінювання та створення дієвої системи результативності механізмів державної безпеки.

Основний документ в безпековій сфері, а саме Закон України «Про національну безпеку України»[1], визначає основи й принципи національної безпеки та оборони, цілі та основні засади державної політики, а також повноваження державних органів в безпековій сфері. При цьому застосовується

механізм стратегічного планування, котрий забезпечує визначення актуальних загроз національній безпеці, пріоритети та завдання державної політики та необхідні ресурси для їх реалізації.

Особливе значення в Стратегії має механізм моніторингу та оцінювання результатів реалізації безпекових заходів[2]. Таким чином, моніторинг дозволяє отримувати інформацію про стан безпекового середовища та є необхідним елементом зворотного зв'язку в системі державного управління безпекою.

В умовах 2026 року перелік загроз державній безпеці варто розглядати з врахуванням комплексного та взаємопов'язаного їх характеру. Особливістю є те, що декілька одночасних загроз, що виникають можуть перевищувати наслідки окремої загрози. Тому моніторинг механізмів державної безпеки необхідно розглядати як безперервний та систематичний процес збирання, обробки та аналізу інформації про стан безпекового середовища, а також результатів реалізації управлінських рішень в безпековому напрямі. Основне призначення моніторингу направлене на визначення відхилень від встановлених параметрів безпеки та формування інформаційно-аналітичної основи для прийняття управлінських рішень. Тоді як оцінювання необхідне для встановлення ступеня результативності застосованих механізмів, досягнення цілей та результатів, що відповідають встановленим критеріям. Тим самим, моніторинг забезпечить інформаційну основу оцінювання, а результат оцінювання слугує підставою для прийняття рішень.

Взагалі систему моніторингу й оцінювання механізмів державної безпеки доречно формувати у вигляді взаємопов'язаного управлінського циклу:

- ідентифікація загрози;
- моніторинг розвитку загрози;
- оцінювання ризику;
- прийняття управлінських рішень;
- реалізація управлінських рішень;
- моніторинг результатів;
- оцінювання ефективності прийнятих рішень по результатам;
- коригування механізму державної безпеки.

На основі такого підходу можна забезпечити безперервність управлінського циклу та швидкий вплив на динамічну зміну безпекового середовища.

Для забезпечення позитивного результату необхідним є визначення критеріїв та індикаторів ефективності. До основних критеріїв оцінювання механізмів державної безпеки можна віднести:

- своєчасність виявлення загроз;
- оперативність прийняття управлінських рішень;
- рівень міжвідомчої взаємодії;
- стійкість функціонування державних інституцій та критичної інфраструктури;
- швидкість інформаційного обміну;
- своєчасне ресурсне забезпечення;
- адаптивний характер механізмів до динамічності загроз;

- швидке відновлення після кризових ситуацій.

Кожному критерію повинна відповідати система кількісних та якісних індикаторів. Для своєчасного виявлення загроз індикатором може бути час від виявлення загрози до її оцінювання та прийняття управлінського рішення. На рівень міжвідомчої взаємодії впливає швидкість обміну інформацією та рівень узгодженості між діями суб'єктів. Своєчасне ресурсне забезпечення буде впливати на безперервність виконання функцій. Індикатором адаптивності буде час, що необхідний для коригування механізмів реагування після динамічної зміни обстановки, наприклад після комбінованих надзвичайних ситуацій.

Також проблемним питанням залишається фрагментарний характер інформаційних потоків та розподіл інформації між різними суб'єктами сектори безпеки і оборони та іншими органами публічної влади. Необхідна уніфікована система критеріїв та індикаторів для порівняння отриманих результатів, визначення загальної тенденції та комплексність оцінювання механізмів державної безпеки. Перспективний напрям полягає в створенні інтегрованої системи моніторингу, що забезпечить співставлення інформації з різних джерел та аналіз її по уніфікованим показникам.

Така система повинна формуватися на трьох взаємопов'язаних рівнях:

- стратегічному;
- оперативному;
- функціональному.

Стратегічний рівень дозволяє проводити комплексне оцінювання стану державної безпеки й досягнення стратегічних цілей. Оперативний рівень забезпечить моніторинг загроз, ризиків та відповідних кризових ситуацій. Функціональний рівень слугує для оцінювання результативності окремих механізмів та діяльність суб'єктів реагування.

Таким чином, система забезпечення державної безпеки потребує переходу від реактивного реагування на загрози до превентивної й адаптивної моделі управління. В основі такої моделі буде моніторинг, оцінювання ризиків, прогнозування та раннє виявлення загроз. Сучасне безпекове середовище вимагає оновлення стратегічних підходів в даній сфері, котрі забезпечать не лише фіксацію стану державної безпеки, але й об'єктивне оцінювання результативності відповідних механізмів та їх своєчасне коригування.

Список літератури

1. Про національну безпеку України: Закон України від 21.06.2018 № 2469-VIII. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2469-19#Text>.
2. Про рішення Ради національної безпеки і оборони України від 14 вересня 2020 року «Про Стратегію національної безпеки України»: Указ Президента України від 14.09.2020 № 392/2020. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/392/2020#Text>.

ПРОГНОЗУВАННЯ ДЕФЕКТОУТВОРЮВАЛЬНИХ ЗМІН КОДУ НА ОСНОВІ МЕТРИК РЕПОЗИТОРІЮ

Чижевич Владислав Олексійович,

аспірант

Луцький національний технічний університет, Україна

У тезах наведено результати тестування класифікатора дефектоутворювальних змін у коді на рівні окремого коміту. Він є частиною ширшої інформаційної моделі оцінювання якості програмного забезпечення. Класифікатор навчався на хронологічно розділених вибірках. Модель «випадковий ліс» досягла AUC-ROC 0,72-0,76, що збігається з результатами інших досліджень. Результат показав, що найвна базова модель, яка враховує лише обсяг змін, має непогану роздільну здатність. Практична цінність цієї моделі в основному полягає в каліброваних імовірностях та інтерпретованій важливості ознак.

Постановка проблеми. Під час автоматизованого тестування в конвеєрах CI/CD генеруються великі обсяги даних і метрик. Серед них можуть бути покриття, результативність тестів, час виконання і т. д. Ці дані можна використовувати для більш комплексної оцінки якості майбутнього релізу, ніж для звичного «pass/fail». Такий аналіз даних разом з історією змін коду дає змогу оцінювати ризик кожної зміни ще до її злиття в основну гілку. Тобто, перейти від ретроспективного контролю якості до прогнозованого. Одним із ключових компонентів такої інформаційної моделі оцінювання якості програмного забезпечення є класифікатор дефектоутворювальних змін. Він побудований за парадигмою just-in-time (JIT) прогнозування дефектів [1]. Такий класифікатор необхідно протестувати, перш ніж включити до інформаційної моделі. Зокрема, порівняти зі схожими дослідженнями і визначити, наскільки відтворюються показники якості прогнозу на доступних відкритих проєктах і які ознаки роблять найбільший внесок.

Методика експерименту. Для дослідження обрано два відкриті репозиторії `pallets/flask` та `pallets/click`. Це зрілі проєкти однієї екосистеми з тривалою історією та активним використанням автоматизованих тестів. Засобами бібліотеки `PyDriller` [2] для кожної зміни видобуто 11 ознак, поширених у JIT-прогнозуванні [1]. Серед таких — кількість доданих та вилучених рядків, кількість змінених файлів, ентропія розподілу змін між файлами, середній вік змінених файлів, кількість попередніх змін та попередніх виправлень у файлах, досвід автора тощо. Ознаки обчислювалися строго хронологічно, лише за подіями, що передували коміту.

Розмітка виконана з використанням алгоритму SZZ [3]. В такому підході коміти-виправлення ідентифіковано евристично за ключовими словами у повідомленнях, а дефектоутворювальні коміти визначено через `git blame` рядків, змінених у виправленнях. Таким чином, було позначено 985 змін у `Flask` та 583

у Click. Вибірки розділено хронологічно у співвідношенні 70/30, тому тестова частина містить лише зміни, які відбулися вже після змін, які використовувалися для навчання. Порівнювалися три моделі: випадковий ліс [4], логістична регресія та наївний метод ранжування за розміром зміни. Якість оцінювалася площею під ROC-кривою (AUC-ROC) як порогонезалежною мірою, а також точністю, повнотою та F1-мірою за порогом 0,5.

Результати. Основні показники на тестових вибірках наведено в табл. 1.

Таблиця 1.

AUC-ROC класифікаторів на тестовій вибірці

Проект	Випадковий ліс	Логістична регресія	Базис за розміром зміни
Flask	0,764	0,710	0,760
Click	0,716	0,598	0,753

Випадковий ліс досяг AUC-ROC 0,764 на проекті Flask та 0,716 на проекті Click, що потрапляє в діапазон 0,65-0,77, отриманий в дослідженні для одинадцяти промислових і відкритих проектів [1], і підтверджує відтворюваність підходу. Ансамблева модель послідовно переважає лінійний базис на 0,05-0,12 AUC, що свідчить про нелінійний характер зв'язку між ознаками змін і дефектністю. Повнота випадкового лісу на проекті Flask становить 0,703: модель виявляє понад дві третини дефектоутворювальних змін за помірної точності, типової для незбалансованих задач цього класу [5].

Важливим для аналізу є результат методу наївного базису. Оскільки ранжування лише за обсягом зміни дає AUC 0,753-0,760, тобто дискримінаційну здатність, зіставну з навченою моделлю. Це відповідає висновку про домінування ознак розміру та розосередженості змін у ЛІТ-прогнозуванні [1, 5]. Це також підтверджується аналізом важливостей ознак випадкового лісу, де найбільший внесок дають кількість доданих рядків, середній вік змінених файлів, кількість попередніх змін та досвід автора. Звідси впливає практичний висновок. По-перше, навіть проста евристика ризику краща за її відсутність, що знижує бар'єр впровадження в CI/CD. По-друге, перевага навченої моделі полягає у каліброваних імовірностях, придатних для мультиплікативної поправки оцінки якості, та в інтерпретованих важливостях ознак, які показують причини підвищеного ризику.

Обмеження експерименту. Евристична ідентифікація виправлень та алгоритм SZZ вносять шум у розмітку [6], що впливає на навченість моделі і її результати. Також слід зазначити, що обидва проекти належать одній екосистемі, що обмежує репрезентативність.

Висновки. Інтелектуальний компонент моделі оцінювання якості відтворює на відкритих Python-проектах рівень AUC-ROC 0,72-0,76. Він збігається з показником із літератури і придатний для включення до прогнозного контуру CI/CD. Порівняння з методом наївного базису показало, що цінність навченої моделі полягає в можливості калібрування та її зрозумілості. Подальша робота

передбачає збагачення ознак метриками автоматизованого тестування, отриманими з реальних запусків CI, та перевірку на проєктах інших екосистем.

Список літератури

1. Y. Kamei et al., “A large-scale empirical study of just-in-time quality assurance,” *IEEE Trans. Softw. Eng.*, vol. 39, no. 6, pp. 757-773, Jun. 2013, doi: 10.1109/TSE.2012.70.
2. D. Spadini, M. Aniche, and A. Bacchelli, “PyDriller: Python framework for mining software repositories,” in *Proc. 26th ACM Joint Meeting Eur. Softw. Eng. Conf. Symp. Found. Softw. Eng. (ESEC/FSE)*, Lake Buena Vista, FL, USA, 2018, pp. 908-911, doi: 10.1145/3236024.3264598.
3. J. Śliwerski, T. Zimmermann, and A. Zeller, “When do changes induce fixes?” in *Proc. Int. Workshop Mining Softw. Repositories (MSR)*, St. Louis, MO, USA, 2005, pp. 1-5, doi: 10.1145/1083142.1083147.
4. L. Breiman, “Random forests,” *Mach. Learn.*, vol. 45, no. 1, pp. 5-32, 2001, doi: 10.1023/A:1010933404324.
5. S. McIntosh and Y. Kamei, “Are fix-inducing changes a moving target? A longitudinal case study of just-in-time defect prediction,” *IEEE Trans. Softw. Eng.*, vol. 44, no. 5, pp. 412-428, May 2018, doi: 10.1109/TSE.2017.2693980.
6. G. Rodríguez-Pérez, G. Robles, and J. M. González-Barahona, “Reproducibility and credibility in empirical software engineering: A case study based on a systematic literature review of the use of the SZZ algorithm,” *Inf. Softw. Technol.*, vol. 99, pp. 164-176, Jul. 2018, doi: 10.1016/j.infsof.2018.03.009.

ANALYSIS OF THE EFFICIENCY OF USING MOBILE PASSENGER STAIRS WITH DIFFERENT DRIVE SYSTEMS

Biliakovych Oleh,

Ph.D., Associate Professor

National University «Kyiv Aviation Institute»

The modern aircraft ground handling system involves the use of a wide range of specialized equipment, the operational efficiency of which directly affects flight regularity, ground handling turnaround time, the safety of technological operations, and the quality of passenger service. Mobile passenger stairs are one of the types of specialized equipment used for passenger boarding and disembarkation where the applicable handling procedure requires their use. General aspects of aircraft ground handling and the use of specialized airport equipment are addressed in the relevant IATA documents and recommendations [1, 2].

Traditionally, mobile passenger stairs have been equipped with power units based on internal combustion engines. Diesel engines have become particularly widespread due to their sufficient autonomy, adequate power reserve, and ability to operate for extended periods without dependence on stationary energy infrastructure. At the same time, increasingly stringent environmental requirements for airport operations, together with the need to reduce noise levels and concentrations of harmful substances in aircraft stand areas, are encouraging ground support equipment manufacturers to develop alternative power solutions. The general trend towards reducing the environmental impact of aviation is one of the key areas of contemporary international environmental policy in the aviation sector [3].

One of these directions is the development of mobile passenger stairs with electric drive systems. The use of electric motors makes it possible to eliminate the internal combustion engine as the primary source of power, resulting in a substantial reduction in local pollutant emissions. During the operation of an electrically driven passenger stair unit in the immediate vicinity of an aircraft, no exhaust gases are produced, which is particularly important in passenger boarding and disembarkation areas. Another significant advantage is a substantial reduction in noise levels, which has a positive effect both on working conditions for ground handling personnel and on the acoustic environment of the airport. Modern ground support equipment manufacturers offer various designs of mobile passenger stairs, including units equipped with electric and conventional power systems [4–6].

Electric drive systems also provide a number of structural and operational advantages. Electric motors are characterized by high efficiency, provide almost instantaneous torque generation, and do not require an exhaust gas system. The simplification of certain components of the power system may potentially reduce maintenance requirements. Furthermore, the use of electrical energy makes it possible

to centrally manage battery charging processes and integrate specialized ground equipment into the airport's overall energy management system.

At the same time, an electric drive cannot be considered a universal solution without operational limitations. One of the main factors that must be taken into account when operating electrically powered mobile passenger stairs is the dependence of battery performance on ambient temperature. At low temperatures, the available battery capacity decreases, internal resistance increases, and the ability of the battery to provide the required power deteriorates. As a result, the actual autonomous operating time of the equipment may be lower than the nominal values specified under normal temperature conditions.

This issue becomes particularly important at airports located in regions characterized by long winter periods and significantly sub-zero temperatures. Under such conditions, the efficiency of electric passenger stairs should be assessed not only in terms of energy consumption but also with regard to the operating temperature range, the need for battery preheating, charging requirements, and the actual intensity of technological operations.

Another important issue is battery service life and end-of-life management. Modern electric vehicles and specialized equipment may use different types of battery systems, including lead-acid and lithium-ion batteries. The selection of a particular technology depends on requirements concerning energy capacity, weight, cost, service life, and operating conditions. Once a battery reaches the end of its service life, it requires an appropriate system for collection, recycling, or disposal. Therefore, the environmental benefits of electric passenger stairs should be assessed comprehensively, taking into account not only the absence of local exhaust emissions during operation but also the entire life cycle of the energy storage system.

Passenger stairs powered by internal combustion engines, despite their obvious environmental disadvantages, continue to be an effective technical solution under many operating conditions. A diesel power unit provides a substantial energy reserve in the fuel, rapid restoration of operational autonomy through refueling, and the ability to operate for extended periods without dependence on charging infrastructure. This is particularly important under conditions of intensive specialized equipment utilization and when considerable distances must be covered between equipment staging areas and aircraft stands. The modern ground support equipment market includes various designs of mobile passenger stairs differing in their power systems, drive configurations, and levels of automation [4–6].

Low ambient temperatures also affect the operation of diesel-powered passenger stairs, although the nature of the problem differs fundamentally from that encountered with electric equipment. The main challenge is to ensure reliable engine starting and maintain the required engine operating temperature. Modern diesel engines are equipped with preheating systems, glow plugs, and other design features that improve starting reliability at low temperatures. When specialized equipment is operated under particularly severe climatic conditions, additional systems for heating the engine and its working fluids may be used.

However, the main disadvantages of internal combustion engines during operations performed directly adjacent to an aircraft are exhaust emissions and noise. For this reason, the development trend among modern manufacturers is not limited to the complete replacement of internal combustion engines with electric power systems. It also includes the development of combined systems that make it possible to utilize the advantages of both types of drive.

In hybrid configurations, the internal combustion engine may be used primarily for moving the passenger stair unit around the airport, while individual working mechanisms are equipped with electric drives. After the unit reaches the aircraft, the main engine can be switched off, and the required technological operations can be performed using electrical energy. Such operations may include positioning and adjustment of stabilizing supports, extension or movement of the working section of the stairs, positioning of the front platform, and other operations required to prepare the equipment for passenger boarding and disembarkation. This development trend corresponds to the broader objective of improving the environmental efficiency of aircraft ground handling [3, 4].

Such an approach makes it possible to reduce the operating time of the internal combustion engine in the immediate vicinity of the aircraft and, consequently, decrease local emissions and noise in the aircraft servicing area. At the same time, a high degree of equipment autonomy is maintained during movement across the airport. Therefore, a combined power system can be considered one of the intermediate stages in the transition from conventional internal-combustion-powered equipment to fully electric ground support equipment.

A comparison of different drive systems demonstrates that the efficiency of mobile passenger stairs should be evaluated using a combination of technical, economic, and environmental indicators. A simple comparison of diesel fuel consumption and electricity consumption does not provide a complete assessment of equipment efficiency. It is necessary to consider the intensity of equipment utilization, duration of operating cycles, climatic conditions, availability of charging infrastructure, travel distances, maintenance requirements, and the service life of the main power system components.

The organization of the aircraft ground handling process is also an important criterion. If mobile passenger stairs are used for relatively short operating cycles and remain within a particular handling area for most of their operating time, an electric power system may provide a high level of operational efficiency. Under conditions of intensive utilization, considerable travel distances, and insufficient charging infrastructure, the advantages of a conventional diesel drive may remain significant. At the same time, the organization of ground handling operations should comply with the general principles of standardization and safety established in international practice [1, 2].

From an environmental perspective, electric passenger stairs have a clear advantage in the immediate aircraft servicing area. The absence of local exhaust emissions and reduced noise levels correspond to the general trend towards decarbonization of ground handling operations and improved environmental performance at airports [3]. At the

same time, the environmental assessment of electric equipment should also take into account the source of electricity and the life cycle of the batteries.

Therefore, the current development of mobile passenger stairs is characterized by a gradual transition from conventional power units to electric and combined energy systems. However, full electrification should not be regarded as an unquestionably optimal solution for all airports. The appropriate drive system should be selected with consideration of specific operating conditions, regional climatic characteristics, the structure of ground handling processes, the intensity of equipment utilization, and the availability of charging infrastructure.

Thus, the efficiency of mobile passenger stairs should not be determined by a single indicator but by a combination of operational, energy, environmental, and economic characteristics. The selection of the optimal drive system should take into account the actual operating conditions of a particular airport, which is an important prerequisite for improving the overall efficiency of aircraft ground handling systems.

References

1. International Air Transport Association (IATA). Ground Operations. URL: <https://www.iata.org/en/programs/ops-infra/ground-operations/>
2. International Air Transport Association (IATA). Airport Handling Manual (AHM). URL: <https://www.iata.org/en/publications/store/airport-handling-manual/>
3. International Civil Aviation Organization (ICAO). Environmental Protection. URL: <https://www.icao.int/environmental-protection/>
4. SOVAM. Passenger Stairs / Ground Support Equipment. URL: <https://www.sovam.fr/>
5. TLD. Ground Support Equipment / Passenger Stairs. URL: <https://www.tld-group.com/>
6. DENGE. Passenger Stairs. URL: <https://denge.aero/portfolio-item/passenger-stairs/>

MODERN TRENDS IN AIR TRAFFIC FORECASTING

Tamargazin Oleksandr,

Doctor of Technical Sciences, Professor
National University "Kyiv Aviation Institute"

All stakeholders in the aviation market recognize the need for a comprehensive solution to the problems and contradictions that have accumulated over the past twenty years. One of the key issues in determining the future of the civil aviation industry is assessing the markets for its products, that is, forecasting the future demand for aircraft, primarily passenger aircraft, as the global cargo aircraft market is, firstly, not as capacious and, secondly, largely secondary to passenger aircraft.

Numerous studies have been devoted to defining the technical and economic characteristics of advanced aircraft to ensure their competitiveness, studying the specific requirements for advanced aircraft for regional airlines, the ability of various aircraft manufacturers to create competitive aircraft, improving the efficiency of new aircraft from generation to generation, and creating the necessary infrastructure in various regions of the world [1, 2, 3, 4, 5]. However, as practice shows, development scenarios are determined by various options for dividing market niches between the products of various manufacturers. The absolute capacities of market niches are determined, first and foremost, by the volume of air transport work involving passenger transportation that airlines must perform with their existing fleet. Clearly, these volumes of air transport work are nothing more than the demand for passenger air travel.

Demand for passenger transportation is characterized by several key indicators: passenger turnover, passenger flow, and average passenger journey length. Passenger turnover is the volume of transport operations, that is, the number of passenger-kilometers transported. Passenger flow is the total number of passengers transported, with each passenger counted as many times as the number of actual flights they took. The average passenger journey length is calculated as the ratio of passenger turnover to passenger flow.

Most studies forecasting air travel demand use passenger turnover as the primary indicator. This is primarily because airlines can more easily translate passenger turnover forecasts into revenue estimates (airfares are charged per passenger kilometer). However, studies commissioned by other airports focus primarily on passenger traffic forecasts.

Major aircraft manufacturers that conduct forecasting and regularly publish research results, such as Boeing, Airbus, and Embraer, do not disclose the details of their own methods, limiting themselves to a general verbal description.

Thus, Airbus materials [6] indicate that the study uses a so-called "bottom-up" approach to forecasting air travel demand. The essence of this approach is that a demand forecast is constructed for each of the 9,188 airlines, divided into 140 domestic, regional, and intercontinental air travel markets. These forecasts are then

aggregated first into forecasts for individual countries, and then, based on the forecasts for each region, a forecast for the global market is created. Forecasting the size of each air transport flow is typically based on a proprietary econometric model, constructed taking into account structural and regional factors that influence the dynamics and development of the global air transport system in the present and future. Forecasts are also based on a study of the dynamics of economic development indices and other indicators (including oil prices) published by the international company Global Insight Forecasting Group.

At the same time, Boeing maintains that growth in gross domestic product explains and drives the bulk of the growth in demand for air passenger travel [7]. A study by Boeing specialists of air travel statistics for the first twenty years of the twenty-first century showed that passenger traffic growth outpaced global economic growth by 2%. However, this trend has virtually ceased to exist since 2021 due to the escalating global crisis. Problems in the European Union and the war with Iran are leading to rising jet fuel prices in several regions of the world. Furthermore, the aging fleets of the world's leading airlines, technical problems with new-generation aircraft, and a shortage of highly qualified maintenance personnel are leading to stagnation in transcontinental passenger air travel. One consequence of this is that in Europe, more and more people are preferring to travel by rail.

Embraer, the world's leading manufacturer of regional jets, also forecasts air travel demand. Its research combines two approaches—top-down and bottom-up—[8]. The top-down approach is based on an econometric model that shows how passenger air travel demand depends on two factors. The first is economic growth, measured by gross domestic product. The second is the reduction in the cost of air travel for passengers, determined by the rate per passenger kilometer. Embraer's bottom-up approach involves aggregating air travel demand forecasts generated for individual airlines.

One of the few forecasting methods currently available is the one proposed by the International Civil Aviation Organization (ICAO) [9]. To forecast air travel demand, ICAO proposes using a multiplicative form of the functional dependence of passenger turnover on factors that have the greatest impact on the market situation:

$$Y = \alpha + \beta \cdot A + \gamma \cdot B,$$

where Y is the passenger turnover, A and B are independent variables reflecting the influence of various factors on air travel, and α , β , and γ are constant coefficients. The coefficients β and γ characterize the elasticity of demand with respect to the corresponding variable.

ICAO documents note that there may be more than two independent variables. However, in global forecasting practice, when creating forecasts not for individual routes, but for a route network or region as a whole, only two variables are typically used. One variable is always a macroeconomic indicator (usually GDP), and the second variable is an indicator characterizing the cost of transportation (most often, the tariff). The coefficients α , β , and γ in the ICAO methodology are estimated using regression analysis. It should be particularly emphasized that the ICAO methodology focuses on which variables influencing air transportation are appropriate to select when constructing a model in a given case. Specifically, it provides a list of factors "worthy

of consideration," divided into several types. Unfortunately, ICAO does not offer a methodology for selecting from this list. Specifically, to forecast total global passenger traffic, ICAO uses the following model:

$$\ln(Y_t) = \alpha + \beta \cdot \ln(G_t) + \gamma \cdot \ln(F_t) + \varepsilon,$$

where Y_t is the predicted volume of passenger-kilometers performed in year t ; G_t is the real gross domestic product (GDP) or disposable income per capita (the main driver of demand); F_t is the real cost of air travel (the average fare or the airline's revenue rate per 1 passenger-kilometer); α is a constant (the free term of the equation); β is the income elasticity of demand (usually for aviation it ranges from +1.0 to +2.0, depending on the maturity of the market); γ is the price elasticity of demand (usually negative, for example from -0.5 to -1.5); ε is the random error of the model [10].

The ICAO methodology, both due to its accessibility and its high authority, is used in many modern studies devoted to forecasting the development of aviation equipment markets.

In particular, Transport Canada developed its own model based on this model [11]. The Canadian Air Transport Administration has developed an econometric model for forecasting demand for passenger air travel for departing and arriving passengers between geographic areas of Canada and between Canada and various regions of the world. The resulting algorithms use not only data on the values of the main market factors, but also data on departing and arriving passenger flows for previous years. Passenger flows are structured by three transport sectors (domestic, Canada-US, and other international), by passenger departure zone, and by purpose of travel. For example, the following equation is proposed for non-business flights within Canada:

$$Y = T \cdot O \cdot D^{0.70} \cdot I^{1.39} \cdot F^{-0.85} \cdot (1 + N),$$

where Y and T are the projected and base (actual) number of trips (passenger traffic) between a given pair of geographic zones within Canada; O and D are the adult population growth rates (the ratio between the projected and base year) in the origin and destination zones; I is the index of change in real disposable income per capita in the origin zone; F is the index of change in air fares (the price of a flight) for the given pair of zones; and N is the constant growth rate of the trend for the non-business transportation sector.

Based on the fact that increasing airport service delays lead to increased airline costs, which in turn leads to higher air travel rates, a model was proposed for the relationship between the growth in demand for air services and the infrastructure's ability to meet that demand. An econometric model of air travel demand was constructed:

$$Y = s \cdot A^\alpha \cdot B^\beta \cdot C^\gamma \cdot e^\varepsilon,$$

where Y is the volume of demand (the number of passengers or passenger turnover on the route over the period); A is the fare (the average price of an air ticket on a given route); B is the income level of the population (the average per capita income in the regions of departure/destination or GDP per capita); C is the cost or availability of alternative modes of transport (e. g. the price of a train ticket); s is a constant (abstract term); α , β , γ are the elasticity coefficients of demand for the corresponding factors; ε is the random error (model residuals). In particular, this model was applied to the

analysis of the passenger air transportation market in the USA.

In general, research into forecasting demand for transportation services typically uses models based on time series analysis. The following types of target indicator-factor relationships are commonly used: linear, a combination of linear and logarithmic transformations, and power functions of multiple arguments. Some studies have used the utility function maximization criterion to construct an air travel demand model.

Thus, it can be concluded that the mathematical models used to forecast demand for air transport are based on and do not take into account dynamics.

Despite the extensive observational base used for their construction and testing, research into the applicability of models for forecasting demand in the passenger transportation market is extremely limited for several reasons. First, the proposed models assume a stable aviation services market, i.e., the existence of free competition among many airlines over many years, the absence of active market restructuring, and the absence of exploding demand on some routes with an equally exploding decline on others, along with the presence of a more or less stable route network. Second, the models used globally were constructed under the conditions of macroeconomic stability in the late twentieth and early twenty-first centuries, when real economic growth in leading European countries and the United States was approximately 2-4% annually, amid negative trends in air travel tariffs. Clearly, the modern aviation market has largely ceased to meet these criteria. This justifies the need to develop other models more suited to the specific conditions of today's international and regional economies, suitable for forecasting demand for air travel.

Artificial intelligence is currently used to forecast demand for air transport services. It analyzes large data sets, reveals hidden patterns, and builds mathematical models capable of predicting future changes in passenger and cargo transportation.

Today, artificial intelligence technologies are actively used by all participants in the aviation transport system: airlines, airports, government aviation authorities, travel companies, and logistics operators. While traditional forecasting methods rely on historical statistical data, artificial intelligence systems are capable of simultaneously analyzing dozens and even hundreds of factors influencing demand.

In the first stage, AI-powered systems collect and integrate information from various sources: historical airline data (passenger numbers, flight load factors, revenue), economic indicators (GDP, household income, inflation), demographic data (population, migration), tourism statistics (tourist numbers, seasonality), airport data (flight frequency, capacity), airfare prices (fares, discounts, promotions), meteorological data (weather conditions), and internet information (search queries, social media). Specifically, they can simultaneously analyze airfare prices, fuel prices, exchange rates, unemployment rates, tourist numbers, airport load factors, and search query frequency.

The second stage involves removing errors, eliminating omissions, eliminating outliers, normalizing data, and integrating data from various sources. A key advantage of AI-based algorithms is the automatic recovery of missing data and its preparation for further analysis.

In the third stage, artificial intelligence identifies the most significant factors. For

air passenger traffic forecasting, external factors (economic growth, tourism development, changes in visa policies, the political situation, epidemics, and fuel price changes) and internal factors (number of flights, service quality, fare levels, route network expansion, and airline punctuality) are used.

In the fourth stage, various machine learning algorithms are used. The most common today are multilayer neural networks, recurrent neural networks, long-short-term memory models, and transformers.

After training using machine learning algorithms, modern software systems generate short-term (from a few days to 3 months), medium-term (from 3 months to 2 years), and long-term (from 2 to 10 years) forecasts. Specifically, for airports, forecasts are generated for areas such as passenger traffic, demand for individual routes, terminal occupancy, ground handling requirements, aircraft parking occupancy, personnel requirements, and cargo volumes.

Thus, the use of software systems based on artificial intelligence allows aviation transport system entities to build individual predictive models that specifically meet their economic, technical, and social objectives.

For example, if the system predicts an increase in passenger traffic, the airport can increase staffing levels in advance, redistribute equipment, purchase new equipment, and adjust service schedules.

Among the most well-known developers of such solutions are companies such as IBM, Microsoft, Amazon Web Services, as well as specialized aviation platforms offered by SITA and Amadeus. for Developers.

Thus, when forecasting demand, artificial intelligence enables the simultaneous analysis of hundreds of factors, automatically processing large volumes of data, identifying complex patterns, providing more accurate forecasts, and updating forecasts in near real-time. Artificial intelligence transforms air transport demand forecasting from a simple statistical calculation into an intelligent decision-support system, enabling airlines and airports to optimize route networks, improve flight regularity, reduce operating costs, and enhance the economic efficiency of air travel.

References

1. Zachariah, R. A., Sharma, S., & Kumar, V. (2023). Systematic review of passenger demand forecasting in aviation industry. *Multimedia Tools and Applications*, Springer. <https://doi.org/10.1007/s11042-023-14678-9>
2. Lawrence-Griffiths, M., Timmis, A., & Morton, C. (2025). Forecasting in aviation: A systematic review of passenger, fleet and emissions models. *Journal of Transport and Sustainability*, Emerald Publishing.
3. Taneja, A. (2021). *Airline demand forecasting and market analysis*. Routledge.
4. Graham, A. (Ed.). (2019). *Forecasting air transport demand*. Routledge.
5. Budd, L., & Ison, S. (2020). *Air transport management: Forecasting and planning*. Routledge.
6. <https://www.airbus.com/en/products-services/commercial-aircraft/global-market-forecast>
7. <https://www.boeing.com/commercial/market/cargo-forecast>

8. <https://www.aeroflap.com.br>
9. <https://www.icao.int/ru/about-icao/Council/strategic-plan-2026-2050>
10. ICAO Doc 8991 AT/722/3. Manual on Air Traffic Forecasting. 2006.
11. 11. Passenger travel forecasting model by origin and destination, Report TP2195 // Transport Canada, 1979

The authors of the IV International Scientific and Practical Conference «Interdisciplinary research: trends, synergies, and practical applications» were representatives of the following educational institutions:

Odesa Polytechnic National University; National University “Kyiv Aviation Institute”; National Technical University of Ukraine “Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute”; Dnipro State Medical University; Florida Institute of Technology; National Transport University; State University of Information and Communication Technologies; Kharkiv National University of Internal Affairs; Uzhhorod National University; Georgian Technical University; Ivano-Frankivsk National Technical University of Oil and Gas; O. O. Bogomolets National Medical University; Mykhailo Ostrohradskyi Kremenchuk National University and others.

INTERDISCIPLINARY RESEARCH: TRENDS, SYNERGIES, AND PRACTICAL APPLICATIONS

Scientific publications

Proceedings of the IV International Scientific and Practical Conference
«Interdisciplinary research: trends, synergies, and practical applications»,
Krakow, Poland. 180 p.
(September 29 – October 02, 2026)

UDC 01.1

ISBN – 979-8-90600-151-1

DOI – 10.46299/ISG.2026.2.4

Text Copyright © 2026 by the International Science Group (isg-konf.com).

Illustrations © 2026 by the International Science Group.

Cover design: International Science Group (isg-konf.com)©

Cover art: International Science Group (isg-konf.com)©

All rights reserved. Printed in the United States of America.

No part of this publication may be reproduced, distributed, or transmitted, in any form or by any means, or stored in a data base or retrieval system, without the prior written permission of the publisher.

The content and reliability of the articles are the responsibility of the authors. When using and borrowing materials reference to the publication is required. Collection of scientific articles published is the scientific and practical publication, which contains scientific articles of students, graduate students, Candidates and Doctors of Sciences, research workers and practitioners from Europe, Ukraine and from neighboring countries and beyond. The articles contain the study, reflecting the processes and changes in the structure of modern science. The collection of scientific articles is for students, postgraduate students, doctoral candidates, teachers, researchers, practitioners and people interested in the trends of modern science development.

The recommended citation for this publication is: Ponochovnyi Y., Protas R. Digital twins and Internet of Things for monitoring and predicting the technical condition of bridges within the Industry 5.0 concept. Proceedings of the IV International Scientific and Practical Conference. Krakow, Poland. 2026. Pp. 13-23 URL: <https://isg-konf.com/interdisciplinary-research-trends-synergies-and-practical-applications/>