

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
УКРАЇНСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ НАУКИ І ТЕХНОЛОГІЙ
ІНІ «ПРИДНІПРОВСЬКА ДЕРЖАВНА АКАДЕМІЯ
БУДІВНИЦТВА ТА АРХІТЕКТУРИ»**

УКРАЇНСЬКИЙ ЖУРНАЛ БУДІВНИЦТВА ТА АРХІТЕКТУРИ

НАУКОВО-ПРАКТИЧНИЙ ЖУРНАЛ

№ 4 (028)
липень — серпень 2025

Дніпро 2025

РЕДАКЦІЙНА КОЛЕГІЯ:

Головний редактор	Микола САВИЦЬКИЙ, д-р техн. наук, УДУНТ, Дніпро
Заступник головного редактора	Владислав ДАНШЕВСЬКИЙ, д-р техн. наук, ННІ ПДАБА, Дніпро
Відповідальний секретар	Олена ТИМОШЕНКО, к-т техн. наук, ННІ ПДАБА, Дніпро
Випусковий редактор	Олена ТИМОШЕНКО, к-т техн. наук, ННІ ПДАБА, Дніпро

ЧЛЕНИ РЕДАКЦІЙНОЇ КОЛЕГІЇ:

А. С. Беліков, д-р техн. наук, ННІ ПДАБА, Дніпро. М. М. Біляєв, д-р техн. наук, Український державний університет науки і технологій (УДУНТ), Дніпро. В. І. Большаков, д-р техн. наук, ННІ ПДАБА, Дніпро. В. Є. Волкова, д-р техн. наук, Дніпровський державний аграрно-економічний університет, м. Дніпро. В. М. Волчук, д-р техн. наук, ННІ ПДАБА, Дніпро. С. І. Губенко, д-р техн. наук, ННІ ПДАБА, Дніпро. Ю. О. Кірічек, д-р техн. наук, ННІ ПДАБА, Дніпро. Т. С. Кравчуновська, д-р техн. наук, ННІ ПДАБА, Дніпро. Ю. І. Криворучко, д-р арх., Національний університет «Львівська політехніка», Львів. О. О. Лапшин, д-р техн. наук, Криворізький національний університет, Кривий Ріг. В. П. Мироненко, д-р арх., Харківський національний університет міського господарства ім. О. М. Бекетова, Харків. М. М. Налисько, д-р техн. наук, ННІ ПДАБА, Дніпро. Т. Д. Нікіфорова, д-р техн. наук, ННІ ПДАБА, Дніпро. В. І. Проскуряков, д-р арх., Національний університет «Львівська політехніка», Львів. В. Л. Седін, д-р техн. наук, ННІ ПДАБА, Дніпро. В. В. Товбич, д-р арх., Київський національний університет будівництва та архітектури, Київ. О. В. Харлан, к-т арх., ННІ ПДАБА, Дніпро. Едіт Барна, к-т техн. наук, Будапештський технічно-економічний університет, Будапешт (Угорщина). Анна Бач, д-р арх., Вроцлавський університет, Вроцлав (Польща). Александрс Корякінс, д-р техн. наук, Ризький технічний університет, Рига (Латвія). В. І. Куксенко, к-т техн. наук, Управління з атомної енергетики Великобританії, Оксфорд (Великобританія). Богуслав Подхалянський, д-р арх., Краківський політехнічний інститут імені Тадеуша Костюшка, Краків (Польща).

Науково-практичний журнал входить	до Переліку наукових фахових видань України (категорія «Б»), в яких можуть публікуватися результати дисертаційних робіт на здобуття наукових ступенів доктора і кандидата технічних наук та архітектури за спеціальностями 132, 191, 192, 194, 263 згідно з наказом Міністерства освіти і науки України від 09.02.2021 № 157 (Додаток 3).
Свідцтво про Державну реєстрацію	друкованого засобу масової інформації – серія КВ № 24586-14526 ПР – видане Міністерством юстиції України 09 жовтня 2020 р.
Засновник та видавець	Державний вищий навчальний заклад «Придніпровська державна академія будівництва та архітектури» (код за ЄДРПОУ 02070772). Виходить 6 разів на рік.
Рекомендовано до друку	вченою радою «Українського університету науки та технологій» протокол № 1 від 29.08.2025.
Сайт видання	http://uaajcea.pgasa.dp.ua
Наукометричні бази та електронні бібліотеки, в яких зареєстрований науково-практичний журнал	Інформаційно-аналітичні системи: InfoBase Index (IBI Factor = 3,96), Universal Impact Factor, Open Academic Journal Index, Directory, Indexing of International Research Journals (CiteFactor). Електронні бібліотеки та пошукові системи: Bielefeld Academic Search Engine (BASE), OCLC WorldCat, Open Journal Systems, Національна бібліотека України імені В. І. Вернадського.
ISSN	2710-0367 (Print) 2710-0375 (Online)

Художній і технічний редактор	Сергій МОЇСЕСЬКО
Редактор та коректор	Олена ТИМОШЕНКО

**MINISTRY OF EDUCATION AND SCIENCE OF UKRAINE
UKRAINIAN STATE UNIVERSITY OF SCIENCE AND TECHNOLOGIES
ESI “PRYDNIPROVSKA STATE ACADEMY
OF CIVIL ENGINEERING AND ARCHITECTURE”**

UKRAINIAN JOURNAL OF CIVIL ENGINEERING AND ARCHITECTURE

SCIENTIFIC-PRACTICAL JOURNAL

№ 4 (028)
July – August 2025

Dnipro 2025

EDITORIAL STAFF:

Chief Editor	Mykola SAVYTSKYI, Doctor of Engineering Science, <i>USUST, Dnipro</i>
Deputy Chief Editor	Vladyslav DANISHEVSKYI, Doctor of Engineering Science, <i>ESI PSACEA, Dnipro</i>
Executive Secretary	Olena TYMOSHENKO, Candidate of Engineering Science, <i>ESI PSACEA, Dnipro</i>
Executive Editor	Olena TYMOSHENKO, Candidate of Engineering Science, <i>ESI PSACEA, Dnipro</i>

MEMBERS OF EDITORIAL STAFF:

A.S. Belikov, Doctor of Engineering Science, *ESI "Prydniprovsk State Academy of Civil Engineering and Architecture"* (*ESI PSACEA*), *Dnipro*. M.M. Biliaiev, Doctor of Engineering Science, *Ukrainian State University of Science and Technologies (USUST)*, *Dnipro*. V.I. Bolshakov, Doctor of Engineering Science, *ESI PSACEA, Dnipro*. V.Yev. Volkova, Doctor of Engineering Science, *Dnipro State Agrarian and Economic University, Dnipro*. V.M. Volchuk, Doctor of Engineering Science, *ESI PSACEA, Dnipro*. S.I. Gubenko, Doctor of Engineering Science, *PSACEA, Dnipro*. Yu.O. Kirichuk, Doctor of Engineering Science, *ESI PSACEA, Dnipro*. T.S. Kravchunovska, Doctor of Engineering Science, *ESI PSACEA, Dnipro*. Yu.I. Kryvoruchko, Doctor of Architecture, *National University "Lviv Polytechnic", Lviv*. O.O. Lapshyn, Doctor of Engineering Science, *Kryvyi Rih National University, Kryvyi Rih*. V.P. Myronenko, Doctor of Architecture, *O.M. Beketov National University of Urban Economy in Kharkiv, Kharkiv*. M.M. Nalysko, Doctor of Engineering Science, *ESI PSACEA, Dnipro*. T.D. Nikiforova, Doctor of Engineering Science, *ESI PSACEA, Dnipro*. V.I. Proskuriakov, Doctor of Architecture, *National University "Lviv Polytechnic", Lviv*. V.L. Siedin, Doctor of Engineering Science, *ESI PSACEA, Dnipro*. V.V. Tovbych, Doctor of Architecture, *Kyiv National University of Civil Engineering and Architecture, Kyiv*. O.V. Kharlan, Candidate of Architecture, *ESI PSACEA, Dnipro*. Edit Barna, PhD, *Budapest University of Technology and Economics, Budapest, Hungary*. Anna Bać, Doctor of Architecture, *Wroclaw University of Science and Technology, Wroclaw, Poland*. Aleksandrs Korjaks, Doctor of Engineering Science, *Riga Technical University, Riga, Latvia*. V. I. Kuksenko, PhD, Candidate of Engineering Science, *UK Atomic Energy Authority, Oxford, UK*. Bogusław Podhalyanski, Doctor of Architecture, *Cracow University of Technology, Cracow (Poland)*.

Scientific-Practical Journal is included in	List of scientific professional publications of Ukraine (category "B"), where the results of dissertations for the degree of Doctor and Candidate of Engineering Sciences and Architecture (by specialty 132, 191, 192, 194, 263) can be published according to the Resolution of the Ministry of Science and Education of Ukraine No. 157 dated 09.02.2021 (Appendix no. 3).
Certificate of State Registration	of the Print Media – Series KB No. 24586-14526 IIP – issued by the Ministry of Justice of Ukraine dated October 09, 2020.
Founder & Publisher	State Higher Education Institution "Prydniprovsk State Academy of Civil Engineering and Architecture". Issued 6 times a year.
Recommended for publication by	Academic Board of the Ukrainian State University of Science and Technologies, no. 1 from 29.08.2025
Journal website	http://uajcea.pgasa.dp.ua
Placement of the scientific-practical journal in the international scientometric databases and e-libraries	Information and analytical systems: InfoBase Index (IBI Factor = 3.96), Universal Impact Factor, Open Academic Journal Index, Directory Indexing of International Research Journals (CiteFactor). <i>Electronic Libraries and search engines</i> : Bielefeld Academic Search Engine (BASE), OCLC WorldCat, Open Journal Systems, Vernadsky National Library of Ukraine.
ISSN	2710-0367 (Print) 2710-0375 (Online) <i>Art & Technical Editor</i> Serhii MOISEIENKO <i>Editor & Proofreader</i> Olena TYMOSHENKO

У ЦЬОМУ НОМЕРІ

Беліков А. С., Мацук З. М., Стрежекуров Ю. Е., Сафонов В. В., Стрежекуров Е. Є. НАЦІОНАЛЬНА КУЛЬТУРА БЕЗПЕКИ ПРАЦІ КРИЗЬ ПРИЗМУ ПРИНЦИПУ АДЕКВАТНОСТІ ЙМОВІРНОСТЕЙ.....	7
Бондаренко О. І. ТЕОРІЯ І ПРАКТИКА ФОРМУВАННЯ СИСТЕМИ ЗЕЛЕНИХ НАСАДЖЕНЬ СУЧАСНОГО ВЕЛИКОГО МІСТА.....	25
Бондаренко О. І. ОСОБЛИВОСТІ ФОРМУВАННЯ СИСТЕМИ ЗЕЛЕНИХ НАСАДЖЕНЬ СУЧАСНОГО ВЕЛИКОГО МІСТА НА ПРИКЛАДІ м. ДНІПРО.....	33
Бондаренко О. І., Тонкоголосий Є. В. АРХІТЕКТУРНО-МІСТОБУДІВНІ АСПЕКТИ ТРАНСФОРМАЦІЇ ЖИТЛОВОГО РАЙОНУ СУЧАСНОГО ВЕЛИКОГО МІСТА НА ПРИКЛАДІ м. ДНІПРО.....	46
Воробйов В. В., Шило О. С. ТЕНДЕНЦІЇ ТРАНСФОРМАЦІЇ СЕЛІТЕБНИХ ТЕРИТОРІЙ ВЕЛИКИХ МІСТ НА СУЧАСНОМУ ЕТАПІ ІСТОРІЇ МІСТОБУДУВАННЯ.....	60
Воробйов В. В., Шило О. С. ПЕРСПЕКТИВИ ПРОМИСЛОВІСТІ МІСТА ДНІПРО ЯК ФАКТОРУ ВПЛИВУ НА ТРАНСФОРМУВАННЯ ЙОГО СЕЛІТЕБНИХ ТЕРИТОРІЙ.....	77
Дікарев К. Б., Григорович М. С., Нечепуренко Д. С., Варяничко М. О. ДОСЛІДЖЕННЯ ДОЦІЛЬНОСТІ ВИКОРИСТАННЯ РОБОТИЗОВАНОЇ ТЕХНІКИ З ШІ ДЛЯ ВИЯВЛЕННЯ ДЕФЕКТІВ ПОКРІВЕЛЬ.....	95
Дікарев Б. М., Папірник Р. Б., Стецюк Я. О., Куценко-Скокова А. О., Нечепуренко Д. С. ПРОПОЗИЦІЇ ЗМІН ДО БУДІВЕЛЬНИХ НОРМ І ПРАВИЛ ДЛЯ СТИМУЛЮВАННЯ БУДІВНИЦТВА ЕНЕРГОЕФЕКТИВНИХ БУДИНКІВ В УКРАЇНІ.....	104
Долженкова О. В., Русакова Т. І., Золотько О. В., Левицька О. Г., Войтенко Ю. В. ДІЯЛЬНІСТЬ ДСНС УКРАЇНИ В УМОВАХ ВІЙНИ: ВИКЛИКИ ТА РИЗИКИ ДЛЯ САПЕРІВ.....	111
Кравчуновська Т. С., Дігтяр К. В. ОРГАНІЗАЦІЯ ЖИТЛОВОГО БУДІВНИЦТВА НА ОСНОВІ ПРИНЦИПІВ СТАЛОГО РОЗВИТКУ.....	119
Пахомов М. В., Заяць Є. І. АНАЛІЗ ОРГАНІЗАЦІЇ КОНТРОЛЮ ЯКОСТІ БУДІВЕЛЬНИХ РОБІТ У КАРКАСНО-МОНОЛІТНОМУ БУДІВНИЦТВІ.....	127
Савицький М. В., Радкевич А. В., Бевз М. В., Бордун М. В., Савицький О. М., Іванченко В. І. ІНЖЕНЕРНО-ТЕХНІЧНЕ ОСНАЩЕННЯ КОРДОНУ І ЛІНІЙ РОЗМЕЖУВАННЯ УКРАЇНИ З РОСІЄЮ.....	138
Тютюкін О. Л., Бубнова О. А., Маркуль Р. В., Мірошник В. А., Машихіна П. Б. МОДЕЛЮВАННЯ ДИНАМІКИ ПІДЗЕМНИХ ВОД В ПРИКЛАДНИХ ЗАДАЧАХ.....	165

CONTENT

Bielikov A.S., Matsuk Z.M., Strezhekurov Yu.E., Safonov V.V., Strezhekurov Ye.E. NATIONAL OCCUPATIONAL SAFETY CULTURE VIEWED THROUGH THE PRISM OF THE PRINCIPLE OF PROBABILITY ADEQUACY.....	7
Bondarenko O.I. THEORY AND PRACTICE OF FORMING A SYSTEM OF GREEN PLANTINGS IN A MODERN BIG CITY.....	25
Bondarenko O.I. FEATURES OF THE FORMATION OF THE GREEN PLANTING SYSTEM OF A MODERN LARGE CITY USING THE EXAMPLE OF DNIPRO CITY.....	33
Bondarenko O.I., Tonkogolosiy Ye.V. ARCHITECTURAL AND URBAN PLANNING ASPECTS OF THE TRANSFORMATION OF A RESIDENTIAL AREA OF A MODERN LARGE CITY USING THE EXAMPLE OF DNIPRO CITY.....	46
Vorobiov V.V., Shylo O.S. TRENDS IN THE TRANSFORMATION OF RURAL TERRITORIES OF LARGE CITIES AT THE MODERN STAGE OF THE HISTORY OF URBAN PLANNING.....	60
Vorobiov V.V., Shylo O.S. PROSPECTS OF INDUSTRY IN THE CITY OF DNIPR AS A FACTOR OF INFLUENCE ON THE TRANSFORMATION OF ITS RESIDENTIAL AREAS.....	77
Dikarev K.B., Hryhorovych M.S., Nechepurenko D.S., Varianychko M.O. RELEVANCE OF RESEARCH ON INNOVATIVE SOLUTIONS FOR DETECTING DEFECTS IN FLAT ROOFS.....	95
Dikarev B.M., Papirnyk R.B., Stetsiuk Ya.O., Kutsenko-Skokova A.O., Nechepurenko D.S. PROPOSALS FOR CHANGES TO BUILDING CODES AND REGULATIONS TO STIMULATE THE CONSTRUCTION OF ENERGY-EFFICIENT HOMES IN UKRAINE.....	104
Dolzhenkova O.V., Rusakova T.I., Zolotko O.V., Levytska O.H., Voytenko J.V. SES OF UKRAINE IN WAR CONDITIONS: CHALLENGES AND RISKS TO SAPPERS.....	111
Kravchunovska T.S., Dihtiar K.V. ORGANISATION OF RESIDENTIAL CONSTRUCTION BASED ON THE PRINCIPLES OF SUSTAINABLE DEVELOPMENT.....	119
Pakhomov M.V., Zaiats Ye.I. ANALYSIS OF QUALITY CONTROL ORGANIZATION IN FRAME-MONOLITHIC CONSTRUCTION.....	127
Savytskyi M.V., Radkevych A.V., Bezv M.V., Bordun M.V., Savytskyi O.M., Ivanchenko V.I. ENGINEERING AND TECHNICAL EQUIPMENT OF THE BORDER AND DEMARCATION LINES BETWEEN UKRAINE AND RUSSIA.....	138
Tiutkin O.L., Bubnova O.A., Markul R.V., Miroshnyk V.A., Mashykhina P.B. MODELING THE DYNAMICS OF GROUNDWATER IN APPLIED PROBLEMS.....	165

УДК 658.382:614.8:613.64:621.8.035:519.2:331.1

DOI: 10.30838/UJCEA.2312.270425.7.1173

НАЦІОНАЛЬНА КУЛЬТУРА БЕЗПЕКИ ПРАЦІ КРІЗЬ ПРИЗМУ ПРИНЦИПУ АДЕКВАТНОСТІ ЙМОВІРНОСТЕЙ

БЕЛІКОВ А. С.¹, *докт. техн. наук, проф.*,

МАЦУК З. М.², *канд. техн. наук, доц.*,

СТРЕЖЕКУРОВ Ю. Е.^{3*}, *асп.*,

САФОНОВ В. В.⁴ *канд. техн. наук, проф.*,

СТРЕЖЕКУРОВ Е. Є.⁵ *канд. техн. наук, доц.*

¹ Кафедра охорони праці, цивільної та техногенної безпеки, Український державний університет науки і технологій, ННІ «Придніпровська державна академія будівництва та архітектури», вул. Архітектора Олега Петрова, 24-а, 49005, Дніпро, Україна, тел. +38 (0562) 47-03-25, e-mail: belicov@pdaba.edu.ua, ORCID ID: 0000-0001-5822-9682

² Кафедра охорони праці, цивільної та техногенної безпеки, Український державний університет науки і технологій, ННІ «Придніпровська державна академія будівництва та архітектури», вул. Архітектора Олега Петрова, 24-а, 49005, Дніпро, Україна, тел. +38 (067) 731-52-26, e-mail: matsuk.zachar@pdaba.edu.ua, ORCID ID: 0000-0001-6114-9536

^{3*} Кафедра охорони праці, цивільної та техногенної безпеки, Український державний університет науки і технологій, ННІ «Придніпровська державна академія будівництва та архітектури», вул. Архітектора Олега Петрова, 24-а, 49005, Дніпро, Україна, тел. +38 (097) 097-51-59, e-mail: staty_mail.ua@gmail.com, ORCID ID: 0009-0002-1791-395X

⁴ Кафедра охорони праці, цивільної та техногенної безпеки, Український державний університет науки і технологій, ННІ «Придніпровська державна академія будівництва та архітектури», вул. Архітектора Олега Петрова, 24-а, 49005, Дніпро, Україна, ORCID ID: 0009-0005-7856-1937

⁵ Кафедра електротехнології та електромеханіки, Дніпровський державний технічний університет, вул. Дніпробудівська, 2, 51918, Кам'янське, Україна, ORCID ID: 0000-0003-4304-3556

Анотація. Постановка проблеми. За даними Державної служби України з питань праці, у 2024 році в Україні зареєстровано 3 509 нещасних випадків на виробництві, з яких 14 % мали летальні наслідки. Це негативно контрастує з міжнародною статистикою, де співвідношення летальних і нелетальних випадків виробничого травматизму в середньому становить 1:763. Аналіз стану виробничої безпеки в Україні виявив системні проблеми, зокрема – неефективність системи управління охороною (безпекою) праці. Порівняння з міжнародним досвідом підтверджує відсутність в Україні сформованого ризик-орієнтованого підходу до питань охорони (безпеки) праці, невизначеність меж гранично допустимого ризику у цій сфері, а також низький рівень гармонізації національного законодавства із світовими стандартами відповідного спрямування. Стабільно високий рівень виробничого травматизму в Україні свідчить про низький рівень національної культури безпеки праці, що є критичною проблемою держави. **Мета статті** – виконати аналіз стану безпеки праці в Україні, визначити ключові недоліки системи управління охороною праці, вдосконалити ризик-орієнтований підхід до питань охорони (безпеки) праці для створення й підтримки належних, безпечних і здорових умов праці, забезпечення безпечного виробничого середовища, мінімізації соціально-економічних наслідків впливу виробничих небезпек на здоров'я працівників, підвищення працездатності персоналу під час трудової діяльності та формування основ національної культури безпеки праці. **Висновок.** Вперше, на основі висновків ретроспективного аналізу безпеки праці визначено, що основною причиною високого рівня виробничого травматизму/профзахворюваності в Україні є низький рівень культури безпеки праці та недоліки системи управління охороною (безпекою) праці на державному рівні. Вперше встановлено пряму залежність між рівнем травматизму, чисельністю працівників і економічними показниками країни (ВВП). Вперше запропоновано Принцип адекватності ймовірностей як основу національної культури безпеки праці. Вперше запропоновано Концепцію безпеки праці України (КБП) та Концепцію національної культури безпеки праці (КНКБП), що базуються на людиноцентричному, ризик-орієнтованому підході, гармонізації з міжнародними стандартами, навчанні та стимулюванні.

Ключові слова: охорона праці; виробнича безпека; ризик-орієнтований підхід; управління ризиками; культура безпеки праці; принцип адекватності; баланс витрат і вигод

NATIONAL OCCUPATIONAL SAFETY CULTURE VIEWED THROUGH THE PRISM OF THE PRINCIPLE OF PROBABILITY ADEQUACY

BIELIKOV A.S.¹, *Dr. Sc. (Tech.), Prof.*,

MATSUK Z.M.², *Cand. Sc. (Tech.), Assoc. Prof.*,

STREZHEKUROV Yu.E.^{3*}, *Postgrad. Stud.*,

SAFONOV V.V.⁴, *Cand. Sc. (Tech.), Prof.*,
STREZHEKUROV Ye.E.⁵, *Cand. Sc. (Tech.), Assoc. Prof.*

¹ Department of Labour Protection, Civil and Technogenic Safety, Ukrainian State University of Science and Technologies, ESI "Prydniprovsk State Academy of Civil Engineering and Architecture", 24-a, Architect Oleh Petrov St., Dnipro, 49005, Ukraine, tel. +38 (0562) 47-03-25, e-mail: belicov@pdaba.edu.ua, ORCID ID: 0000-0001-5822-9682

² Department of Labour Protection, Civil and Technogenic Safety, Ukrainian State University of Science and Technologies, ESI "Prydniprovsk State Academy of Civil Engineering and Architecture", 24-a, Architect Oleh Petrov St., Dnipro, 49005, Ukraine, tel. +38 (067) 731-52-26, e-mail: matsuk.zachar@pdaba.edu.ua, ORCID ID: 0000-0001-6114-9536

^{3*} Department of Labor Protection, Civil and Technogenic Safety, Ukrainian State University of Science and Technologies, ESI "Prydniprovsk State Academy of Civil Engineering and Architecture", 24-a, Architect Oleh Petrov St., Dnipro, 49005, Ukraine, tel. +38 (056) 756-34-73, e-mail: staty.mail.ua@gmail.com, ORCID ID: 0009-0002-1791-395X

⁴ Department of Labour Protection, Civil and Technogenic Safety, Ukrainian State University of Science and Technologies, ESI "Prydniprovsk State Academy of Civil Engineering and Architecture", 24-a, Architect Oleh Petrov St., Dnipro, 49005, Ukraine, tel. +38 (0562) 47-03-25, e-mail: belicov@pdaba.edu.ua, ORCID ID: 0009-0005-7856-1937

⁵ Department of Electrotechnology and Electromechanics, Dnieper State Technical University, 2, Dniprobudivska St., Kam'yanske, 51918, Ukraine, tel. +38 (0569) 55-20-05, e-mail: strejkyrov@ukr.net, ORCID ID: 0000-0003-4304-3556

Abstract. Problem statement. According to the State Labour Service of Ukraine, 3,509 occupational accidents were registered in Ukraine in 2024, of which 14 % were fatal. This significantly contrasts with international statistics, where the average ratio of fatal to non-fatal occupational injuries is approximately 1:763. The analysis of the current state of occupational safety in Ukraine reveals systemic issues, in particular the inefficiency of the occupational health and safety (OHS) management system. A comparison with international practices confirms the absence of a structured risk-based approach to occupational safety and health (OSH) in Ukraine, the lack of clearly defined thresholds for acceptable risk levels, and the low level of harmonization of national legislation with leading international standards in this field. The persistently high level of occupational injuries in Ukraine indicates a low level of national safety culture, which constitutes a critical problem. **The purpose of the article** – to analyse the current state of occupational safety in Ukraine, identify key deficiencies in the occupational health and safety management system, improve the risk-based approach to OSH in order to establish and maintain adequate, safe, and healthy working conditions, ensure a safe working environment, minimize the socio-economic consequences of workplace hazards for workers' health, enhance employee productivity during work activity, and lay the foundations of a national occupational safety culture. **Conclusions.** For the first time, based on the findings of a retrospective analysis of occupational safety, it has been determined that the primary cause of the high level of workplace injuries and occupational diseases in Ukraine is the low level of occupational safety culture and deficiencies in the occupational safety and health management system at the state level. For the first time, a direct correlation has been established between the level of workplace injuries, the number of employees, and the country's economic indicators (GDP). For the first time, the Principle of Probability Adequacy has been proposed as the foundation for a national occupational safety culture. For the first time, the Concept of Occupational Safety in Ukraine (COSU) and the Concept of National Occupational Safety Culture (CNOSC) have been proposed, grounded in a human-centered, risk-oriented approach, harmonization with international standards, training, and incentivization.

Keywords: *occupational health and safety; industrial safety; risk-based approach; risk management; safety culture; principle of adequacy; cost-benefit balance*

Постановка проблеми. Всесвітня організація охорони здоров'я (ВООЗ) підкреслює, що травматизм, пов'язаний з виробництвом, та побутові інциденти, є однією з найсерйозніших загроз людству. Масштаби травматизму можна порівняти з епідемією, яка щорічно забирає велику кількість життів. Статистика свідчить, що смертність від нещасних випадків посідає третє місце в світі після серцево-судинних та онкологічних захворювань [1]. Питання виробничого травматизму є одним із пріоритетів Міжнародної організації праці (МОП). За даними МОП кожні 3 хвилини в світі, на виробництві, смертельно травмується одна людина, а щосекунди 4

працівники отримують виробничі травми різного ступеня тяжкості [1].

За відносно новими оцінками МОП (на 2023 рік), майже три мільйони працівників щорічно помирають внаслідок нещасних випадків і захворювань, пов'язаних із виробництвом. Ця цифра підкреслює наявність сталих проблем у забезпеченні охорони здоров'я та безпеки працівників у всьому світі. Більшість цих смертельних випадків, пов'язаних із виробництвом – загалом 2,6 мільйона смертей – спричинені професійними захворюваннями. Захворювання серцево-судинної системи, злоякісні новоутворення та респіраторні захворювання входять до трійки основних

причин смертності, пов'язаної з виробництвом. За даними аналізу МОП, нещасні випадки на виробництві стають причиною понад 330 000 смертей щороку. Разом ці категорії становлять понад три чверті загальної смертності працівників, пов'язаної з їх трудовою діяльністю [2].

Попри значний науково-технічний прогрес ХХІ століття, досягнення належного рівня безпеки життєдіяльності, а також цивільної та виробничої безпеки залишається загальною проблемою. Стабільно високий рівень виробничого травматизму в Україні свідчить про низьку культуру безпеки праці, а також про недосконалість існуючого ризик-орієнтованого підходу в управлінні охороною праці – що є критичною проблемою.

Мета дослідження – виконати аналіз стану безпеки праці в Україні, визначити ключові недоліки системи управління охороною праці, вдосконалити ризик-орієнтований підхід до питань охорони (безпеки) праці для створення й підтримки належних, безпечних і здорових умов праці, забезпечення безпечного виробничого середовища, мінімізації соціально-економічних наслідків впливу виробничих небезпек на здоров'я працівників, підвищення працездатності персоналу під час трудової діяльності та формування основ національної культури безпеки праці.

Результати досліджень. Згідно ДСТУ 2293:2014 «Охорона праці. Терміни та визначення основних понять» [3], виробнича безпека – захищеність життя, здоров'я працівників й інших осіб і/або майна від впливу шкідливих і небезпечних виробничих чинників. Статистичні дані 2024 року свідчать, що торік в Україні кожен 7-й випадок виробничого травмування був летальним, тоді як у світі це співвідношення становить 1:763 [1].

Це свідчить про те, що стан безпеки праці в Україні, поки що, далекий від належного. Проведений аналіз показує, що рівень виробничого травматизму в Україні є на порядки вищим, ніж у економічно розвинутих країнах світу [1]. Основними причинами цього є невирішені проблеми в економіці та системні недоліки в управлінні

охороною (безпекою) праці на всіх рівнях. Усунення зазначених недоліків потребує термінового впровадження нових, дієвих, скоординованих заходів.

Основними критеріями оцінки стану виробничої безпеки є травматизм, виробнича захворюваність і смертність працівників під час виконання ними трудових (посадових) обов'язків [3]. Наявність і зростання показників виробничого травматизму та професійної захворюваності свідчать про недосконалість системи управління охороною праці (надалі – СУОП) як на рівні підприємств, так і на рівні держави.

Зростання показників виробничого травматизму та професійної захворюваності зі смертельними наслідками до значень, що перевищують гранично допустимий рівень ризику [5; 7–9], свідчить про колапс СУОП як на рівні підприємств, так і на державному рівні.

«Концепція реформування системи управління охороною праці в Україні та затвердження плану заходів щодо її реалізації» [5] декларує, що діюча СУОП України сформована за принципом «коригувальних дій», що унеможливорює визначення пріоритетності профілактичних заходів безпеки та гігієни праці на кожному з етапів діяльності підприємства. Концепція [5] пропонує запровадити національну систему запобігання виробничим ризикам, формуючи її з урахуванням вимог Директиви Ради № 89/391/ЄЕС [6].

Однак Концепція [5] не пропонує нам показник рівня гранично допустимого ризику, навіть концептуально.

Концепція управління ризиками виникнення надзвичайних ситуацій техногенного та природного характеру [7], на відміну від Концепції [5], декларує, що під час визначення рівнів прийнятних ризиків у подальшому застосовуватимуться значення ризиків, прийняті в економічно розвинених державах, зокрема: значення гранично допустимого ризику – на рівні 1×10^{-5} .

Концепція [7] декларує, що ризик значення якого більше гранично допустимого вважається абсолютно неприйнятним. «Порядок управління

ризиками виникнення надзвичайних ситуацій техногенного характеру та пожеж» [8; 9] теж встановлює значення гранично допустимого рівня ризику на рівні 1×10^{-5} . Методика визначення ризиків та їх прийнятних рівнів для декларування безпеки об'єктів підвищеної небезпеки [10] встановлює значення ризику, що для життя людини є неприйнятним в інтервалі від 10^{-6} до 10^{-5} .

Теорія ймовірностей [11] і Методика оцінювання ризиків [12], в загальному вигляді, пропонують математичний апарат для розрахунку ймовірності загибелі працівника як відношення кількості

загиблих до загальної кількості спостережень за певний період часу.

Підсумки розрахунку ймовірності загибелі людини на виробництві в Україні по роках, з 1990 по 2023 рік, з урахуванням динаміки скорочення кількості працівників (рис. 1) наведені на рисунку 2.

Що стосується загальної динаміки виробничого травматизму, травматизму зі смертельним наслідком і профзахворюваності. Підсумки аналізу зазначеної динаміки по роках, з 1990 по 2023 рік, з урахуванням скорочення кількості працівників, наведені на рисунку 3.

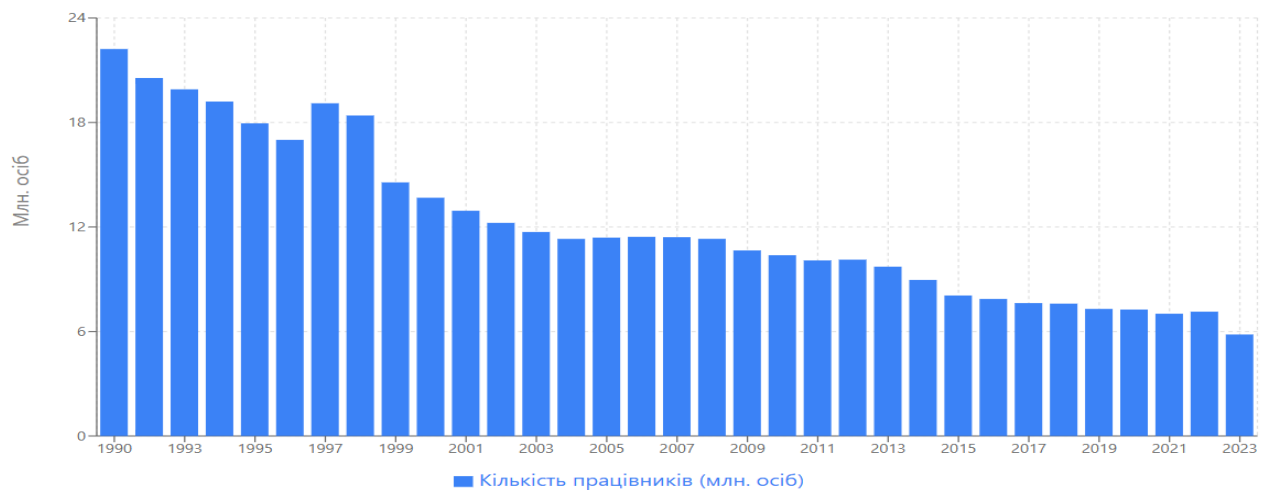


Рис. 1. Динаміка скорочення середньооблікової кількості працівників в Україні 1990–2023 рр.



Рис. 2. Ймовірність (ризик) загибелі працівника на виробництві в Україні

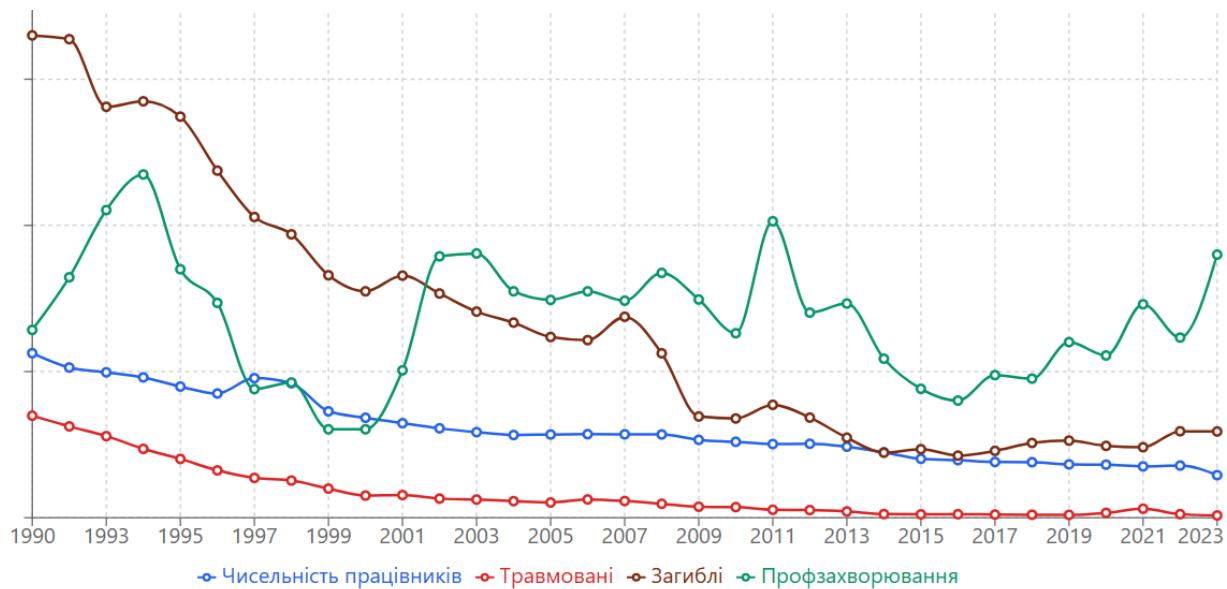


Рис. 3. Виробничий травматизм та профзахворюваність в Україні, у відносній динаміці, в діапазоні спостереження з 1990 по 2023 роки

Підсумки динамічного аналізу травматизму та професійної захворюваності в Україні, у відносній динаміці, за період з 1990 по 2023 роки:

- скорочення чисельності працівників – на 74 %;
- зниження загального рівня травматизму – на 95 %;
- зниження травматизму зі смертельними наслідками – на 82 %;
- зростання рівня професійної захворюваності – на 40 %.

Що стосується економіки, а саме показника валового внутрішнього продукту (ВВП) у фіксованих цінах 2010 року, то, за даними аналітичного видання «VoxUkraine» з посиланням на дані Світового банку, у період з 1990 по 2015 рік економіка України скоротилася з \$ 188,4 млрд до \$ 124 млрд — тобто на третину [13].

У цей же період суттєво знизилися показники виробництва промислової продукції, зокрема як частка промисловості у структурі ВВП.

Відповідно, зафіксовано таке скорочення [13]:

- виробництва електроенергії – на 41,8 %;
- прокату чорних металів – на 59,45 %;
- виробництва цементу – на 58,53 %;
- видобутку вугілля – на 75,18 %.

Стає розуміло чому скоротився й рівень виробничого травматизму.

З огляду на те, що протягом 1990–2015 років в Україні спостерігався статистично, в абсолютних значеннях, найвищий рівень травматизму зі смертельним наслідком та профзахворюваності, а кількість травмованих, при цьому, продовжувала знижуватись пропорційно зниженню кількості працюючих (рис. 3). З огляду на данні щодо падіння ВВП (в частині промислового виробництва) в проміжку часу з 1990 по 2015 рр. [13; 14].

Нами було розраховано відносні показники травматизму і професійної захворюваності в завданому інтервалі часу. Відносну динаміку виробничого травматизму (професійної захворюваності) на фоні зниження кількості працівників, падіння ВВП, в інтервалі спостереження з 1990 по 2015 рр. і, що наведено нижче, на рисунку 4.

Починаючи з 2015 року і до 2020 року, на фоні подальшого зниження кількості працівників, в Україні починається поступове зростання ВВП [14], разом з цим зростає і рівень виробничого травматизму зі смертельним наслідком, а також захворюваність на професійні захворювання, між тим загальний рівень травматизму на виробництві продовжує знижуватись.

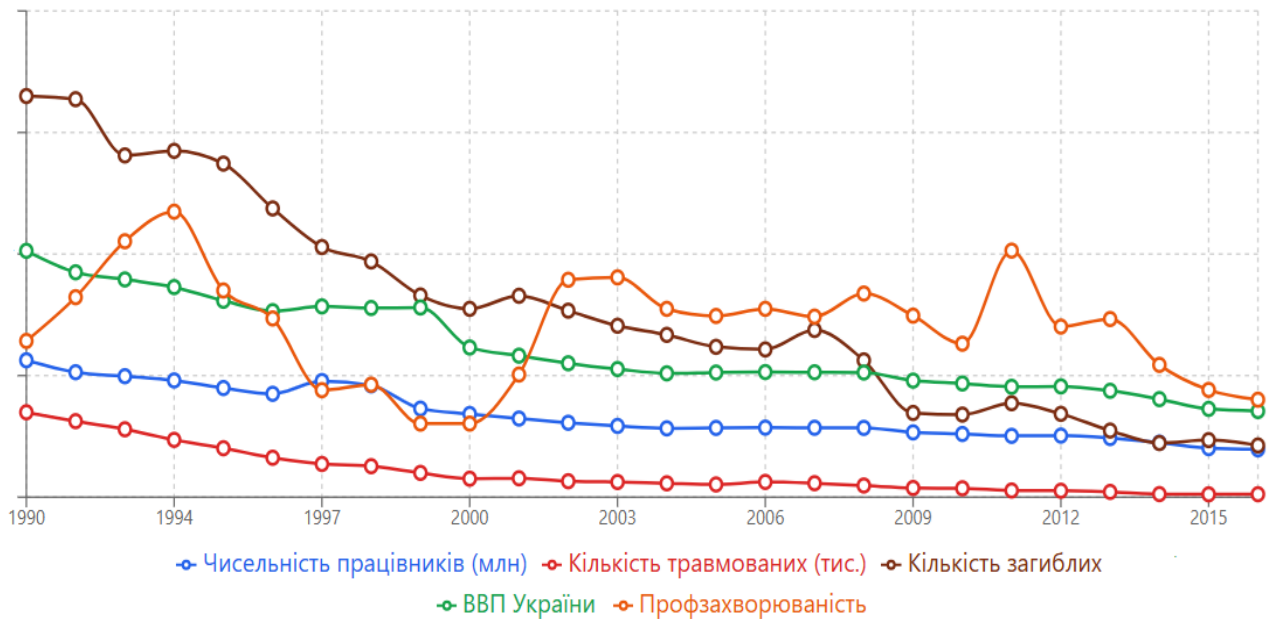


Рис. 4. Травматизм і профзахворюваність у динаміці зниження кількості працівників і падіння ВВП в інтервалі з 1990 по 2015 рр.

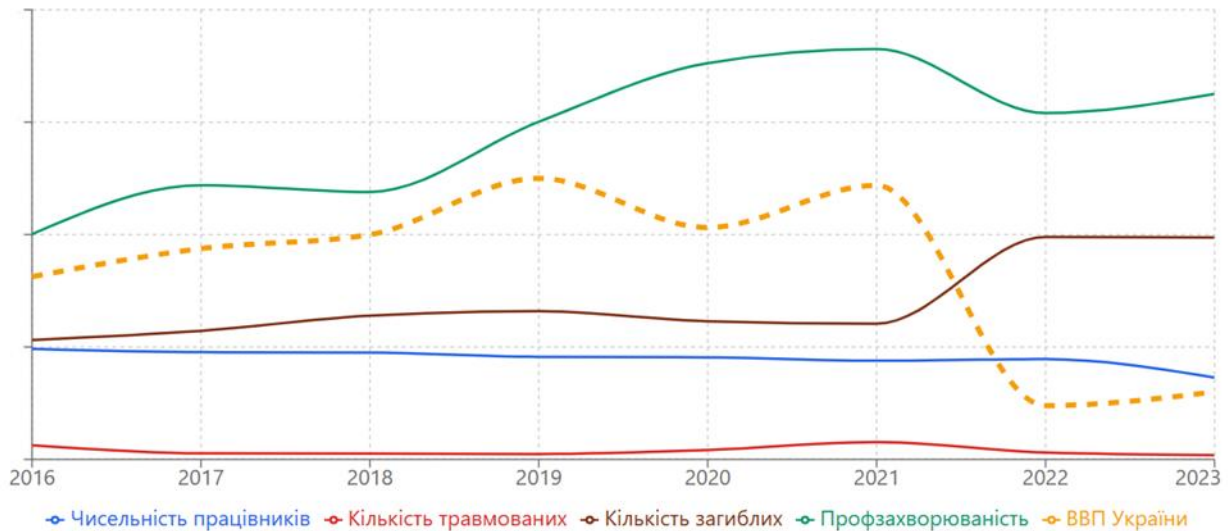


Рис. 5. Травматизм і профзахворюваність у динаміці зниження кількості працівників і падіння ВВП в інтервалі з 2015 по 2023 рр.

У 2019 р. починає зростати кількість професійних захворювань.

Негативна динаміка кількості професійних захворювань в Україні у 2019–2021 рр. прослідковується і співпадає з активним періодом пандемії COVID-19.

Стрибок показників травматизму зі смертельним наслідком у 2022–2023 рр., на фоні продовження скорочення кількості працівників, співпадає з початком повномасштабної агресії РФ.

Динаміку виробничого травматизму, виробничого травматизму зі смертельним наслідком і професійної захворюваності в Україні, з урахуванням кількості працівників і коливань ВВП, в інтервалі спостереження з 2015 по 2023 рр., наведено на рисунку 5.

Між тим в Україні існують окремі випадки здатності СУОП виконувати свої функції в межах європейських показників безпеки, в тому числі у промислово навантажених регіонах, роками.

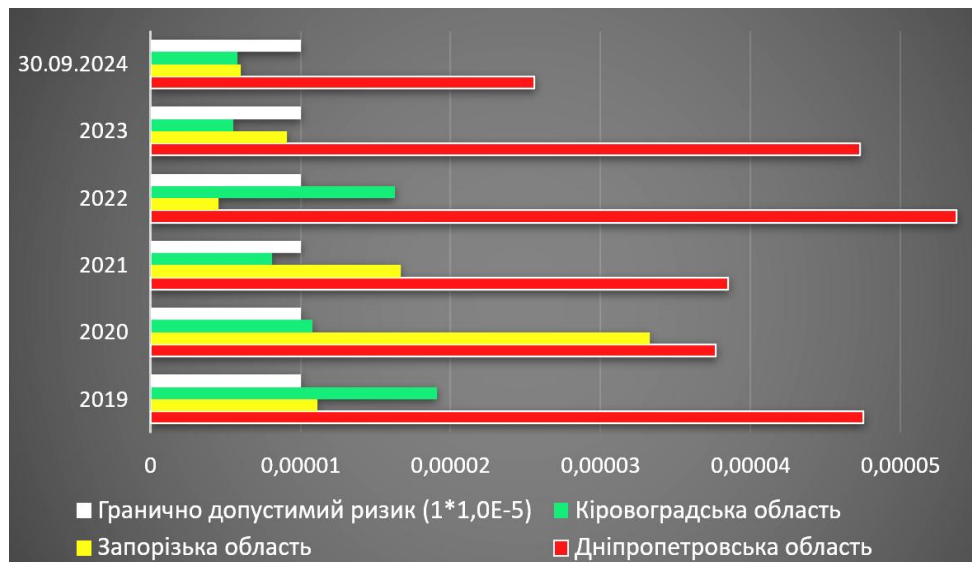


Рис. 6. Ймовірність загибелі працівника на виробництві, в окремих областях, в інтервалі з 2019 по 2024 рр.

Підсумки розрахунку ймовірності загибелі працівника на виробництві в Дніпропетровській, Запорізькій та Кіровоградській областях, по роках, з 2019 по 2024 рр., наведено на рисунку 6.

Проведені нами дослідження дозволяють зробити висновок, що попри те, що загальна кількість нещасних випадків і професійних захворювань виявлених в Україні, в абсолютних значеннях, має тенденцію до зниження, при погляді у відносному (питомому) ракурсі, в динаміці, з огляду на падіння ВВП та скорочення чисельності працівників, це не виглядає так оптимістично.

Проведеними нами дослідженнями встановлено:

- в Україні існує прямий зв'язок (залежність) між рівнем виробничого травматизму та загальнообліковою кількістю працівників. Чим менше працівників, тим нижче рівень травматизму. Коефіцієнт кореляції: $r \approx 0.85-0.95$;

- в Україні існує прямий зв'язок (залежність) між рівнем смертельного травматизму та зниженням загальнооблікової кількості працівників. Чим більше працівників, тим більше летальних випадків. Коефіцієнт кореляції: $r \approx 0.85-0.95$;

- в Україні, в інтервалі розгляду, не зафіксовано прямої залежності між рівнем професійної захворюваності і загальнообліковою кількістю працівників. Рівень профзахворюваності, прямо не

корелюється і демонструє, у відносних показниках, зростання на 40 %. Це може пояснюватись низькою якістю державного нагляду/контролю, змінами у методиці обліку профзахворювань, зниженням рівня соціальних стандартів і гарантій, зниженням рівня фінансування роботодавцями питань санітарії та гігієни праці, не врегулюванням питань праці та відпочинку – відсутністю державного нагляду/контролю в цьому напрямку. Виражено негативна динаміка кількості професійних захворювань в Україні у 2019–2021 рр. співпадає з пандемією COVID-19 і, одночасно, обумовлена підвищенням якості засобів діагностики;

- в Україні, в інтервалі розгляду, існує прямий зв'язок між рівнем травматизму (професійної захворюваності) і показниками економічного розвитку країни (ВВП);

- в інтервалі спостереження з 1990 по 2023 роки загальний показник ризику загинути на виробництві в Україні від причин пов'язаних з виробництвом, жодного разу не знижувався до прийнятного рівня ризику, встановленого у економічно розвинутих країнах світу;

- в Україні існують окремі випадки здатності СУОП виконувати свої функції в межах європейських показників допустимого ризику, в тому числі у промислово навантажених регіонах, роками, але основною причиною цього є зниження інтенсивності виробничих процесів та кількості працівників;

– превентивні заходи існуючої в Україні СУОП, на всіх рівнях, не задовольняють вимогам безпеки праці, встановленим в економічно розвинутих країнах світу;

– існуюча СУОП України морально застаріла, неефективна і потребує перебудови на основі нових принципів;

– безпека праці в Україні системно не керована, не контрольована, стихійна, прецедентна. Протягом понад 30 років промисловість України, з точки зору безпеки праці, працює в режимі надзвичайної ситуації [12], коли ризик загинути на виробництві кратно вищий, ніж його гранично допустимі значення [12], а зниження травматизму, у більшості випадків, пов'язане зі скороченням чисельності працівників, зниженням інтенсивності праці і змінами у методології віднесення нещасних випадків до таких, які пов'язані з виробництвом.

Аналіз міжнародної законодавчої бази з питань охорони праці (виробничої безпеки) та законодавства України свідчить, що в Україні поняття «виробнича безпека» розглядається як складова поняття «охорона праці». Це поняття увійшло до державної стандартизації та фактично замінило собою термін «промислова безпека» [3]. Водночас, окремого законодавчого акта, що регулює питання виробничої безпеки, в Україні не існує.

У законодавстві економічно розвинутих країн світу поняття «виробнича безпека» не застосовується, що ускладнює процес гармонізації нормативно-правової бази України з міжнародними стандартами. Щодо міжнародного співробітництва з питань охорони (безпеки) праці, то воно розвивається здебільшого у декларативному напрямку шляхом підписання та ратифікації міжнародних угод і конвенцій [15; 16].

Міжнародне співробітництво, серед іншого, переслідує наступні цілі:

- покращити якість життя людей;
- створювати більшу кількість робочих місць з гідними умовами праці;
- сприяти створенню умов на ринку праці, які поєднують гнучкість із безпекою;
- підвищувати рівень охорони здоров'я та безпеки на робочому місці, у тому числі шляхом навчання з питань охорони здоров'я

та безпеки, сприяння запобіжним заходам, запобіганню небезпекам великих аварій, поводженню з токсичними хімікатами.

Україна є членом Міжнародної організації праці з 1954 року. Україна ратифікувала 72 конвенції МОП (61 чинна), у т. ч. 9 з 10 фундаментальних. Зокрема, однією з останніх була ратифікація Україною у 2023 році Конвенції МОП про хімічні речовини 1990 року (№ 170) [17].

Нажаль, питання створення та забезпечення безпечного і здорового виробничого середовища та підтримки належних умов праці не розглядаються сьогодні як пріоритет міжнародного співробітництва, а це не відповідає вимогам Конституції України [18].

Аналіз реалізованого підходу до охорони (безпеки) праці в Україні та у економічно розвинутих країнах світу свідчить про наступне.

Питання охорони (безпеки) праці в Україні розкриті і мають чинну нормативно-правову базу. Нормативно-правова база з питань охорони (безпеки) праці, зокрема Закон «Про охорону праці» [19] та нормативно-правові акти, прийняті відповідно до нього, охоплюють широкий спектр питань, зокрема щодо: ідентифікації та визначення професійних небезпек; заборони, обмеження або інших заходів зменшення впливу або використання небезпечних процесів, машин і речовин; норм професійного опромінення; спостереження та моніторингу виробничого середовища; запобігання небезпечній роботі та відповідних вимог до сертифікації і ліцензування; класифікації та маркування небезпечних речовин; забезпечення ЗІЗ; безпечних способів транспортування та утилізації небезпечних відходів; організації робочого часу; адаптації робочих машин, обладнання та процесів до можливостей працівників (ергономічні фактори); проектування, будівництва, планування та обслуговування робочих місць (машин, обладнання, устаткування); забезпечення належних умов праці; соціального забезпечення працюючих тощо.

Ризик-орієнтованому підходу до створення і управління СУОП і примусовому державному регулюванню в

цій сфері, у чинному законодавстві України належної уваги не приділяється.

Треба зазначити, що вітчизняна законодавча база з питань охорони (безпеки) праці виявляє певну дихотомію у підходах, розрізняючи охорону праці, яка в основному розглядається як промислова безпека, поняття якої скасовано в державній стандартизації у 2014 році [3], та питання санітарії, гігієни та виробничого середовища, які розглядаються як питання гігієни праці.

Слід додати, що скасування стандартизації поняття «промислова безпека», з одного боку, та одночасне невиключення цього терміна із Закону України «Про охорону праці» [19], невведення на його заміну поняття «виробнича безпека» [3], а також відсутність вилучення терміна «промислова безпека» з Положення про Держпраці [20], створює у правовому полі прецедент фактичної дерегуляції системи управління охороною праці (СУОП) держави. В результаті чого Держпраці продовжує здійснювати нагляд (контроль) за питанням, яке нормативно не врегульоване. Відтак, цей орган, з одного боку, не забезпечує реалізацію частини своїх конституційних функцій, а з іншого, втрачає право на реалізацію відповідних повноважень.

На відміну від України, принципи й підходи до охорони (безпеки) праці в розвинених країнах світу – таких як Норвегія, Швеція, Нідерланди, Австралія, Німеччина, Велика Британія та інші – є ризик-орієнтованими.

Світовий досвід реалізації ризик-орієнтованого підходу до питань управління охороною (безпеки) праці говорить:

- там, де є працівник (праця), там є ризики, які треба зменшувати;
- аналіз небезпек є найважливішим процесом забезпечення безпеки;
- найбільший ризик для організації – не застосування в роботі ризик-орієнтованого управлінського підходу до забезпечення безпеки працівників, до цивільного захисту громадян, до захисту майна і навколишнього природного середовища.

Системи управління охороною (безпекою) праці у розвинених країнах ґрунтуються на ризик-орієнтованому підході та максимальному залученні працівників до забезпечення безпеки.

Основи, принципи та підходи сучасного ризик-орієнтованого підходу:

1. Законодавче закріплення ризик-орієнтованого підходу;
2. Обов'язкове впровадження ризик-менеджменту;
3. Побудова системи охорони (безпеки) праці на основі оцінки ризиків;
4. Методологія оцінки ризиків;
5. Галузева специфіка та технологічний рівень підходів до безпеки;
6. Культура безпеки та співпраця;
7. Психологічне здоров'я, добробут, режим праці та відпочинку;
8. Цифрові технології в охороні (безпеці) праці;
9. Постійний нагляд і контроль;
10. Державний нагляд і стандартизація;
11. Відповідальність роботодавця на усіх рівнях управління безпекою;
12. Профілактика та страхування.

У Європі, Австралії, Новій Зеландії, Канаді та інших частинах світу проведення оцінки професійних ризиків стало звичайною практикою.

Це значною мірою пояснюється тим, що в цих країнах існують закони і національні стандарти, які зобов'язують роботодавців постійно проводити оцінку ризиків на робочих місцях.

Поняття оцінки ризиків є основною частиною європейської політики охорони (безпеки) праці. Воно закріплене в Рамковій директиві ЄС 89/391/EEC (Framework Directive on Safety and Health at Work), ухваленій у 1989 році [6]. Ця директива зобов'язує роботодавців оцінювати ризики на робочих місцях для забезпечення безпеки працівників, розробляючи відповідні заходи для їх усунення чи мінімізації.

Європа лідирує у питаннях впровадження ризик-орієнтованого підходу до питань виробничої безпеки. Найкращих результатів на шляху до нульового травматизму досягли такі країни Євросоюзу як Ісландія, Норвегія, Німеччина, Нідерланди, Фінляндія [21].

Для порівняння, у США концепція оцінки ризиків увійшла в регуляторну практику пізніше, починаючи з таких стандартів, як OSHA 29 CFR 1910.119 (1992 рік) [22]. Проте, на федеральному рівні США, на відміну від країн ЄС, й досі не існує загальної вимоги щодо необхідності проведення оцінки ризиків. Існуючі вимоги стосуються лише окремих галузей і небезпек. Тоді як, у Великій Британії Відомство з питань охорони здоров'я та безпеки праці (HSE), починаючи з 1999 року, вимагає від усіх роботодавців, які мають п'ять і більше працівників, обов'язково проводити оцінку ризиків. Подібні вимоги існують і в таких країнах, як Австралія, Нова Зеландія тощо.

Решта країн світу поступово приєднуються до цього руху. У 2006 році Закон Японії «Про промислову безпеку та гігієну» [23] був переглянутий, нова редакція передбачила, що роботодавці повинні докласти зусиль для впровадження оцінки ризиків.

Міжнародні принципи забезпечують і зниження ризиків на виробництві і підвищення продуктивності праці. При цьому, в міжнародній практиці, рекомендовані значення ризиків можуть бути не універсальними, а адаптованими до конкретного підприємства чи галузі.

Вищезазначене негативно відрізняє вітчизняне законодавство з охорони (безпеки) праці від законодавства економічно розвинутих країн світу.

Сьогодні в Україні реалізується «Концепція реформування системи управління охороною праці в Україні та затвердження плану заходів щодо її реалізації» [5]. Ця концепція є рамковим документом, який формує контекст, бачення, принципи, цілі та основні напрямки реструктуризації організації охорони праці в Україні на основі ризик-орієнтованого підходу для забезпечення переходу до стандартів держав-членів Європейського Союзу щодо охорони праці. Концепція [5] перелічує ключові проблеми існуючої СУОП, пропонує основні напрямки і шляхи до їх вирішення для підвищення ефективності СУОП, формування сучасного безпечного та

здорового виробничого середовища, мінімізації соціально-економічних наслідків негативного впливу на здоров'я та працю людини, підвищення показників працездатності працівників під час трудової діяльності та формування національної культури охорони праці.

Концепція [5] розрахована на довгострокову перспективу та закладає основу для розвитку організаційної діяльності, сучасної нормативно-правової бази та загальнодержавних, регіональних та галузевих програм з охорони праці.

Нажаль, план заходів щодо реалізації Концепції [5] реалізується зі значним запізненням, а такі заходи як: розроблення засобів і впровадження заходів застосування ризик-орієнтованого підходу у реформуванні системи управління охороною праці об'єктів господарювання; визначення ефективності реформування систем управління охороною праці із застосуванням ризик-орієнтованого підходу, взагалі віднесені урядом на безстрокову перспективу. Тому підняті питання безпеки праці залишаються актуальними.

Звісно, Концепція [5] – це гарний початок, але, на нашу думку, варто було б розпочати поступово, з впровадження поняття «ризик» до Закону України «Про охорону праці» [19], із виокремлення, або відходу від поняття «виробнича безпека» з введенням окремого Закону України «Про безпеку праці», паралельно гармонізуючи зазначені нормативні акти із законодавством розвинутих країн.

Між тим, наступним кроком законотворчості України у напрямку безпеки праці є проєкт Закону України «Про безпеку та здоров'я працівників на роботі» [25] (надалі – Закон).

Згідно прикінцевих та перехідних положень проєкту Закону з дати коли він набере чинність Закон України «Про охорону праці» [19] втрачає чинність, а з ним і вся СУОП держави перестає існувати. Нам здається це не достатньо виражений і дуже ризикований крок, повний невизначеності.

Новий Закон не підтримує поняття «охорона праці», відносить питання безпеки та здоров'я працівників на роботі до

законодавства про працю, вимагає формування системи управління безпекою та здоров'ям працівників на роботі.

Проект Закону декларує, що законодавство про безпеку та здоров'я працівників на роботі складається з Конституції України, цього Закону, міжнародних договорів України, нормативно-правових актів, що регулюють відносини в цій сфері. Але, на відміну від міжнародного законодавства і світового досвіду, проект Закону декларує, що метою державної політики у сфері безпеки та здоров'я працівників на роботі є запобігання травматизму на роботі, професійним захворюванням та смертельним випадкам шляхом максимально можливого зниження рівня професійних ризиків.

Проект Закону декларує, що державна політика у сфері безпеки та здоров'я працівників на роботі ґрунтується, серед іншого, на:

- пріоритетності запобігання професійним ризикам на основі їх оцінювання та усунення небезпек у джерелах їх виникнення;

- забезпеченні системи консультування роботодавців і працівників з метою надання їм допомоги щодо організації заходів із мінімізації професійних небезпек і професійних ризиків та застосування законодавства про безпеку та здоров'я працівників на роботі;

Проект Закону вводить і розкриває поняття «професійний ризик», як ймовірність порушення (ушкодження) здоров'я працівника внаслідок несприятливого впливу небезпечних та/або шкідливих професійних факторів або робочого середовища з урахуванням тяжкості наслідків такого впливу на здоров'я працівника та втрати ним працездатності.

Таке визначення віддаляє нас від поняття ризику як міри невизначеності та не поєднує ймовірність з величиною потенційних наслідків.

Проект Закону, серед іншого, декларує, що:

- управління професійними ризиками буде здійснюватися з урахуванням методичних рекомендацій, затверджених

центральною виконавчою влади, що забезпечує формування державної політики у сфері безпеки та здоров'я працівників на роботі;

- під час планування та впровадження заходів, спрямованих на зниження професійних ризиків, необхідно прагнути до досягнення мінімально можливого рівня професійного ризику.

Але проект Закону [24], в редакції станом на дату його прийняття за основу передачі до Верховної Ради (21.08.2024 р.), не встановлює гранично допустимих значень ризику і не посиляється на обов'язковість використання гранично допустимих значень ризику, прийнятого в економічно розвинутих країнах світу, не унормовує врахування ймовірності впливу превентивних заходів на рівень безпеки, не декларує спосіб встановлення рівня безпеки, що унеможлиблює процес управління ризиком на будь-якому рівні.

Що стосується прагнення вітчизняного законодавця до досягнення мінімально можливого рівня професійного ризику, то, на жаль, це є відходом від принципу «витрат і вигід» [25] у напрямку до старої «радянської» концепції «максимальної надійності».

Встановлено, що як в Україні, так і в економічно розвинутих країнах світу питання визначення і прогнозування рівня ризику з урахуванням ймовірності позитивно-компенсаційного впливу заходів безпеки залишається відкритим, що на нашу думку є основною складовою загальної проблеми.

Пропозицією щодо вдосконалення ризик-орієнтованого підходу до питань охорони (безпеки) праці і одночасно основою національної культури безпеки праці України може стати Принцип адекватності ймовірностей [26–28], спрямований на пошук динамічного балансу будь-яких процесів.

Першою спробою пошуку динамічного балансу безпеки є розробка та застосування Принципу адекватності ймовірностей (далі – Принцип), описаного в наукових працях [26–28].

Відомо, що все є системою. У наукових працях [26; 27] залежність, яка може

характеризувати стан (рівень) відносної безпеки та працездатності системи, представлено у вигляді виразу:

$$S_s = B_s, \quad (1)$$

де S_s – стан (рівень) відносної безпеки та працездатності системи; B_s – показник стану відносної безпеки та працездатності системи (рівень безпеки).

Згідно [26–28], система знаходиться в стані відносної безпеки, якщо значення $B_s \leq 1$. Тут слід додати, що якщо припущення, що ані абсолютної безпеки, ані абсолютної небезпеки не існує є вірним, то вірно і те, що B_s не може бути від'ємною величиною.

$$B_s = \frac{D_1}{A_1} \times \frac{D_2}{A_2} \times \dots \times \frac{D_n}{A_n}, \text{ од.} \quad (2)$$

де B_s – це добуток співвідношень (баланс) між значеннями ймовірності настання подій, викликаних дією зовнішніх і внутрішніх факторів та/або умов (надалі – загрози), які можуть негативно вплинути на стан (рівень) безпеки, та працездатності елементів системи на усіх етапах існування системи, з урахуванням усіх потреб системи та значеннями ймовірності позитивно-компенсаційного впливу відповідних запобіжних заходів протидії зазначеним загрозам, в межах сучасних фахових понять, знань, уявлень і факторів та/або інших умов, які характеризують фактичний стан захищеності системи від дії зазначених загроз; D_n – числове значення ймовірності настання загроз; A_n – числове значення ймовірності позитивно-компенсаційного впливу запобіжних заходів протидії загрозам.

Тоді стійку закономірність, яка може характеризувати сучасний рівень (стан) відносної безпеки праці, можливо представити у наступному виразі:

$$S_{RS} = \frac{D_1}{A_1} \times \frac{D_2}{A_2} \times \frac{D_3}{A_3} \times \frac{D_4}{A_4} \times \dots \times \frac{D_n}{A_n}, \text{ од.} \quad (3)$$

де S_{RS} – стан (рівень) відносної безпеки праці; D_1 – числове значення ймовірності настання подій, викликаних дією прогнозованих загроз травмування, загибелі, виникнення професійного захворювання

працівників, загроз травмування, загибелі та захворювань інших осіб, нанесення шкоди державі, галузі, обладнанню (устаткуванню), особі тощо, пов'язаних із незастосуванням ризик-орієнтованого підходу в управлінні безпекою на усіх рівнях системи управління охороною (безпекою) праці, од.; D_2 – числове значення ймовірності настання подій, викликаних дією прогнозованих загроз травмування, загибелі, виникнення професійного захворювання працівників, загроз травмування, загибелі та захворювань інших осіб, нанесення шкоди державі, галузі, обладнанню (устаткуванню), особі тощо, пов'язаних із неврахуванням ймовірності позитивно-компенсаційного впливу заходів безпеки праці на усіх рівнях і етапах існування системи управління безпекою праці, од.; D_3 – числове значення ймовірності настання подій, викликаних дією загроз безпеці праці працівників, пов'язане із хибним вибором методології ідентифікації (оцінки, прогнозування) ризику та математичного апарату оцінки ймовірності його реалізації, од.; D_4 – числове значення ймовірності настання подій, викликаних дією прогнозованих загроз безпеці праці працівників, пов'язаних із хибним вибором методології встановлення рівня безпеки (безпеки праці), од.; D_n – числове значення ймовірності настання подій, викликаних дією інших прогнозованих загроз, од.; $A_{1,2,3,4\dots n}$ – числові значення ймовірності позитивно-компенсаційного впливу запобіжних, організаційно-технічних, заходів протидії ідентифікованим-прогнозованим загрозам $D_{1,2,3,4\dots n}$ (скорочення загроз $D_{1,2,3,\dots n}$ /ухилення від загроз $D_{1,2,3,4\dots n}$ /виключення загроз $D_{1,2,3,4\dots n}$), од.

При цьому, під час визначення числових значень ймовірності настання подій, викликаних дією зовнішніх і внутрішніх факторів та/або умов (надалі – загрози), а також ймовірності позитивно-компенсаційного впливу відповідних запобіжних заходів протидії зазначеним загрозам, важливим є застосування одного і того ж математичного апарату.

При чому, під час розробки та впровадження комплексу заходів протидії

прогнозованим загрозам $D_{1,2,3,4...n}$, застосування Принципу адекватності ймовірностей [26] є дієвим запобіжним заходом забезпечення виробничої безпеки в усіх галузях промисловості і на державному рівні.

З урахуванням вищевикладеного, навіть без математичних розрахунків, зрозуміло, що стан/рівень/умови безпеки праці в Україні неналежні.

За допомогою Принципу адекватності ймовірностей можливо сформулювати «Концепцію виробничої безпеки України», для цього слід ввести відносно нове поняття «безпеки праці» і викласти його в наступній редакції: «Безпека праці – належний стан захищеності життя, здоров'я працівників й інших осіб і/або майна від впливу шкідливих і небезпечних виробничих чинників».

Тоді, за підсумком проведених нами досліджень, з метою формування основ національної культури безпеки праці, з урахуванням вимог Конституції України [18], «Концепції управління ризиками виникнення надзвичайних ситуацій техногенного та природного характеру» [7], «Концепції реформування системи управління охороною праці в Україні...» [5], «Концепції розвитку Національної академії наук України на 2021–2025 роки» [29], пропонуємо наступне формулювання «Концепції безпеки праці України», а саме.

Концепція безпеки праці України (далі – КБПУ) – належний стан захищеності життя, здоров'я працівників й інших осіб і/або майна від впливу шкідливих і небезпечних виробничих (інших) чинників забезпечується шляхом впровадження на законодавчому рівні (на всіх рівнях системи управління охороною (безпекою) праці одночасно) людиноспрямованого, ризик-орієнтованого, підходу до питань безпеки праці, в межах і поза межами концепції «витрат і вигід». Заходи безпеки (позитивно-компенсаційні заходи) під час розробки і впровадження повинні обов'язково проходити перевірку на адекватність ідентифікованим і прогнозованим загрозам. При цьому, на етапі встановлення рівня ризику (безпеки)

обов'язковим є застосування Принципу адекватності ймовірностей.

На нашу думку, запропонована КБПУ є прогресивною, але її успішна реалізація залежить від:

- розробки чітких методологій оцінки ризиків і їх адекватності загрозам;
- створення механізмів впровадження (навчання, фінансування, контроль);
- гармонізації запропонованої Концепції з міжнародними стандартами;
- забезпечення нагляду/контролю та залучення працівників до процесу.

Для її впровадження слід буде:

- розробити національний стандарт оцінки ризиків із чіткими критеріями застосування Принципу адекватності ймовірностей;
- впровадити регулярне навчання роботодавців і працівників із ризик-орієнтованого підходу;
- створити державну програму підтримки для малого та середнього бізнесу для впровадження заходів безпеки (податкові пільги, субсидії тощо);
- посилити роль профспілок і громадських організацій у контролі за дотриманням стандартів безпеки праці.

Враховуючи запропоновану КБПУ можливо запропонувати концептуальні основи національної культури безпеки праці. За аналогією з Концепцією культури безпеки АЕС [30] пропонуємо наступне.

Концепція національної культури безпеки праці (надалі – КНКБП) являє собою інтегровану систему цінностей, етичних принципів, норм, знань, компетенцій, поведінкових моделей, практичного досвіду та організаційних практик, спрямованих на забезпечення оптимального рівня захисту життя, здоров'я працівників, інших осіб, а також майна від впливу шкідливих і небезпечних виробничих факторів. Вона має на меті мінімізацію техногенних, екологічних і соціальних ризиків для працівників, населення та довкілля, охоплюючи всі рівні управління й організації – від стратегічного керівництва до виконавчого персоналу. Концепція ґрунтується на безумовній пріоритетності безпеки над економічними, виробничими чи іншими цілями та

передбачає комплексний, системний підхід до управління безпекою праці.

Основні напрямки та підходи КНКБП:

1. Людиноцентричний підхід. Забезпечення безпеки праці базується на визнанні життя та здоров'я людини як найвищої цінності, з урахуванням фізичних, психологічних і соціальних потреб працівників. Цей підхід передбачає створення ергономічних умов праці, підтримку психоемоційного благополуччя та залучення працівників до процесів прийняття рішень щодо безпеки;

2. Ризик-орієнтований підхід. Систематична ідентифікація, оцінка, моніторинг і управління ризиками на всіх етапах виробничого процесу. Застосування Принципу адекватності ймовірностей для обґрунтованої оцінки рівня ризиків і розробки пропорційних заходів безпеки, що враховують як ідентифіковані, так і прогнозовані загрози. Впровадження цього підходу закріплюється на законодавчому рівні для всіх суб'єктів господарювання;

3. Превентивний підхід. Упередження інцидентів шляхом раннього виявлення потенційних загроз, аналізу «майже-інцидентів» (near-misses) і розробки проактивних заходів безпеки. Це включає прогнозування ризиків на основі історичних даних, нормативних вимог і моделювання аварійних сценаріїв і впровадження превентивних технологій;

4. Системний підхід. Інтеграція безпеки праці в усі аспекти діяльності організацій, включаючи технічні, організаційні, управлінські та людські фактори. Створення централізованих і галузевих інформаційних систем (банків даних) для накопичення, аналізу, обробки та обміну інформацією про інциденти, аварії, розслідування, а також ефективність заходів безпеки;

5. Прозорість і звітність. Забезпечення відкритості в повідомленні про інциденти, помилки чи потенційні загрози без ризику санкцій для працівників. Формування культури довіри, яка сприяє швидкому виявленню проблем і їхньому вирішенню, а також регулярна публікація звітів про стан безпеки праці;

6. Безперервне навчання та компетентність. Систематичне підвищення

кваліфікації всіх категорій працівників через тренінги, симуляції, аналіз інцидентів і впровадження уроків із локальних і глобальних подій. Розробка стандартів компетентності з безпеки праці для різних професій і рівнів відповідальності;

7. Ефективна комунікація та обмін досвідом. Організація чітких каналів обміну інформацією між органами державної влади, регуляторними органами, підприємствами, громадськістю та міжнародними партнерами. Поширення кращих практик, інноваційних рішень і результатів розслідувань для підвищення загального рівня безпеки;

8. Технологічний підхід. Впровадження сучасних технологій для моніторингу умов праці, автоматизації небезпечних процесів, використання засобів індивідуального та колективного захисту, а також цифрових інструментів для оцінки ризиків і управління безпекою праці;

9. Економічна та соціальна відповідальність. Вихід за межі концепції «витрат і вигід» через визнання безпеки праці як інвестиції в людський капітал, сталий розвиток і соціальну стабільність. Розробка механізмів економічного стимулювання (податкові пільги, субсидії) для підтримки впровадження заходів безпеки;

10. Правове забезпечення. Гармонізація національного законодавства з міжнародними стандартами (наприклад, директивами ЄС, рекомендаціями МОП). Створення уніфікованих нормативних актів, які регулюють оцінку ризиків, відповідальність і контроль за дотриманням стандартів безпеки;

11. Міжгалузева та міжсекторальна координація. Інтеграція безпеки праці в усі галузі економіки, включаючи промисловість, сільське господарство, будівництво, транспорт, сферу послуг і діяльність фізичних осіб-підприємців. Координація зусиль між державним і приватним секторами, а також громадськими організаціями;

12. Екологічна безпека. Врахування впливу виробничих процесів на довкілля та інтеграція принципів сталого розвитку в систему безпеки праці. Мінімізація

техногенних ризиків для екосистем і місцевих громад;

13. Моніторинг і контроль. Впровадження незалежних аудитів, регулярних перевірок і оцінок ефективності заходів безпеки. Створення системи ключових показників ефективності для оцінки рівня культури безпеки праці на підприємствах в усіх галузях в державі;

14. Адаптивність і гнучкість. Постійне вдосконалення системи безпеки праці з урахуванням нових технологій, змін у законодавстві, соціально-економічних умов і глобальних викликів, таких як пандемії, кліматичні зміни тощо.

Висновки

З урахуванням проведених нами досліджень, на прикладі оцінки небезпек (ризиків) експлуатації машин і обладнання об'єктів критичної інфраструктури, різних галузей промисловості, можливо зробити наступні висновки.

1) Вперше проведений аналіз стану безпеки праці в Україні за період 1990–2023 років засвідчив стабільно високий рівень виробничого травматизму, що значно перевищує міжнародні показники. Це свідчить про низький рівень національної культури безпеки праці та системні недоліки в управлінні охороною праці (СУОП).

2) Визначено ключові недоліки СУОП: неефективність через орієнтацію на коригувальні дії, відсутність чітко визначених меж гранично допустимого ризику, недостатня гармонізація національного законодавства з міжнародними стандартами, а також моральна застарілість і стихійний характер системи. Дерегуляція, спричинена неузгодженістю термінології («виробнича безпека» – «промислова безпека»), що ускладнює управління безпекою і державний нагляд.

3) Встановлено пряму залежність між рівнем травматизму, чисельністю працівників і економічними показниками (ВВП). Коефіцієнт кореляції між чисельністю працівників і загальним травматизмом становить $r \approx 0.85–0.95$, а зростання, останніми роками, профзахворюваності на 40 % пов'язане з

низькою якістю державного нагляду, змінами в методиці обліку, покращенням діагностичних заходів та впливом пандемії COVID-19.

4) Для вдосконалення ризик-орієнтованого підходу запропоновано застосовувати Принцип адекватності ймовірностей, який забезпечує баланс між ймовірностями виникнення загроз (D_n) та ефективністю превентивних заходів (A_n). Цей Принцип, підкріплений математичним описом (формули 1–3), є основою для оцінки ризиків і розробки пропорційних заходів безпеки.

5) Вперше розроблено Концепцію безпеки праці України (КБПУ), яка базується на людиноцентричному, ризик-орієнтованому підході та передбачає законодавче закріплення безпеки праці, гармонізацію з міжнародними стандартами, впровадження методології оцінки ризиків і навчання працівників. Успішна реалізація КБПУ залежить від позиції держави, створення чітких стандартів оцінки ризиків, механізмів стимуляційного фінансування та посилення ролі профспілок.

6) Вперше запропоновано Концепцію національної культури безпеки праці (КНКБП) як інтегровану систему цінностей, норм і практик, спрямованих на захист життя, здоров'я працівників і майна. КНКБП ґрунтується на людиноцентричному, ризик-орієнтованому, превентивному та системному підходах, включаючи прозорість, безперервне навчання, технологічність і міжгалузеву координацію.

7) Для реалізації КБПУ і КНКБП необхідно: розробити національний стандарт оцінки ризиків із застосуванням Принципу адекватності ймовірностей; впровадити регулярне навчання роботодавців і працівників; створити державну програму підтримки малого та середнього бізнесу (податкові пільги, субсидії); посилити державний нагляд і контроль за дотриманням норм і стандартів безпеки праці.

8) Безпека праці в Україні потребує комплексної реформи, що включає законодавчі зміни, введення поняття «безпека праці» в нормативно-правову базу,

гармонізацію з міжнародними стандартами та перехід від застарілої концепції «максимальної надійності» до принципу «витрат і вигід». Запропоновані концепції закладають основу для формування

національної культури безпеки праці, що сприятиме зниженню травматизму, підвищенню працездатності та мінімізації соціально-економічних наслідків.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Беліков А. С., Шаломов В. А., Налисько М. М. та ін. Охорона праці в будівництві : підруч. за заг. ред. А. С. Белікова. Дніпро : Журфонд, 2023. 523 с.
2. International Labour Organization. Nearly 3 million people die of work-related accidents and diseases. URL: <https://www.ilo.org/resource/news/nearly-3-million-people-die-work-related-accidents-and-diseases> (дата доступу: 16.06.2025).
3. ДСТУ 2293:2014. Охорона праці. Терміни та визначення основних понять. Вид. офіц. Київ : Мінекономрозвитку України, 2015. 17 с.
4. Про затвердження Порядку розслідування та обліку нещасних випадків, професійних захворювань та аварій на виробництві : Постанова Кабінету Міністрів України від 17 квіт. 2019 р. № 337. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/337-2019-%D0%BF#Text> (дата доступу: 16.06.2025).
5. Про схвалення Концепції реформування системи управління охороною праці в Україні : Розпорядження Кабінету Міністрів України від 12 груд. 2018 р. № 989-р. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/989-2018-%D1%80#Text> (дата доступу: 16.06.2025).
6. Директива Ради ЄС 89/391/ЄЕС від 12 червня 1989 року про впровадження заходів для заохочення покращення безпеки та здоров'я працівників на роботі. URL: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/ALL/?uri=CELEX:31989L0391> (дата доступу: 16.06.2025).
7. Про схвалення Концепції управління ризиками виникнення надзвичайних ситуацій техногенного та природного характеру : Розпорядження Кабінету Міністрів України від 22 січ. 2014 р. № 37-р. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/37-2014-%D1%80#Text> (дата доступу: 16.06.2025).
8. Кодекс цивільного захисту України : Кодекс України від 2 груд. 2012 р. № 5403-VI. *Відомості Верховної Ради України*. 2013. № 34–35. С. 458.
9. Про затвердження Порядку управління ризиками виникнення надзвичайних ситуацій техногенного характеру та пожеж : Наказ Міністерства внутрішніх справ України від 31 лип. 2023 р. № 627. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z1437-23#Text> (дата доступу: 16.06.2025).
10. Про затвердження Методики визначення ризиків та їх прийнятних рівнів для декларування безпеки об'єктів підвищеної небезпеки : Наказ Міністерства праці та соціальної політики України від 4 груд. 2002 р. № 637. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0967-02#Text> (дата доступу: 16.06.2025).
11. Огірко О. І., Галайко Н. В. Теорія ймовірностей та математична статистика : навч. посіб. Львів : Львівський державний університет внутрішніх справ, 2017. 292 с.
12. Про затвердження Методики оцінювання ризиків виникнення надзвичайних ситуацій техногенного характеру та пожеж : Наказ Міністерства внутрішніх справ України від 2 лист. 2023 р. № 1905/40961. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z1905-23#Text> (дата доступу: 16.06.2025).
13. Vox Ukraine. УРСР versus Україна : у якій країні краще жити, або 26 цифр про головне. URL: <https://voxukraine.org/cards/26-indexes/index.html> (дата доступу: 16.06.2025).
14. The World Bank. PPP (constant 2021 international \$) – Ukraine. URL: <https://data.worldbank.org/indicator/NY.GDP.MKTP.KD?end=2023&locations=UA&start=1987> (дата доступу: 16.06.2025).
15. Угода про асоціацію між Україною та Європейським Союзом. Кабінет Міністрів України. URL: <https://www.kmu.gov.ua/diyalnist/yevropejska-integraciya/ugoda-pro-asociacyu> (дата доступу: 16.06.2025).
16. Про ратифікацію Угоди про вільну торгівлю між Україною та Канадою : Закон України від 10 квіт. 2024 р. № 3627-IX. *Відомості Верховної Ради України*. 2024. № 23–28. С. 201. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/rada/show/3627-20#Text> (дата доступу: 16.06.2025).
17. Міжнародна організація праці (МОП). Постійне представництво України при відділенні ООН та інших міжнародних організаціях у Женеві. URL: <https://geneva.mfa.gov.ua/posolstvo/2609-labour> (дата доступу: 16.06.2025).
18. Конституція України. Закон України від 28.06.1996 № 254к/96-ВР. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/254к/96-вр#Text> (дата доступу: 16.06.2025).
19. Закон України «Про охорону праці» від 14.10.1992 № 2694-XII. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2694-12#Text> (дата доступу: 16.06.2025).
20. Постанова Кабінету Міністрів України «Про затвердження Положення про Державну службу України з надзвичайних ситуацій» від 16.12.2015 р. № 96. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/96-2015-п#Text> (дата доступу: 16.06.2025).
21. Дані та статистика МОП. Міжнародна організація праці. URL: <https://www.ilo.org/data-and-statistics> (дата доступу: 16.06.2025).

22. Occupational Safety and Health Administration (OSHA). Process Safety Management of Highly Hazardous Chemicals : Occupational Safety and Health Standards, 29 CFR 1910.119. URL: <https://www.osha.gov/laws-regs/regulations/standardnumber/1910/1910.119> (дата доступу: 16.06.2025).
23. Japanese Law Translation. Occupational Safety and Health Act : Act No. 57 of June 8, 1972. URL: <https://www.japaneselawtranslation.go.jp/en/laws/view/3440> (дата доступу: 16.06.2025).
24. Про прийняття за основу проекту Закону України про безпеку та здоров'я працівників на роботі : Постанова Верховної Ради України від 21.08.2024 № 3912-IX. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/3912-20#Text> (дата доступу: 16.06.2025).
25. Farrow S. & Viscusi W. K. Towards Principles and Standards for the Benefit-Cost Analysis of Safety. *Journal of Benefit-Cost Analysis*. 2011. Vol. 2, № 3. Pp. 1–25.
26. Мацук З. М. Підвищення рівня безпеки магістральних газопроводів : дис. канд. техн. наук : 05.26.01. Дніпро : ДВНЗ «Придніпровська державна академія будівництва та архітектури», 2021. 288 с.
27. Мацук З. М. Концепція безпеки та енергоресурсоефективності нафтогазової галузі України. *Український журнал будівництва та архітектури*. 2021. № 4. С. 46–57. DOI: 10.30838/J.BPSACEA.2312.310821.46.789.
28. Matsuk Z. M., Belikov A. S., Protsiv V. V., Severin V. S. & Kravchenko O. G. Adequacy of measures to threats as one of the fundamental principles of safety riskology. № 103. NTU «DP», 2024. Pp. 99–107. URL: <https://nvngu.in.ua/index.php/en/archive/on-the-issues/1913-2024/content-5-2024/7029-99>
29. Концепція розвитку Національної академії наук України на 2021–2025 роки. Київ : НАН України, 2021. 1 електрон. опт. диск (PDF). URL: <https://www.biochemistry.org.ua/images/nanu/konUkraine2021-2025.pdf>
30. ДП «НАЕК «Енергоатом». Культура безпеки. URL: <https://old.energoatom.com.ua/security-culture.html>

REFERENCES

1. Bielikov A.S., Shalomov V.A., Nalysko M.M. and oth. *Okhorona pratsi v budivnytstvi : pidruchnyk* [Occupational safety in construction : textbook]. Gen. edited by A.S. Bielikov. Dnipro : Zhurfond Publ., 2023, 523 p. (in Ukrainian).
2. International Labour Organization. (n.d.). Nearly 3 million people die of work-related accidents and diseases. URL: <https://www.ilo.org/resource/news/nearly-3-million-people-die-work-related-accidents-and-diseases>
3. *Minekonomrozytku Ukrainy. DSTU 2293:2014. Okhorona pratsi. Terminy ta vyznachennia osnovnykh poniat* [DSTU 2293:2014. Occupational safety. Terms and definitions of basic concepts]. Kyiv : Minekonomrozytku Ukrainy, 2015, 17 p. (in Ukrainian).
4. *Pro zatverdzhennia Poriadku rozsliduvannia ta obliku neshchasnykh vypadkiv, profesiinykh zakhvoriuvan ta avarii na vyrobnytstvi : Postanova Kabinetu Ministriv Ukrainy vid 17 kvitnia 2019 r. № 337* [On approval of the Procedure for investigation and accounting of accidents, occupational diseases, and emergencies at production : Resolution of the Cabinet of Ministers of Ukraine no. 337 of April 17, 2019]. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/337-2019-%D0%BF#Text> (in Ukrainian).
5. *Pro skhvalennia Kontseptsii reformuvannia systemy upravlinnia okhoronoiu pratsi v Ukraini : Rozporiadzhennia Kabinetu Ministriv Ukrainy vid 12 hrudnia 2018 r. № 989-r.* [On approval of the Concept of reforming the occupational safety management system in Ukraine : Order of the Cabinet of Ministers of Ukraine no. 989-r of December 12, 2018.]. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/989-2018-%D1%80#Text> (in Ukrainian).
6. Council Directive 89/391/EEC of 12 June 1989 on the introduction of measures to encourage improvements in the safety and health of workers at work. URL: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/ALL/?uri=CELEX:31989L0391>
7. *Pro skhvalennia Kontseptsii upravlinnia ryzykamy vynykennia nadzvychainykh sytuatsii tekhnohennoho ta pryrodnoho kharakteru : Rozporiadzhennia Kabinetu Ministriv Ukrainy vid 22 sichnia 2014 r. № 37-r.* [On approval of the Concept of risk management of technogenic and natural emergencies : Order of the Cabinet of Ministers of Ukraine no. 37-r of January 22, 2014]. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/37-2014-%D1%80#Text> (in Ukrainian).
8. *Kodeks tsyvilnoho zakhystu Ukrainy : Kodeks Ukrainy vid 2 hrudnia 2012 r. № 5403-VI* [Civil Protection Code of Ukraine : Code of Ukraine no. 5403-VI of December 2, 2012]. *Vidomosti Verkhovnoi Rady Ukrainy* [Proceedings of the Verkhovna Rada of Ukraine]. 2013, no. 34–35, p. 458. (in Ukrainian).
9. *Pro zatverdzhennia Poriadku upravlinnia ryzykamy vynykennia nadzvychainykh sytuatsii tekhnohennoho kharakteru ta pozhezh : Nakaz Ministerstva vnutrishnikh sprav Ukrainy vid 31 lyupnia 2023 r. № 627* [On approval of the Procedure for managing risks of technogenic emergencies and fires : Order of the Ministry of Internal Affairs of Ukraine no. 627 of July 31, 2023]. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z1437-23#Text> (in Ukrainian).
10. *Pro zatverdzhennia Metodyky vyznachennia ryzykiv ta yikh pryiniatnykh rivniv dlia deklaruvannia bezpeky ob'ektiv pidvyshchenoi nebezpeky : Nakaz Ministerstva pratsi ta sotsialnoi polityky Ukrainy vid 4 hrudnia 2002 r. № 637* [On approval of the Methodology for determining risks and their acceptable levels for declaring the safety of high-risk facilities : Order of the Ministry of Labor and Social Policy of Ukraine no. 637 of December 4, 2002]. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0967-02#Text> (in Ukrainian).

11. Ohirko O.I. and Halaiko N.V. *Teoriia ymovirnostei ta matematychna statystyka : navchalnyi posibnyk* [Probability theory and mathematical statistics : textbook]. Lviv : Lvivskyi derzhavnyi universytet vnutrishnikh sprav, 2017, 292 p. (in Ukrainian).

12. *Pro zatverdzhennia Metodyky otsiniuvannia ryzykiv vynyknennia nadzvychainykh sytuatsii tekhnohennoho kharakteru ta pozhezh : Nakaz Ministerstva vnutrishnikh sprav Ukrainy vid 2 lystopada 2023 r. № 1905/40961* [On approval of the Methodology for assessing risks of technogenic emergencies and fires : Order of the Ministry of Internal Affairs of Ukraine no. 1905/40961 of November 2, 2023]. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z1905-23#Text> (in Ukrainian).

13. *Vox Ukraine. URSR versus Ukraina : U yakii kraini krashche zhyty, abo 26 tsyfr pro holovne* [USSR versus Ukraine : Which country is better to live in, or 26 figures about the main]. URL: <https://voxukraine.org/cards/26-indexes/index.html> (in Ukrainian).

14. *The World Bank. PPP (constant 2021 international \$) – Ukraine*. URL: <https://data.worldbank.org/indicator/NY.GDP.MKTP.KD?end=2023&locations=UA&start=1987>

15. *Kabinet Ministriv Ukrainy. Uhoda pro asotsiatsiiu mizh Ukrainoiu ta Yevropeiskym Soiuzom* [Association Agreement between Ukraine and the European Union]. URL: <https://www.kmu.gov.ua/diyalnist/evropejska-integraciya/ugoda-pro-asociacyu> (in Ukrainian).

16. *Pro ratyfikatsiiu Uhody pro vilnu torhivliu mizh Ukrainoiu ta Kanadoiu : Zakon Ukrainy vid 10 kvitnia 2024 r. № 3627-IX*. [On ratification of the Free Trade Agreement between Ukraine and Canada : Law of Ukraine no. 3627-IX of April 10, 2024.]. *Vidomosti Verkhovnoi Rady Ukrainy* [Bulletin of the Verkhovna Rada of Ukraine]. 2024, no. 23–28, p. 201. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/rada/show/3627-20#Text> (in Ukrainian).

17. *Postiine predstavnytstvo Ukrainy pry viddilenni OON ta inshykh mizhnarodnykh orhanizatsiiakh u Zhenevi. (n.d.). Mizhnarodna orhanizatsiia pratsi (MOP)* [International Labour Organization (ILO)]. URL: <https://geneva.mfa.gov.ua/posolstvo/2609-labour> (in Ukrainian).

18. *Konstytsiia Ukrainy : Zakon Ukrainy vid 28 chervnia 1996 № 254k/96-VR* [Constitution of Ukraine : Law of Ukraine no. 254k/96-VR of June 28, 1996]. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/254k/96-bp#Text> (in Ukrainian).

19. *Pro okhoronu pratsi : Zakon Ukrainy vid 14 zhovtnia 1992 № 2694-XII* [On occupational safety : Law of Ukraine no. 2694-XII of October 14, 1992]. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2694-12#Text> (in Ukrainian).

20. *Pro zatverdzhennia Polozhennia pro Derzhavnu sluzhbu Ukrainy z nadzvychainykh sytuatsii : Postanova vid 16 hrudnia 2015 № 96* [On approval of the Regulation on the State Emergency Service of Ukraine : Resolution no. 96 of December 16, 2015]. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/96-2015-n#Text> (in Ukrainian).

21. *Mizhnarodna orhanizatsiia pratsi. Dani ta statystyka MOP* [ILO data and statistics]. URL: <https://www.ilo.org/data-and-statistics>

22. *Occupational Safety and Health Administration. Process Safety Management of Highly Hazardous Chemicals: Occupational Safety and Health Standards, 29 CFR 1910.119*. URL: <https://www.osha.gov/laws-regs/regulations/standardnumber/1910/1910.119>

23. *Japanese Law Translation. Occupational Safety and Health Act : Act No. 57 of June 8, 1972*. URL: <https://www.japaneselawtranslation.go.jp/en/laws/view/3440>

24. *Pro pryiniattia za osnovu proektu Zakonu Ukrainy pro bezpeku ta zdorov'ia pratsivnykiv na roboti : Postanova Verkhovnoi Rady Ukrainy vid 21 serpnia 2024 № 3912-IX* [On adopting the draft Law of Ukraine on the safety and health of workers at work as a basis : Resolution of the Verkhovna Rada of Ukraine no. 3912-IX of August 21, 2024]. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/3912-20#Text> (in Ukrainian).

25. Farrow S. and Viscusi W.K. Towards principles and standards for the benefit-cost analysis of safety. *Journal of Benefit-Cost Analysis*. 2011, no. 2 (3), pp. 1–25. URL: <https://doi.org/10.2202/2152-2812.1034>

26. Matsuk Z.M. *Pidvyshchennia rinvia bezpeky mahistralnykh hazoprovodiv : dys. kand. tekhn. nauk : 05.26.01* [Improving the safety level of main gas pipelines : Dissertation of Candidate of Technical Sciences : 05.26.01]. Dnipro : Prydniprovsk State Academy of Civil Engineering and Architecture, 2021, 288 p. (in Ukrainian).

27. Matsuk Z.M. *Kontseptsiiia bezpeky ta enerhoresursoefektyvnosti naftohazovoi haluzi Ukrainy* [Concept of safety and energy resource efficiency of the oil and gas industry of Ukraine]. *Ukrayins'kyi zhurnal budivnytstva ta arkhitektury* [Ukrainian Journal of Civil Engineering and Architecture]. 2021, no. (4), pp. 46–57. URL: <https://doi.org/10.30838/J.BPSACEA.2312.310821.46.789> (in Ukrainian).

28. Matsuk Z.M., Belikov A.S., Protsiv V.V., Severin V.S. and Kravchenko O.G. Adequacy of measures to threats as one of the fundamental principles of safety riskology. No. 103, NTU “DP”, 2024, pp. 99–107. URL: <https://nvngu.in.ua/index.php/en/archive/on-the-issues/1913-2024/content-5-2024/7029-99>

29. *Kontseptsiiia rozvytku Natsionalnoi akademii nauk Ukrainy na 2021–2025 roky* [Concept of development of the National Academy of Sciences of Ukraine for 2021–2025]. Kyiv : NAS of Ukraine, 2021, 1 electronic optical disc (PDF). URL: <https://www.biochemistry.org.ua/images/nanu/konUkraina2021-2025.pdf> (in Ukrainian).

30. *DP “NAEK “Enerhoatom”. Kultura bezpeky* [Safety Culture]. URL: <https://old.energoatom.com.ua/security-culture.html> (in Ukrainian).

Надійшла до редакції 12.04.2025.

УДК 711.4.712

DOI: 10.30838/UJCEA.2312.270425.25.1174

ТЕОРІЯ І ПРАКТИКА ФОРМУВАННЯ СИСТЕМИ ЗЕЛЕНИХ НАСАДЖЕНЬ СУЧАСНОГО ВЕЛИКОГО МІСТА

БОНДАРЕНКО О. І., *ст. викл.*

Кафедра архітектурного проектування та містобудування, Український державний університет науки і технологій, ННІ «Придніпровська державна академія будівництва та архітектури», вул. Архітектора Олега Петрова, 24-а, 49005, Дніпро, Україна, тел. +38 (098) 435-08-44, e-mail: bond.bagatel@gmail.com, ORCID ID: 0000-0001-9835-6053

Анотація. Постановка проблеми. Зелені насадження відіграють значну роль в житті сучасного великого міста. Активний розвиток процесів урбанізації негативно впливає на екологічний стан міста і обумовлює необхідність його перебудови на засадах сталого розвитку і принципах екологізації. Для поліпшення якості життя людини необхідна трансформація структурно-планувального каркасу сучасного міста, а саме, його п'яти підсистем: інженерна, транспортна, соціальна інфраструктура, житлова забудова і озеленення. Важливим завданням архітектурно-містобудівної трансформації міста є охорона історичних ландшафтів, збереження і відновлення озелених територій, формування системи зелених насаджень у взаємодії з природним каркасом міста. **Мета статті** – дослідження розвитку теорії і практики формування системи зелених насаджень міста у часі і просторі, для вдосконалення систем озеленення сучасного міста і розробки концепцій озеленення міста на майбутнє. **Висновок.** Розглянуті теоретичні основи формування системи зелених насаджень сучасного міста: визначення, фактори, методи, функції, елементи, зв'язки, принципи. Проаналізовані аспекти формування системи озеленення міста в контексті трансформації ідеї від озеленення «ідеального міста» до проектних концепцій і принципових схем системи зелених насаджень великих міст в новій історії містобудування, теоретичні моделі формування зелених насаджень міста, як результат дослідження проблеми впродовж століть. Розроблені методологічні схеми: «Теоретичні основи формування системи зелених насаджень міста», «Еволюція уявлень щодо формування системи зелених насаджень у часі і просторі».

Ключові слова: *система зелених насаджень міста; категорії зелених насаджень; принципи рівномірності і безперервності; ландшафтна архітектура; ландшафтні об'єкти; ідеальне місто; еволюція уявлень; елементи і зв'язки системи зелених насаджень*

THEORY AND PRACTICE OF FORMING A SYSTEM OF GREEN PLANTINGS IN A MODERN BIG CITY

BONDARENKO O.I., *Senior Lecturer*

Department of Architectural Design and Urban Planning, Ukrainian State University of Science and Technologies, ESI "Prydniprovsk State Academy of Civil Engineering and Architecture", 24-a, Architect Oleh Petrov St., Dnipro, 49005, Ukraine, tel. +38 (098) 435-08-44, e-mail: bond.bagatel@gmail.com, ORCID ID: 0000-0001-9835-6053

Abstract. Problem statement. Green spaces play a significant role in the life of a modern big city. The active development of urbanization processes negatively affects the ecological state of the city and necessitates its reconstruction on the basis of sustainable development and the principles of greening. To improve the quality of human life, it is necessary to transform the structural and planning framework of a modern city, namely, its five subsystems: engineering, transport, social infrastructure, housing development and landscaping. An important task of the architectural and urban transformation of the city is the protection of historical landscapes, the preservation and restoration of green areas, the formation of a system of green spaces in interaction with the natural framework of the city. **Purpose of the article.** Research into the development of the theory and practice of forming a system of green spaces in the city in time and space to improve the greening systems of a modern city and develop concepts for greening the city for the future. **Conclusion.** The theoretical foundations of the formation of the system of green spaces of a modern city are considered: definitions, factors, methods, functions, elements, connections, principles. The aspects of the formation of the system of green spaces of a city are analyzed in the context of the transformation of the idea from the greening of an "ideal city" to design concepts and principle schemes of the system of green spaces of large cities in the new history of urban planning, theoretical models of the formation of green spaces of a city, as a result of researching the problem over the centuries. Methodological schemes are developed: "Theoretical foundations of the

formation of the system of green spaces of a city”, “Evolution of ideas regarding the formation of the system of green spaces in time and space”.

Keywords: *system of green spaces of the city; categories of green spaces; principles of uniformity and continuity; landscape architecture; landscape objects; ideal city; evolution of ideas; elements and connections of the system of green spaces*

Постановка проблеми. Зелені насадження відіграють значну роль в житті сучасного великого міста. Активний розвиток процесів урбанізації негативно впливає на екологічний стан міста і обумовлює необхідність його перебудови на засадах сталого розвитку і принципах екологізації. Для поліпшення якості життя людини необхідна трансформація структурно-планувального каркасу сучасного міста, а саме, його п'яти підсистем: інженерна, транспортна, соціальна інфраструктура, житлова забудова і озеленення. Важливим завданням архітектурно-містобудівної трансформації міста є охорона історичних ландшафтів, збереження і відновлення озелених територій, формування системи зелених насаджень у взаємодії з природним каркасом міста.

Мета статті – дослідження розвитку теорії і практики формування системи зелених насаджень міста у часі і просторі, для вдосконалення систем озеленення сучасного міста і розробки концепцій озеленення міста на майбутнє.

Аналіз публікацій. Принципи організації системи зелених насаджень, методи проектування та будівництва садів і парків, озеленення території міста, соціально-містобудівні та функціональні аспекти організації парків, а також їхня роль у вирішенні проблеми охорони природи та оптимізації навколишнього середовища, розглядаються в роботах В. Кучерявого, В. Горохова, Л. Лунца, В. Безлюбченко, Є. Мікуліної, М. Залеської. Закономірності формування основних типів планувальних міських структур та їх зв'язку з природним оточенням досліджені в роботах В. Безлюбченко. Історія розвитку садово-паркового мистецтва і ландшафтної архітектури від стародавніх часів до сьогодення, висвітлення соціально-

екологічної ролі озеленення, ландшафтно-типологічної та архітектурно-художньої основи паркового мистецтва присвячені роботи В. Кучерявого, В. Горохова, В. Білоусова, М. Вотінова, Маркус Браун, Крис Уффелен. Основи ландшафтної архітектури та дизайну розглядаються в роботах Н. Я. Крижановської. Аналіз концепцій озеленення міста у часі просторі, від озеленення «ідеального міста» епохи Відродження до формування системи зелених насаджень сучасного міста представлений в монографіях В. Горохова, В. Кучерявого, в роботах авторів інтернет-видань [10–13]. Основні положення щодо визначення термінів і понять, функціонального призначення зелених насаджень, вимог щодо проектування озелених територій сучасного міста надані в будівельних державних нормах «Планування та забудова територій». Архітектурно-ландшафтний аспект трансформації структурно-планувального каркасу великого міста, концепція формування системи зелених насаджень міста розглядаються в роботах автора: «Екологизация городской среды», «Современные направления устойчивого градостроительства» (співавтор колективної монографії).

Результати досліджень. Зелені насадження є невід'ємною частиною структурно-планувального каркасу міста. Теорія і практика формування системи зелених насаджень міста пов'язана з теорією і практикою містобудування. Історія садово-паркового мистецтва починається в стародавні часи і представлена: регулярним садом Стародавнього Єгипту, садами і озелененням громадських просторів Стародавньої Греції, терасованими садами і садами на даху Ассирії, малими і великими садами для розваг Стародавнього Риму. Вже тоді були закладені основи ландшафтної

архітектури. Основні й найбільш сучасні історичні етапи паркобудівництва представлені в садово-парковому мистецтві італійського Відродження, у французькому регулярному стилі епохи абсолютизму XVII ст. і в пейзажному стилі XVIII ст. У XIX ст. з'являється міський парк для масового відпочинку – головний елемент системи озеленення міста [2–6].

Протягом XX ст. і на початку XXI ст. поряд зі збереженням, розвитком, вдосконаленням планування і композиції існуючих міських садів та парків, в ландшафтній архітектурі формувалися нові тенденції, напрямки, прийоми, які були обумовлені екологічними особливостями розвитку великих міст, новими технологічними можливостями і новим світоглядним підходом до формування міського середовища.

Система зелених насаджень міста є складовою ландшафтної архітектури. Основними завданнями ландшафтної архітектури є охорона, перетворення (формування) та відновлення (рекультивация) природних ландшафтів, які вирішуються з використанням сучасних системно-ландшафтних і екологічних методів ландшафтної архітектури [1; 3; 6].

В процесі розвитку ландшафтної архітектури поступово змінювалися підходи до створення ландшафтних об'єктів і формування озеленоного простору міста в цілому. Це призвело до виділення в ній самостійних напрямків: ландшафтне планування, ландшафтна архітектура і ландшафтний дизайн. Об'єктами ландшафтного планування є екологічний каркас на різних планувальних рівнях. Об'єктами ландшафтної архітектури є великі рекреаційні території: парки, сади, відкриті простори житлової забудови, інших функціональних зон міста тощо. Об'єктами ландшафтного дизайну є елементи мікроландшафту відкритих і закритих просторів [7].

У практиці організації системи озеленення міста прийнято розділяти території міських зелених насаджень на три категорії [1; 8; 9]: зелені насадження

загального, обмеженого користування та спеціального призначення. Зелені насадженнями загального користування – основа формування системи зелених насаджень міста. До зелених насаджень загального користування відносяться загальноміські багатофункціональні та спеціалізовані парки (дитячі, спортивні, меморіальні, зоологічні, ботанічні, парки атракціонів тощо), міські сади, сквери, бульвари, районні парки, сади мікрорайонів, озеленені ділянки набережних та пляжів, озеленені ділянки при загальноміських торгових і адміністративних центрах, міські лісопарки тощо.

Рівень озеленення міста визначається кількістю і станом зелених насаджень загального користування.

Система зелених насаджень сучасного міста виконує три основні функції: 1 – санітарно-гігієнічна функція (оздоровлення навколишнього середовища); 2 – естетична функція (збагачення зовнішнього вигляду міста); 3 – рекреаційна функція (створення умов для масового відпочинку населення в природному оточенні) [1; 8; 9].

На формування системи зелених насаджень впливають фактори: морфологія природного каркасу міста, природно-кліматичні умови, адміністративний статус міста, величина і чисельність населення міста, народно-господарський профіль міста, архітектурно-планувальна структура міста, композиція забудови і цінність архітектурної та історико-культурної спадщини міста тощо [1; 8].

Основними принципами формування системи зелених насаджень міста є рівномірність і безперервність [1; 14; 15]. Ці принципи здебільшого реалізується в малих містах. В великих містах з розвинутою і складною транспортною інфраструктурою, реалізація раціональної системи озеленення стикається з комплексом проблем: перетин і розділення транспортних і пішохідних шляхів, необхідність значної реконструкції районів, особливо, в історичних містах, озеленення в зонах високощільної забудови тощо. Ідея формування системи зелених насаджень – це формування архітектурно-

ландшафтних просторів, які перетікають один в один, створюючи безперервну композиційно-планувальну систему озеленення міста. На сьогодні склалася наступна ієрархічна структура елементів і зв'язків системи зелених насаджень міста: елементи системи – сад житлового двору, сад мікрорайону, районний парк, міський

парк, міський сад, сквер тощо; озелененні пішохідні зв'язки – бульвари, набережні, траси прогулянкових маршрутів. Пропонується методологія визначення структурних елементів системи зелених насаджень міста і теоретичних положень, що обумовлює їх взаємозв'язок з ландшафтною архітектурою (рис. 1).

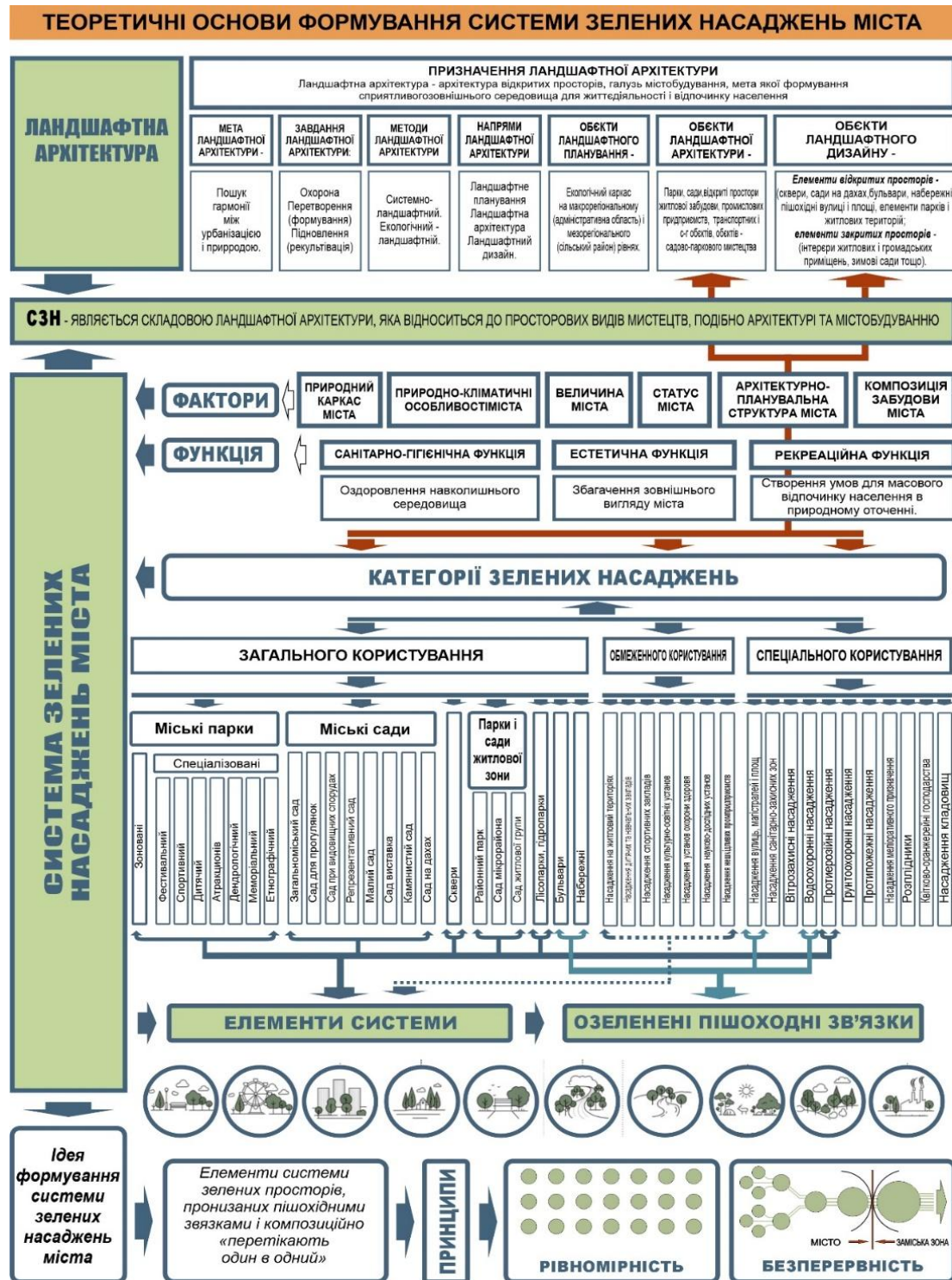


Рис. 1. Теоретичні основи формування системи зелених насаджень міста

Принципи рівномірності і безперервності формування системи зелених насаджень міста були покладені ще в основу формування «ідеального міста» Відродження. Саме в цей період формується поняття «ідеального міста» у його класичному розумінні [10]. План розробленого Філарете ідеального міста Сфорцинди (XV ст.), з його багатокутним абрисом укріплень і радіальними вулицями, що сходяться від міських воріт до центральної площі, став взірцем для багатьох майстрів Ренесансу. В моделях структурно-планувальної організації «ідеального міста» «Місто Сонця» Томазо Кампанела (1602 р.), Жака Франсуа Перре (1601 р.), «Місто зірка» Даніеля Спекле (1608 р.), важливе місце приділяється системі зелених насаджень, основними елементами якої є зелене ядро в центрі міста, зелені пояси між різними функціональними зонами міста та радіальні зелені коридори. В моделях «ідеального міста» «Амауротум» Томаса Мора (1512 р.) та Віченцо Скамоцці (початок XVII ст.), система зелених насаджень формується на основі прямокутної схеми вулиць [11].

Одночасно з активізацією і поширенням процесів урбанізації в світі (к. XVIII – початок XX ст. – швидке зростання розмірів і чисельності міст; XX ст. – концентрація всіх видів життєдіяльності людей у містах), ідея «ідеального суспільства» і, як слідство, ідея «ідеального міста» все більше захоплює філософів, соціалістів-утопістів і, безумовно, архітекторів та містобудівників. Особливу увагу в своїх концепціях вони також приділяють питанням озеленення міста.

На початку XIX ст. Роберт Оуен висунув ідею створення поселень, в центрі яких розташовані громадські будинки оточені парком. Шарль Фур'є представляв місто у вигляді системи трьох концентричних поясів навколо центру, розділених зеленими зонами. В кінці XIX ст. Е. Говард висунув ідею створення міста-саду (книга «Міста-сади майбутнього» 1903 р.). За його ідеєю, місто-сад має радіально-кільцеву планувальну систему, де

навколо центру, оточеного парком, формується місто, розділене на внутрішню і зовнішню частини зеленим поясом зі школами, далі сільськогосподарські ландшафти та виробництво [10–12].

В 20-ті роки XX ст. архітектор Ле Корбюзьє в містобудівних проєктах демонструє не тільки нове розуміння «ідеального міста», але і наступність ідей у часі і просторі. Концепція міста на 3 млн. жит. – урбанізований «острів» житлово-громадської забудови в оточенні парків і зон відпочинку. В проєкті реконструкції м. Чандігарх в Індії, з урахуванням особливостей спекотного клімату, Ле Корбюзьє запропонував розвинуту систему зелених насаджень у вигляді наскрізних зелених смуг, які проходять через зони житлової забудови, що забезпечує реалізацію принципу рівномірності і безперервності озеленення міста на практиці [13].

Активізація урбанізаційних процесів і розвиток міст в XX ст., обумовлює необхідність комплексного, системного підходу до вирішення актуальної для великого міста проблеми озеленення.

У ряді теоретичних робіт з містобудування фахівці різних країн висували принципові схеми систем зелених насаджень міста. Французький містобудівник Є. Енар запропонував ще в 1904 р. дві найбільш ефективні, за його думкою, системи зелених насаджень міст – систему зелених кілець і систему зелених плям. В обох випадках автор прагнув рівномірного забезпечення усього міста насадженнями при мінімальних радіусах доступності. Німецькі містобудівники Р. Еберштадт, Б. Морінг, Р. Петерсен в проєкті планування Берліна в 1910 р. розробили клиноподібну схему насаджень, де зелені клини проходять до центра міста та об'єднуються зовнішнім зеленим поясом. Англійський планувальник Г. Пеплер запропонував комбіновану схему насаджень, в якій поєднуються зелені клини з кільцями. Вперше ідея формування «водно-зеленого діаметра» в структурі міста була

пропонована в утопічній схемі міста Е. Кабе (1840 р.) (рис. 2) [1].

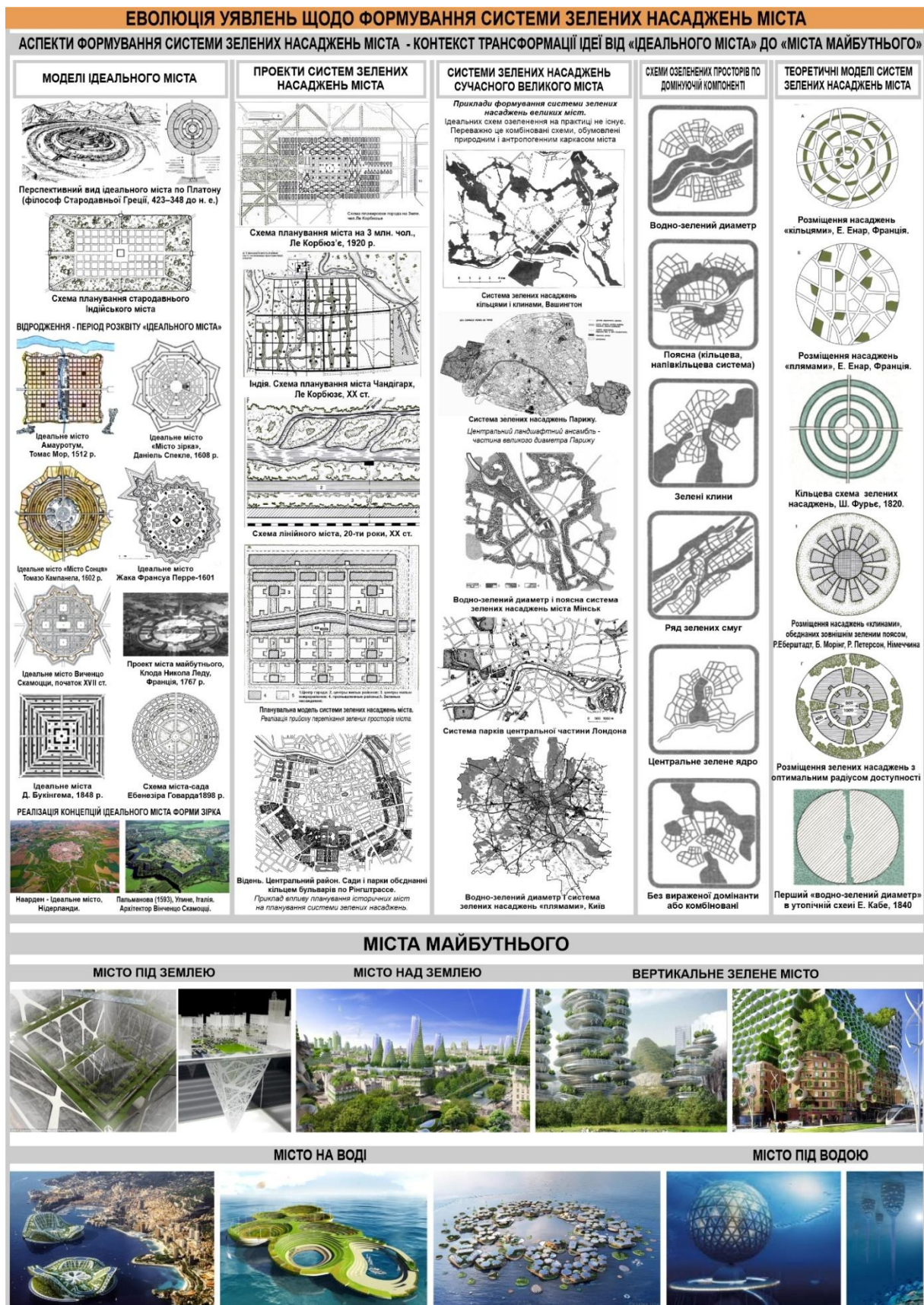


Рис. 2. Еволюція уявлень щодо формування системи зелених насаджень міста

На основі аналізу і узагальнення теоретичних розробок, а також досвіду проектування міст і створення систем зелених насаджень, теоретики в різні часи пропонували принципові схеми озеленення великих і середніх міст. Також треба зазначити, що «ідеальних» схем озеленення на практиці не існує. Переважно, це комбіновані схеми, обумовлені природним і антропогенним каркасом міста. Проте, це не знижує важливість теорії формування системи зелених насаджень міста, яка зростала впродовж століть.

Результати дослідження еволюції уявлень і пропозицій щодо формування системи зелених насаджень міста у часі і просторі формують нове розуміння озеленення сучасного великого міста і можуть стати основою для розробки концепцій озеленення міст майбутнього, якими їх бачать архітектори а саме: місто під землею і над землею, вертикальне зелене

місто, місто на воді і місто під водою тощо [16; 17].

Висновки

Розглянуті теоретичні основи формування системи зелених насаджень сучасного міста: визначення, фактори, методи, функції, елементи, зв'язки, принципи. Проаналізовані аспекти формування системи озеленення міста в контексті трансформації ідеї від озеленення «ідеального міста» до проектних концепцій і принципових схем системи зелених насаджень великих міст в новій історії містобудування, теоретичні моделі формування зелених насаджень міста, як результат дослідження проблеми впродовж століть. Розроблені методологічні схеми: «Теоретичні основи формування системи зелених насаджень міста», «Еволюція уявлень щодо формування системи зелених насаджень у часі і просторі».

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Кучерявий В. П. Озеленення населених місць : підруч. Львів : Світ, 2005. 456 с.
2. Кучерявий В. П. Історія ландшафтної архітектури : підруч. Львів : Новий Світ-2000, 2018. 702 с.
3. Кучерявий В. П. Ландшафтна архітектура : підруч. Львів : Новий світ-2000, 2017. 521 с.
4. Білоус В. І. Садово-паркове мистецтво : коротка історія розвитку та методи створення художніх садів : навч. посіб. Київ : Науковий світ, 2001. 299 с.
5. Маркус Браун, Крис Уффелен. Атлас мировой ландшафтной архитектуры. 2014.
6. Крижановська Н. Я., Вотінов М. А., Смірнова О. В. Основи ландшафтної архітектури та дизайну : підруч. Харків : ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2019. 348 с.
7. Вотінов М. А. Ландшафтна архітектура : конспект лекцій для студентів. Харків: ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2019. 73 с. URL: <https://core.ac.uk/download/pdf/228030148.pdf>
8. Безлюбченко О. С. Планування і благоустрій міст : навч. посіб. Харків : ХНАМГ, 2011. 191 с.
9. ДБН Б.2.2-12:2019. Планування та забудова територій. Київ, 2019.
10. Ідеальне місто. URL: <https://uk.wikipedia.org/wiki/>
11. Що таке «ідеальне місто : концепції від античності до XVIII століття». URL: <https://www.prostranstvo.media/chto-takoe-idealnyj-gorod-koncepcii-ot-antichnosti-do-xviii-veka/>
12. Город-сад. URL: <https://www.wikipedia.org/wiki/>
13. «Ідеальні міста» XIX–XX століть : індустріальна утопія та мрії про місто сад. URL: <https://www.prostranstvo.media/idealnye-goroda-xix-xx-vekov-industrialnaja-utopiya-i-mechty-o-gorode-sade/>
14. Бондаренко О. И., Демидова Д. В. Экологизация городской среды. *Строительство, материаловедение, машиностроение*. Вып. 68. 2013. С. 74–81.
15. Савицкий Н., Большаков В., Разумова О., Бондаренко О., Бабенко М., Бордун М., Шевченко Т., Котов Н., Куличенко Н., Шарина Т. Современные направления устойчивого градостроительства : коллективная монография под общ. ред. д-ра техн. наук, проф. Н. Савицкого. Днепр : ФЛП Обласов В. А, 2020. 259 с. URL: <http://srd.pgasa.dp.ua:8080/xmlui/handle/123456789/6237>
16. Мальцев Р. Міста майбутнього : реалізовані і перспективні проекти. URL: <https://blog.comfy.ua/goroda-budushhego-realizovannye-i-perspektivnye-proekty/>
17. Ковальчук І. Архітектура, яка вражає. URL: <https://ecotech.news/architecture/183-shchob-pobuduvati-mista-majbutnogo-mi-povinni-vijti-z-nashikh-mashin.html>

REFERENCES

1. Kucheryavy V.P. *Ozelenennya naselenykh mist' : pidruchnyk* [Greening of inhabited areas : a textbook]. Lviv : Svit Publ., 2005, 456 p. (in Ukrainian).
2. Kucheryavy V.P. *Istoriya landshaftnoyi arkhitektury : pidruchnyk* [History of landscape architecture: a textbook]. Lviv : Novy Svit-2000 Publ., 2018, 702 p. (in Ukrainian).
3. Kucheryavy V.P. *Landshaftna arkhitektura : pidruchnyk* [Landscape architecture : a textbook]. Lviv : Novy Svit-2000 Publ., 2017, 521 p. (in Ukrainian).
4. Bilous V.I. *Sadovo-parkove mystetstvo: korotka istoriya rozvytku ta metody stvorennia khudozhnikh sadiv : navch. posib.* [Garden and park art : a short history of development and methods of creating artistic gardens : a teaching aid]. Kyiv : Naukovyi Svit Publ., 2001, 299 p. (in Ukrainian).
5. Marcus Brown and Chris Uffelen. *Atlas myrovoy landshaftnoy arkhytektury* [Atlas of World Landscape Architecture]. 2014. (in Russian).
6. Kryzhanovska N.Ya., Votinov M.A. and Smirnova O.V. *Osnovy landshaftnoyi arkhitektury ta dyzaynu : pidruchnyk* [Fundamentals of Landscape Architecture and Design : textbook]. Kharkiv : KhNUMG named after O.M. Beketov, 2019, 348 p. (in Ukrainian).
7. Votinov M.A. *Landshaftna arkhitektura : konspekt leksiy dlya studentiv* [Landscape Architecture : Lecture Notes for Students]. Kharkiv : KhNUMG named after O.M. Beketov, 2019, 73 p. URL: <https://core.ac.uk/download/pdf/228030148.pdf> (in Ukrainian).
8. Bezlyubchenko O.S. *Planuvannya i blahoustriy mist : navch. posibnyk* [Planning and Urban Improvement : Textbook]. Kharkiv : KhNUMG named after O.M. Beketov, 2011. 191 p. (in Ukrainian).
9. *DBN B.2.2-12:2019. Planuvannya ta zabudova terytoriy* [DBN B.2.2-12:2019. Planning and development of territories]. Kyiv, 2019. (in Ukrainian).
10. *Ideal'ne misto* [Ideal city]. URL: <https://uk.wikipedia.org/wiki/> (in Ukrainian).
11. *Shcho take "ideal'ne misto : kontseptsii vid antychnosti do XVIII stolittya"* [What is an "ideal city : concepts from antiquity to the 18th century"]. URL: <https://www.prostranstvo.media/chto-takoe-idealnyi-gorod-koncepcii-ot-antichnosti-do-xviii-veka/> (in Ukrainian).
12. *Horod-sad* [Garden city]. URL: <https://www.wikipedia.org/wiki/>
13. *"Ideal'ni mista" XIX–XX stolit' : industrial'na utopiya ta mriyi pro misto sad* ["Ideal cities" of the 19th-20th centuries : industrial utopia and dreams of a garden city]. URL: <https://www.prostranstvo.media/idealnye-goroda-xix-xx-vekov-industrialnaja-utopia-i-mechty-o-gorode-sade/> (in Ukrainian).
14. Bondarenko O.I. and Demydova D.V. *Ekologizatsiya gorodskoy sredy* [Urban ecology]. *Stroitel'stvo, materialovedeniye, mashinostroyeniye* [Construction, Materials Science, Machine Construction]. No. 68, 2013, pp. 74–81. (in Russian).
15. Savitsky N., Bolshakov V., Razumova O., Bondarenko O., Babenko M., Bordun M., Shevchenko T., Kotov N., Kulichenko N. and Sharina T. *Sovremennyye napravleniya ustoychivogo gradostroitel'stva : kollektivnaya monografiya pod obshch. red. d-ra tekhn. nauk, prof. N. Savitskogo* [Modern directions of sustainable urban development : collective monograph under the general editorship of Doctor of Technical Sciences, Professor N. Savitskiy]. Dnipro : FLP Oblasov V.A., 2020, 259 p. URL: <http://srd.pgasa.dp.ua:8080/xmlui/handle/123456789/6237> (in Russian).
16. Maltsev R. *Mista maybutn'oho : realizovani i perspektyvni proekty* [Cities of the future : implemented and promising projects]. URL: <https://blog.comfy.ua/goroda-budushhego-realizovannye-i-perspektivnye-proekty/> (in Ukrainian).
17. Kovalchuk I. *Arkhitektura, yaka vrazhaye* [Architecture that impresses]. URL: <https://ecotech.news/architecture/183-shchob-pobuduvati-mista-majbutnogo-mi-povinni-vijti-z-nashikh-mashin.html> (in Ukrainian).

Надійшла до редакції 07.04.2025.

УДК 711.4.712

DOI: 10.30838/UJCEA.2312.270425.33.1175

ОСОБЛИВОСТІ ФОРМУВАННЯ СИСТЕМИ ЗЕЛЕНИХ НАСАДЖЕНЬ СУЧАСНОГО ВЕЛИКОГО МІСТА НА ПРИКЛАДІ м. ДНІПРО

БОНДАРЕНКО О. І., *ст. викл.*

Кафедра архітектурного проектування та містобудування, Український державний університет науки і технологій, ННІ «Придніпровська державна академія будівництва та архітектури», вул. Архітектора Олега Петрова, 24-а, 49005, Дніпро, Україна, тел. +38 (098) 435-08-44, e-mail: bond.bagatel@gmail.com, ORCID ID: 0000-0001-9835-6053

Анотація. Постановка проблеми. У сучасних умовах дуже важливою є проблема збереження та оздоровлення міського середовища, формування умов, які позитивно впливають на психофізичний стан людини, що актуально на етапі активного розвитку процесів урбанізації. В цих умовах значну роль в формуванні міського середовища відіграють зелені насадження. Зелені насадження сприяють формуванню комфортного здорового міського середовища (санітарно-гігієнічна функція), збагачують зовнішній вигляд і створюють неповторний своєрідний образ міста (естетична функція), забезпечують умови для масового відпочинку населення в природному оточенні (рекреаційна функція). Але на превеликий жаль, сучасні міста, в більшості своїй, характеризуються переважанням штучного середовища, часто з низьким рівнем кількісних та якісних показників озеленення, і, як правило, відсутністю системного підходу до формування озелених територій. Ландшафтні об'єкти, парки, сквери, бульвари часто розглядаються як територіальний резерв для забудови та розвитку інфраструктури міста, що приводить до їх деградації, а в окремих випадках, і зникнення. Протидією цим процесам має бути охорона, збереження і реконструкція існуючих ландшафтних об'єктів, відновлення (рекультивация) природних ландшафтів, системний підхід до озеленення міських територій. **Мета статті** – дослідити особливості сучасного стану озеленення і перспективи формування системи зелених насаджень великого міста в контексті екологізації міського середовища. **Висновок.** Проаналізовано сучасний стан ландшафтних об'єктів, рівень озеленення міських територій, особливості формування системи зелених насаджень міста Дніпро у часі і просторі (аналіз матеріалів генплану міста і натурні обстеження). За результатами досліджень запропонована нова парадигма формування системи зелених насаджень сучасного великого міста з урахуванням комплексу факторів, процесів урбанізації і еко-Smart-технологій, в контексті сталого розвитку міста, екологізації середі життєдіяльності людини і біорізноманіття архітектури. Нова парадигма формування озеленення міста базується на ідеї – система зелених насаджень міста розвивається як в горизонтальному просторі, так і у вертикальному просторі. Визначені принципи формування системи зелених насаджень сучасного великого міста і типологія об'єктів ландшафтної архітектури. Пропонуються: концепція структурно-планувальної організації системи зелених насаджень міста Дніпро, схеми формування глибинних архітектурно-ландшафтних просторів правобережжя з виходом на водно-зелений діаметр р. Дніпро, архітектурно-планувальне рішення зеленої еспланади в комплексі вертикальними парками.

Ключові слова: *система зелених насаджень міста; нова парадигма озеленення міста; екологізація міського середовища; прийоми архітектурної меліорації; глибинні архітектурно-ландшафтні простори; зелена еспланада; вертикальні сади*

FEATURES OF THE FORMATION OF THE GREEN PLANTING SYSTEM OF A MODERN LARGE CITY USING THE EXAMPLE OF THE DNIPRO CITY

BONDARENKO O.I., *Senior Lecturer*

Department of Architectural Design and Urban Planning, Ukrainian State University of Science and Technologies, ESI "Prydniprovsk State Academy of Civil Engineering and Architecture", 24-a, Architect Oleh Petrov St., Dnipro, 49005, Ukraine, tel. +38 (098) 435-08-44, e-mail: bond.bagatel@gmail.com, ORCID ID: 0000-0001-9835-6053

Abstract. Problem statement. In modern conditions, an important problem is the preservation and improvement of the urban environment, the formation of conditions that positively affect the psychophysical condition of a person, which is relevant at the stage of active development of urbanization processes. In these conditions, green plantings play a significant role in the formation of the urban environment. Green plantings contribute to the formation of a comfortable, healthy urban environment (sanitary and hygienic function), enrich the appearance and create a unique, distinctive image of the city (aesthetic function), provide conditions for mass recreation of the population in natural

surroundings (recreational function). But unfortunately, modern cities, for the most part, are characterized by the predominance of an artificial environment, often with a low level of quantitative and qualitative greening indicators, and, as a rule, the absence of a systematic approach to the formation of green areas. Landscape objects, parks, squares, boulevards are often considered a territorial reserve for the construction and development of the city's infrastructure, which leads to their degradation, and in some cases, their disappearance. Protection, preservation and reconstruction of existing landscape objects, restoration (recultivation) of natural landscapes, a systemic approach to greening urban areas should be countered by these processes. **Purpose of the article.** To investigate the features of the modern state of greening and the prospects for the formation of a system of green plantings of a large city in the context of environmentalization of the urban environment. **Conclusion.** The current state of landscape objects, the level of greening of urban areas, the features of the formation of the green planting system of the city of Dnipro in time and space (analysis of materials of the city's general plan and field surveys) were analyzed. According to the results of the research, a new paradigm for the formation of the green planting system of a modern large city was proposed, taking into account a complex of factors, urbanization processes and eco-Smart technologies, in the context of sustainable development of the city, greening of the human living environment and biodiversity of architecture. The new paradigm for the formation of the green planting system of the city is based on the idea that the system of green plantings of the city develops both in horizontal space and in vertical space. The principles of the formation of the system of green plantings of a modern large city and the typology of landscape architecture objects were determined. The following are proposed: the concept of the structural and planning organization of the system of green plantings of the city of Dnipro, schemes for the formation of deep architectural and landscape spaces of the right bank with access to the water-green diameter of the river. Dnipro, architectural and planning solution for a green esplanade in a complex of vertical parks.

Keywords: *system of green planted cities; a new paradigm of urban greening; ecologization of urban environment; techniques of archophytomelioration; deep architectural landscape spaces; green esplanade; vertical gardens*

Постановка проблеми. У сучасних умовах дуже важливою є проблема збереження та оздоровлення міського середовища, формування умов, які позитивно впливають на психофізичний стан людини, що актуально на етапі активного розвитку процесів урбанізації. В цих умовах значну роль в формуванні міського середовища відіграють зелені насадження. Зелені насадження сприяють формуванню комфортного здорового міського середовища (санітарно-гігієнічна функція), збагачують зовнішній вигляд і створюють неповторний своєрідний образ міста (естетична функція), забезпечують умови для масового відпочинку населення в природному оточенні (рекреаційна функція). Але на превеликий жаль, сучасні міста, в більшості своєї, характеризуються переважанням штучного середовища, часто з низьким рівнем кількісних та якісних показників озеленення, і, як правило, відсутністю системного підходу до формування озелених територій. Ландшафтні об'єкти, парки, сквери, бульвари часто розглядаються як територіальний резерв для забудови та розвитку інфраструктури міста, що призводить до їх деградації, а в окремих випадках, і зникнення. Протидією цим

процесам має бути охорона, збереження і реконструкція існуючих ландшафтних об'єктів, відновлення (рекультивация) природних ландшафтів, системний підхід до озеленення міських територій.

Мета статті – дослідити особливості сучасного стану озеленення і перспективи формування системи зелених насаджень великого міста в контексті екологізації міського середовища.

Аналіз публікацій. Питання теорії і практики формування системи зелених насаджень, як складової структурно-планувального каркасу міста, актуальні на всіх етапах розвитку міста. Теоретичним основам містобудування і озеленення, принципам озеленення міст у сучасних умовах, вимогам до окремих об'єктів ландшафтно-архітектури в залежності від навколишньої забудови, положення в планувальній структурі міста, методам проектування, будівництва та типології ландшафтних об'єктів, перспективам розвитку озеленення міста присвячені роботи В. Кучерявого, Л. Лунц, В. Горохова, О. Безлюбченко, В. Вергунова, Л. Мартишова та інші. Питання екологічної реконструкції міських територій досліджуються в роботах С. Цигичко. Принципи формування системи зелених

насаджень, в контексті трансформації структурно-планувального каркасу сучасного великого міста, розглядаються, в роботах автора: «Экологизация городской среды», «Современные направления устойчивого градостроительства» (співавтор колективної монографії), «Особенности развития ландшафтной архитектуры в условиях перетворення сучасних великих міст на засадах сталого розвитку», «Сучасні тенденції і перспективи формування системи зелених насаджень міста».

Концепції сучасного зеленого міста, нових міських просторів представлені в роботах Кріс Ван Уффелен, Ян Гейла тощо.

Результати досліджень.

Різноманітність існуючих систем озеленення міста обумовлена наявністю конкретних містобудівних умов: місцезнаходженням міста в системі групового розселення; народногосподарським профілем; величиною та прийнятою схемою зонування території; розміщення громадських центрів, житлової забудови, промисловості; архітектурно-планувальним рішенням території; схемою транспортних магістралей; можливістю організації єдиної системи озеленених просторів міста та його зеленого поясу, перспективою розвитку. Важлива роль відводиться природно-кліматичним, санітарно-гігієнічним, ландшафтно-екологічним, фізико-географічним та іншим факторам [1; 2]. Ступінь впливу різних чинників на прийоми озеленення змінюється у кожному конкретному випадку, у часі і просторі. При цьому особлива роль приділяється комплексній оцінці існуючого стану міського середовища.

Процеси урбанізації, що обумовлюють нову парадигму формування системи зелених насаджень великого сучасного міста. Для багатьох сучасних великих міст, і особливо для міста Дніпро, негативними факторами, як результат активних процесів урбанізації, що ускладнюють формування рівномірної і безперервної системи зелених насаджень є:

- критичний стан екології міста, перманентний конфлікт природного і антропогенного каркасу міста;

- нерегульованість високощільної висотної житлової і громадської забудови, особливо в центральних і в прибережних зонах міста;

- недосконала структурно-планувальна організація міста, і як результат, функціональна черезсмуга і планувальні обмеження тощо;

- інтенсивний розвиток транспортної інфраструктури і рівня автомобілізації;

- низький рівень і нерівномірність озеленення територій міста;

- дефіцит територій для побудови нових і розвитку існуючих парків;

- руйнування і нівелювання природного каркасу міста.

Одночасно, еко-Smart-технології, інноваційні зелені технології, прийоми архофітомеліорації, які активно розвиваються останнім часом, сприяють можливості пошуку і реалізації нових концепцій озеленення сучасного великого міста на засадах сталого розвитку.

Дніпро – багатофункціональне місто обласного підпорядкування – великий адміністративний, промисловий, транспортний, економічний, організаційний і культурний центр; центр дніпровської агломерації та систем розселення різного ієрархічного рівня.

Місто розташоване на обох берегах річки Дніпро при впадінні в нього лівої притоки Самари. Акваторія річок поділяє територію міста на три нерівні частини. Найбільша – правобережна (центральна, південна, західна планувальні зони), лівобережна (північна планувальна зона), лівобережна Самарська (східна планувальна зона).

Адміністративно територія міста поділяється на 8 районів: правобережні Соборний, Шевченківський, Центральний, Чечелівський, Новокодацький; лівобережні Амур-Нижньодніпровський, Індустріальний, Самарський [4–6].

Правобережна частина міста розчленована глибокими балками і ярами. Лівобережна – рівнинна. На лівобережжі в Амур-Нижньодніпровському районі знаходиться унікальний природно-ландшафтний комплекс дніпровських стариць, який «загубився» серед громадської та житлової забудови, промислових об'єктів, транспортної інфраструктури тощо. Мережа дніпровських стариць проходить з заходу на схід. Значний природний потенціал стариць зберігся в західній частині району [13].

Вплив антропогенних факторів на екологічний стан міста. Екологічні проблеми в містах Дніпропетровської області пов'язані з підвищеним рівнем забруднення атмосферного повітря та водного басейну, руйнування ґрунтів та нерівномірним розподілом навантажень на рельєф, виникненням зсувних ерозійних процесів, а також руйнування природного каркасу в цілому, під впливом цих процесів [7]. Промислові підприємства гірничо-металургійного, паливно-енергетичного, хімічного комплексів і транспорту є основними джерелами забруднення повітряного басейну. Об'єм викидів

забруднюючих речовин, %: автотранспорт – 50,5 %; промислові підприємства – 49,5 %.

Динаміка викидів забруднюючих речовин в атмосферне повітря по Дніпропетровській області та основним містам протягом 2014–2021 років показує зниження показників майже в 2 рази. Динаміка забруднення атмосферного повітря від стаціонарних джерел з 2016 по 2021 роки показує також значну знижку показників. В порівнянні з іншими містами області, Дніпро має кращі позиції. Але незважаючи на те, що в останні роки спостерігається тенденція до зменшення антропогенного тиску на довкілля, рівень техногенного навантаження залишається високим, а екологічна ситуація незадовільною. Треба відзначити, що забруднення атмосферного повітря не рівномірне по районах міста. Так в м. Дніпро (2015 р.) найбільш забруднені райони Новокодацький район (10,7 тис. т) та Самарський район (33,5 тис. т), де розташована Придніпровська ТЕС, Індустріальний район (2,3 тис. т). Інші райони міста (Амур-нижньодніпровський, Шевченківський, Соборний район, Центральний, Чечелівський райони – менше 1 тис. т (рис. 1).

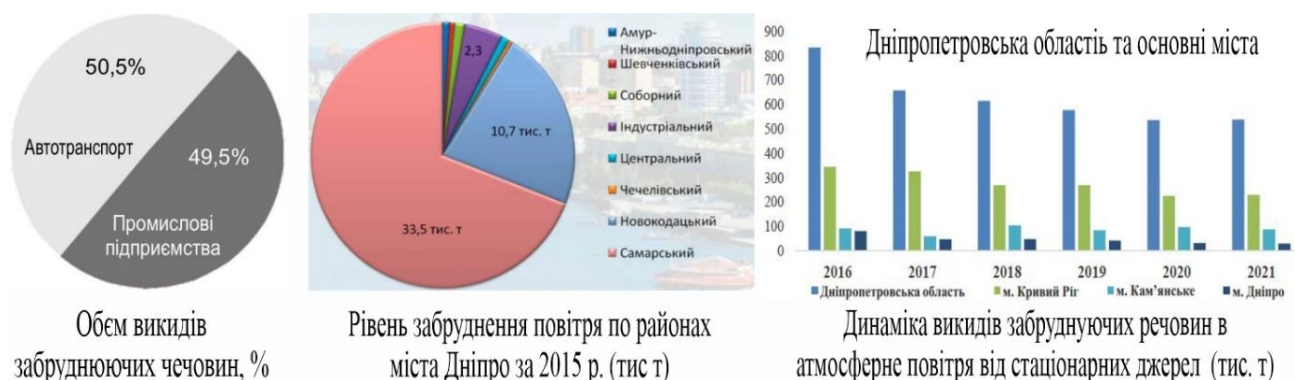


Рис. 1. Показники забруднення атмосферного повітря м. Дніпро

Забруднення атмосферного повітря чинить безпосередній вплив на рослинність, якість води і ґрунту, що призводить до змін видового різноманіття та вторгнення нових видів, сприяє окисленню ґрунту, озер і річок, викликаючи втрати видового різноманіття, пошкодження лісів та рослин шляхом зниження їх темпів зростання та негативного впливу на біорізноманіття та

екосистеми, а також на здоров'я та умови життєдіяльності людини [7].

Рівень техногенного навантаження на природний каркас залишається високим і впливає на активізацію процесів руйнування ґрунтів, нерівномірний розподіл навантажень на рельєф, виникненням зсувних ерозійних процесів і трансформації рельєфу, знищення гідрологічної системи

дніпровських стариць тощо. Одним із напрямків протидії цим негативним процесам може бути як збереження та рекреаційне освоєння існуючих природно-ландшафтних комплексів, так і озеленення територій. Райони активного «конфлікту» природного і антропогенного каркасу міста можуть стати районами потенційного резерву територій для озеленення і формування системи ландшафтних об'єктів міста для масового відпочинку, а саме: мережа дніпровських стариць лівогобережжя і мережа яружно-балочних утворень правобережжя (рис. 2).

Інтенсивність розвитку транспортної інфраструктури і рівня автомобілізації. Місто Дніпро є великим логістичним транспортним центром, що супроводжується значним навантаженням транзитним транспортом. В місті не завершено будівництво об'їзної дороги, що забезпечило би винос суто транзитних транспортних потоків за межі забудови і сприяло би розвантаженню магістральних вулиць [5; 6].

Усі планувальні зони міста представляють собою потужні сельбищно-виробничі утворення, з'єднані розвиненою мережею залізниць і міських автошляхів та вулиць. Правий і лівий береги пов'язані шістьма автомобільними і трьома залізничними переходами через річки Дніпро і Самара.

Загальноміський центр сформований вздовж центрального проспекту між двома мостами, де зосереджені основні громадські та адміністративні установи. На цій території сформувалася складна транспортна мережа з високим транспортним навантаженням і складними транспортними вузлами. Через центральну частину міста проходять основні транзитні транспортні зв'язки між правобережжям і лівобережжям (рис. 3).

Нерегульованість високощільної висотної житлової і громадської забудови.

В процесі активізації зростання чисельності населення міста та інтенсивного освоєння вільних територій, міський каркас втрачає точки дотику з природним каркасом.

На рівні мегаструктури ще простежується відповідність антропогенного каркасу міста природньому. На локальному рівні – антропогенний каркас міста входить у гостру суперечність із геоморфологією території.

Штучне середовище міста переважає над природою, витісняє природу, порушує цілісність природного каркасу. В прибережних зонах і особливо в межах історичного ареалу міста ущільнена суцільна «стіна» забудови перешкоджає виходу елементів системи зелених насаджень до водно-зеленого діаметру (рис. 4) [5; 6].

Функціональна черезсмуга і планувальні обмеження. Особлива ситуація склалася в Дніпрі в прибережних зонах як правобережжя, так і лівобережжя. Близько 40 підприємств різних галузей розташовано на окремих ділянках в оточенні житла, у т. ч. близько 30 на правому березі Дніпра в Центральній планувальній зоні.

На лівому березі на прибережних територіях, в західних і східних планувальних районах, сформувалися лінійні планувальні зони промислових об'єктів і комплексів, які відокремили сельбищні території від акваторії Дніпра.

Активна житлова і громадська забудова прибережних територій міста, розташування промислових територій в прибережній зоні р. Дніпро ускладнюють формування набережних, особливо лівобережної частини міста, перешкоджають формуванню і виходу глибинних архітектурно-ландшафтних просторів до водно-зеленого діаметру Дніпра. Воднозелений діаметр Дніпра відокремлений від озелених територій як на правобережжі, так і на лівобережжі (рис. 5) [5; 6].

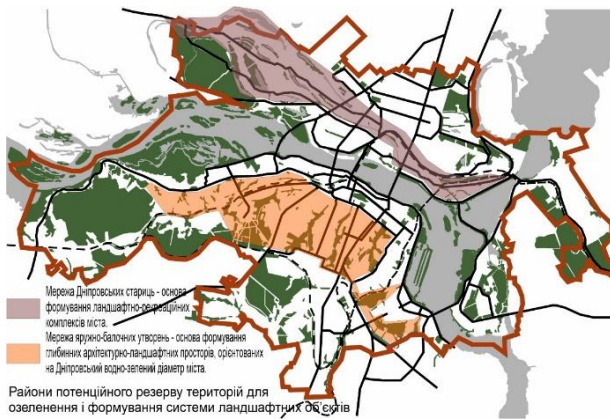


Рис. 2. Схема районів активного «конфлікту» природного і антропогенного каркасу міста Дніпро

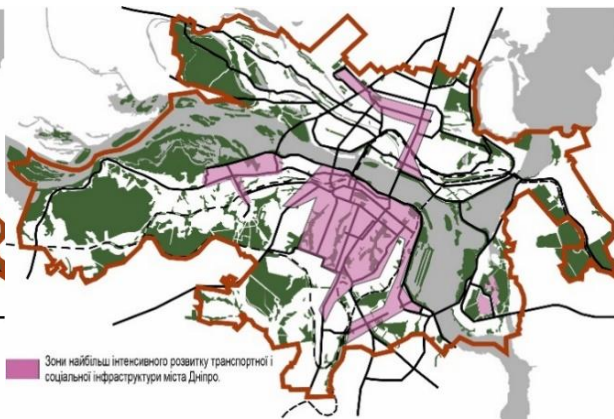


Рис. 3. Схема зон інтенсивного розвитку транспортної і соціальної інфраструктури

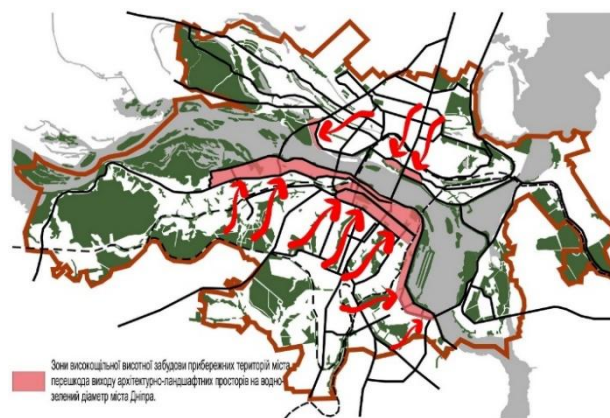


Рис. 4. Схема зон нерегульованої високощільної висотної житлової і громадської забудови

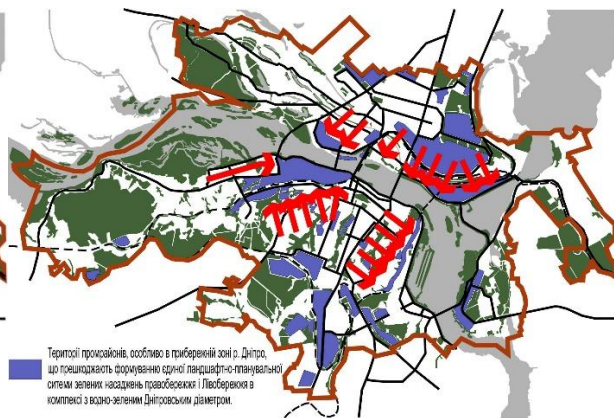


Рис. 5. Схема зон функціональної черезсмуги і планувальних обмежень

Сучасний стан і рівень озеленення території міста Дніпро. Процес формування системи зелених насаджень м. Дніпро сьогодні стикається з такими проблемами як:

- низький рівень та нерівномірність озеленення територій міста;
- низький рівень благоустрою існуючих ландшафтних об'єктів;
- деградація міських ландшафтних об'єктів;
- дефіцит територій для побудови нових і розвитку існуючих парків;
- система зелених насаджень не сформована;
- відсутній взаємозв'язок озелених територій з водно-зеленим діаметром міста;
- зелені технології у міському просторі не набули розвитку.

Для м. Дніпро, розташованого у IV фізико-географічній зоні – Степова зона, (Північно-стєпова підзона) – згідно ДБН Б.2.2-12:2019, норма озелених територій 12 м²/людину. В містах, де розміщені промислові підприємства I та II класу за санітарною класифікацією, цю норму необхідно збільшувати на 15–20 %, а при розміщенні залізничних вузлів – на 5–10 %. По факту в місті Дніпро нормативний показник озеленення територій складає 8 м²/люд. [3].

На даний період часу, згідно листа Головного архітектурно-планувального управління департаменту по роботі з активами Дніпровської міської ради від 16.06.2019 №6/24-33, в місті Дніпро зелені насадження загального користування займають площу біля 856,47 га. Дефіцит

зелених насаджень загального користування становить біля 598,65 га [5]. На перспективу пропонується збільшення площі зелених насаджень загального користування, майже вдвічі, на 874,4 га за рахунок створення нових парків та скверів в районах нового будівництва, пропозиції по організації ландшафтно-рекреаційних зон в балках, а також переведення в категорію лісопарків ділянок існуючих лісових масивів, урочищ і прибережних територій водних об'єктів в межі міста. Таким чином, площа зелених насаджень загального користування складе біля 1 730,87 га, що становитиме 17,1 м²/людину. Норма озеленення ВОЗ цей показник значно вище і становить 50 м²/людину [6].

За даними матеріалів генерального плану, в м. Дніпро існує мережа ландшафтних об'єктів для повсякденного масового відпочинку: 14 парків, 14 скверів, 12 бульварів, в тому числі Бульвар на Січеславській Набережній, в межах центрального району міста, і Бульвар на Сонячній Набережній, в межах житлового району «Сонячний». Площа міських парків незначна і коливається від 58 га до 5 га, що дуже мало для парків такого типу. В цілому питома вага зелених насаджень в структурі міста незначна (переважно від 8 до 30 %). Питома вага зелених насаджень загального користування становить від 1,2 до 3,2 % (рис. 6) [4–7].

Показники площ озелених територій загального користування міста Дніпро, м²/особу (розрахункова чисельн. нас. 1010,5 тис.осіб)



Рис. 6. Рівень озеленення територій м. Дніпро

Міські ландшафтні об'єкти розташовані не рівномірно по місту. Більша частина парків, скверів і бульварів знаходиться на правобережжі і потребує кардинальної реконструкції, а деякі і відновлення. На лівому березі міста Дніпро існуючі паркові території («Сагайдак», «Дружби», «Козацької Слави – Кирилівка») не функціонують як парки масового відпочинку, а являються прикладом розвитку міста за рахунок території ландшафтних об'єктів (рис. 7).

Проведені дослідження щодо історії формування озеленення міста Дніпро, починаючи з кінця XVIII століття до наших днів. Протягом майже 200 років, система зелених насаджень м. Дніпро так і не сформувалася як єдиний ландшафтно-планувальний комплекс відповідно до принципів рівномірності і безперервності, який забезпечив би взаємозв'язок озелених територій з водно-зеленим діаметром Дніпра (рис. 8).

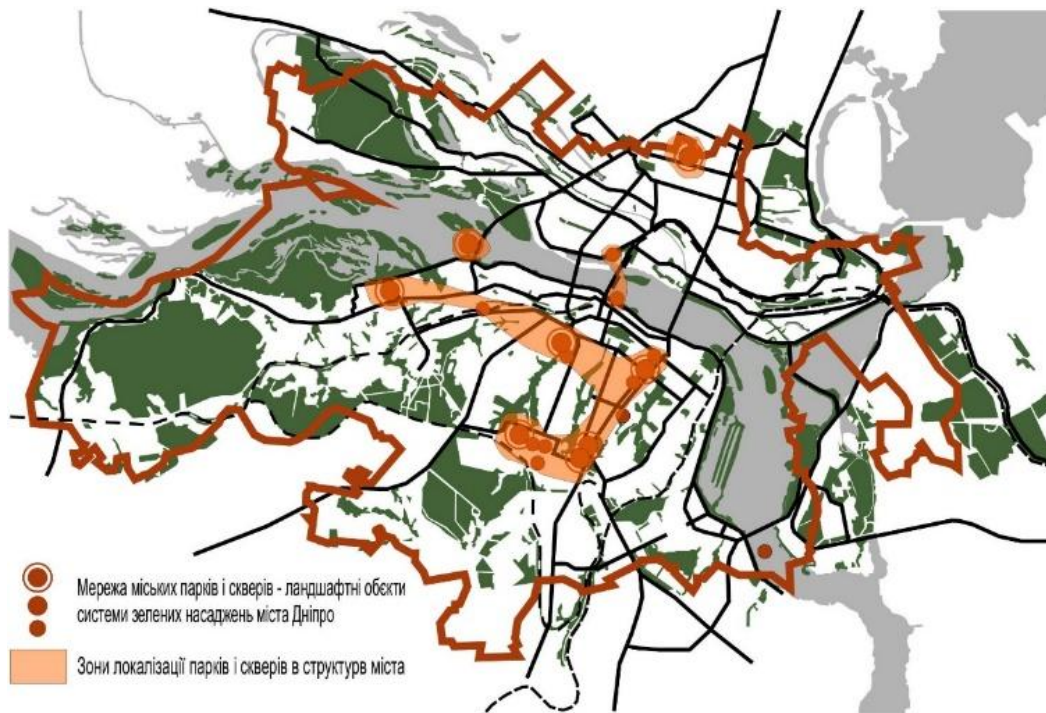


Рис. 7. Схема зон локалізації існуючих парків і скверів м. Дніпро

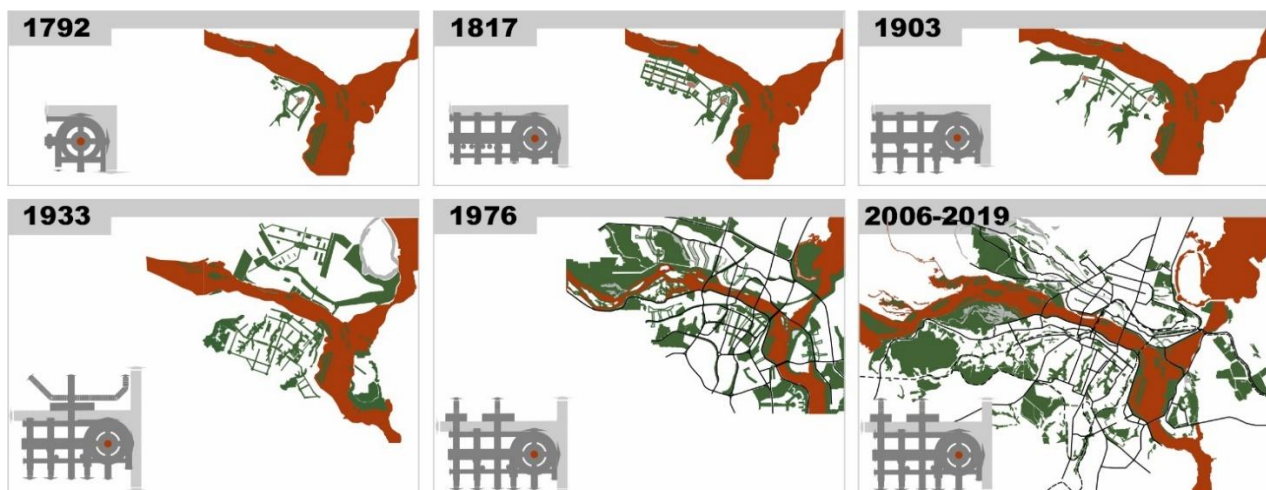


Рис. 8. Етапи формування системи зелених насаджень м. Дніпро

Нова парадигма формування системи зелених насаджень сучасного великого міста. Запропонована нова парадигма формування системи зелених насаджень сучасного великого міста з урахуванням комплексу факторів, процесів урбанізації і процесів еко-Smart-технологій, в контексті сталого розвитку міста, екологізації серед життєдіяльності людини і біорізноманіття архітектури.

Нова парадигма формування озеленення міста базується на ідеї – система зелених насаджень міста розвивається як в

горизонтальному просторі, так і у вертикальному просторі. Ця ідея може бути реалізована шляхом: відновлення та збереження природного каркасу міста; збереження та захисту існуючої екосистеми на всіх рівнях міського планування; створення системи перетікаючих озелених просторів (рекреаційних ландшафтів) з виходом на великі природні комплекси, як у місті, так і за містом; збереження максимального біорізноманіття міського середовища; широкого використання «зелених» технологій, що підвищують

комфортність та рекреаційну атрактивність міського середовища; впровадження комплексу архофітомеліоративних заходів при будівництві та реконструкції будівель, споруд та територій (вертикальне озеленення будівель, озеленення внутрішнього простору будівель, сади на дахах, терасах тощо); підвищення рівня біопозитивності архітектурних об'єктів та споруд.

Принципи формування системи зелених насаджень міста: безперервність, рівномірність, вертикальність, рівневість, адаптованість, біопозитивність, екологічність.

Типологія об'єктів ландшафтно-архітектури в контексті нової парадигми

системи озеленення сучасного міста великого міста: міський парк, районний парк, сад мікрорайону, малий міський сад, сквер, сад на даху, бульвар, набережна тощо (базові); вертикальний сад «Зелений фасад», вертикальний сад «Зелена стіна», вертикальний сад «Зелений об'єм», сад на даху, сад «Вертикальний ліс», сад «Лінія», парк під оболонкою, парк «Зелена еспланада», «Вертикальний парк», глибинний архітектурно-ландшафтний простір тощо (перспектива).

Концепція системи зелених насаджень міста Дніпро. Розроблена концепція структурно-планувальної організації системи зелених насаджень міста Дніпро (рис. 9).

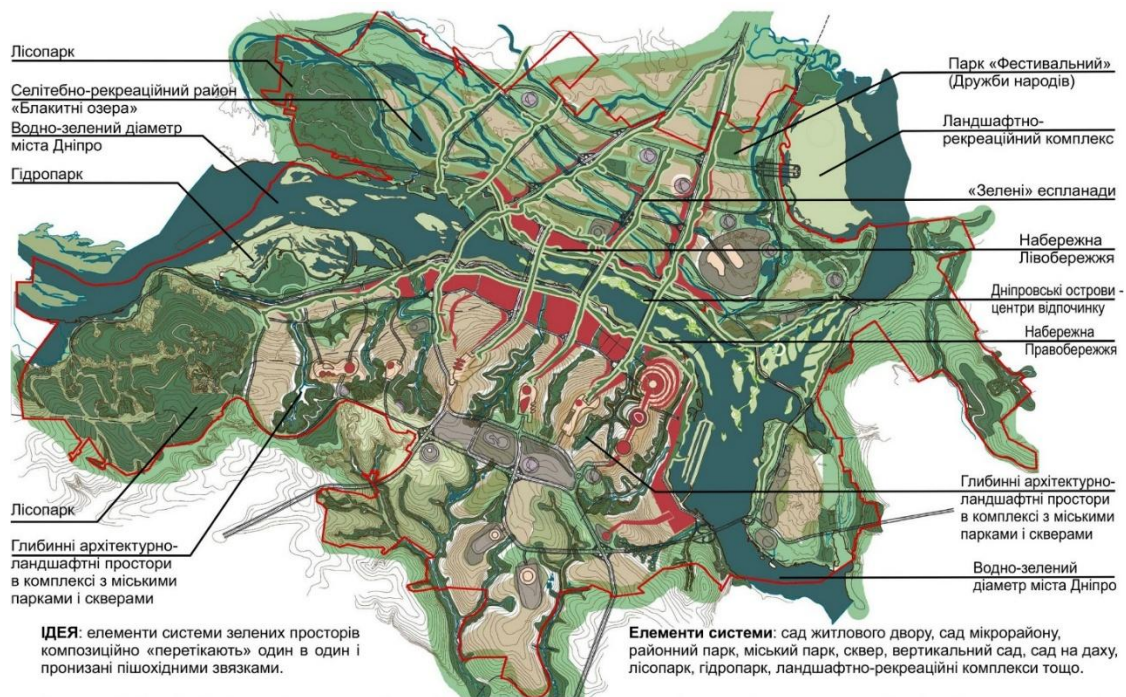


Рис. 9. Концепція системи зелених насаджень м. Дніпро (пропозиція Бондаренко О. І.)

Елементами системи являються: сад житлового двору, сад мікрорайону, районний парк, міський парк, сквер, вертикальний сад, сад на даху, лісопарк, гідропарк, ландшафтно-рекреаційні комплекси (лісовий, «Зелені острови», «Обухівські плавні», «Дніпровські стариці», тощо. Елементи системи об'єднуються в єдиний ландшафтно-планувальний комплекс мережою озелених пішохідних зв'язків: бульвари, набережні, траси прогулянкових маршрутів, «зелені» еспланади, глибинні

архітектурно-ландшафтні простори, водно-зелений діаметр Дніпра.

В контексті нової парадигми розвитку міста майбутнього як «Місто-сад», а також з урахуванням особливостей сучасного структурно-планувального каркасу міста Дніпро, для подальшого розвитку його системи зелених насаджень пропонується;

- відновлення і реконструкція існуючих садів, парків і бульварів міста, особливо на лівобережжі міста;

- формування нових ландшафтних об'єктів міста;

- активне включення водно-зеленого діаметра р. Дніпро в зелений структурно-планувальний каркас міста, а саме: архітектурно-ландшафтна організація прибережних і острівних територій (бульвари, набережні, сади і парки на островах, гідропарки, прибережні сади і парки з урахуванням ревіталізації промислових територій тощо);

- рекреаційне освоєння яружно-балкових територій правобережжя і формування глибинних архітектурно-ландшафтних просторів з виходом на водно-зелений діаметр р. Дніпро;

- використання прийомів архофітомеліорації для артикуляції глибинних архітектурно-ландшафтних просторів в структурі міської забудови (вертикальне озеленення будівель, озеленення терас, дахів, сади на дахах,

зелені еспланади, вертикальні сади, ландшафтний і світлодизайн);

- збереження дніпровських стариць і створення ландшафтно-рекреаційного комплексу лівобережжя «Блакитні озера»;

- формування системи «Зелених еспланад», що об'єднали б ландшафтні об'єкти лівобережжя, правобережжя і водно-зеленого діаметра в єдиний ландшафтно-планувальний просторовий комплекс міста Дніпро;

- формування «Вертикальних садів» в структурі «Зелених еспланад» міста.

Архітектурно-ландшафтні особливості озеленення будинків і територій в структурі каркасу міста Дніпро. Розроблені проектні пропозиції щодо формування глибинних архітектурно-ландшафтних просторів правобережжя з виходом на водно-зелений діаметр р. Дніпро (рис. 10).



Рис. 10. Схема формування глибинних архітектурно-ландшафтних просторів правобережжя м. Дніпро

Глибинний архітектурно-ландшафтний простір в створі балки «Рибальська» (А) об'єднує парк «Зелений гай», терасний парк «Рибальська балка», міський бульвар, «Зелена еспланада» з вертикальними парками, набережна. Глибинний архітектурно-ландшафтний простір в створі балки «Довга» (Б) об'єднує парк

ім. Б. Хмельницького, терасний парк «Довга балка», бульвар «Катеринославський», «Зелена вулиця», сквер «Успенський», вертикальні парки, набережна. Вертикальні парки являються композиційними домінантами глибинних архітектурно-ландшафтних просторів міста (рис. 11).



Рис. 11. Концепція «Зеленої еспланади» з вертикальними парками в місті Дніпро

Висновок

Проаналізовано сучасний стан ландшафтних об'єктів, рівень озеленення територій, особливості формування системи зелених насаджень міста Дніпро у часі і просторі (аналіз матеріалів Генплану міста і натурні обстеження). За результатами досліджень запропонована нова парадигма формування системи зелених насаджень сучасного великого міста з урахуванням комплексу факторів, процесів урбанізації і еко-Smart-технологій, в контексті сталого розвитку міста, екологізації середовища життєдіяльності людини і біорізноманіття архітектури. Нова парадигма формування озеленення міста базується на ідеї – система

зелених насаджень міста розвивається як в горизонтальному просторі, так і у вертикальному просторі. Визначені принципи формування системи зелених насаджень сучасного великого міста і типологія об'єктів ландшафтно-архітектури.

Пропонуються: концепція структурно-планувальної організації системи зелених насаджень міста Дніпро, схеми формування глибинних архітектурно-ландшафтних просторів правобережжя з виходом на водно-зелений діаметр р. Дніпро, архітектурно-планувальне рішення зеленої еспланади в комплексі з вертикальними парками.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Кучерявий В. П. Озеленення населених місць : підруч. Львів : Світ, 2005. 456 с.
2. Безлюбченко О. С. Планування і благоустрій міст : навч. посіб. Харків : ХНАМГ, 2011. 191 с.
3. Регіональна доповідь про стан навколишнього середовища в Дніпропетровській області за 2021 рік. Департамент екології та природних ресурсів Дніпропетровської обласної адміністрації. Дніпро, 2022. URL: <https://mepr.gov.ua/wp-content/uploads/2022/10/Regionalna-dopovid-Dnipropetrovska-ODA-2021.pdf>
4. ДБН Б.2.2-12:2019. Планування та забудова територій. Київ, 2019.
5. Генеральний план розвитку міста Дніпропетровська 2007 року. Київ : Діпромісто, 2007.
6. Містобудівний документ «Внесення змін до генерального плану розвитку м. Дніпро». Київ, 2019.
7. Внесення змін до генерального плану м. Дніпро (арх. № 92647). Київ : Діпромісто, 2024. URL: https://dniprorada.gov.ua/upload/editor/dnipro_2024_op.pdf
8. Биопозитивность и архофитомелиорация. URL: <https://yaradom.ru/articles/109-biopozitivnost-i-arkhofitomeliioratsiya>

9. Савицкий Н., Большаков В., Разумова О., Бондаренко О., Бабенко М., Бордун М., Шевченко Т., Котов Н., Куличенко Н., Шарина Т. Современные направления устойчивого градостроительства : коллективная монография под общ. ред. д-ра техн. наук, проф. Н. Савицкого. Днепро : ФЛП Обласов В. А., 2020. 259 с. URL: <http://srd.pgasa.dp.ua:8080/xmlui/handle/123456789/6237>
10. Бондаренко О. И., Демидова Д. В. Экологизация городской среды. *Строительство, материаловедение, машиностроение*. Вып. 68. 2013. С. 74–81.
11. Бондаренко О. І. Особливості розвитку ландшафтно́ї архітектури в умовах перетворення сучасних великих міст на засадах сталого розвитку. *Інноваційні технології у будівництві, цивільній інженерії та архітектурі : матер. XIX міжнар. наук.-практ. конф.* (м. Чернігів 19–22 вересня 2021 р.). Дніпро : ДВНЗ ПДАБА, 2021. С.115–117. URL: <http://srd.pgasa.dp.ua:8080/xmlui/handle/123456789/7310>
12. Воронова Є., Бондаренко О. І. Сучасні тенденції і перспективи формування системи зелених насаджень міста. *Матеріали науково-практичної конференції студентів, аспірантів і молодих вчених* (27–28 березня 2023 р.) : зб. тез під ред. М. В. Савицького. Дніпро : ПДАБА, 2023. С. 59–62. URL: <http://srd.pgasa.dp.ua:8080/xmlui/handle/123456789/10355>
13. Бачинський І. Д., Бондаренко О. І. Освоєння природно-ландшафтного комплексу дніпровських стариць як фактор розвитку системи ландшафтно-рекреаційних територій міста Дніпро. *Матеріали V науково-практичної конференції студентів, аспірантів і молодих вчених* (25–26 квітня 2024 р.). URL: <http://srd.pgasa.dp.ua:8080/xmlui/handle/123456789/12917>
14. Цигичко С. П. Екологія в архітектурі і містобудуванні : навч. посіб. Харків : ХНАМГ, 2012. 146 с.
15. Гейл Єн Міста для людей. Київ : КЕНЕКШЕНС, 2018. С. 304.
16. Chris van Uffelen. Green City Spaces : Urban Landscape Architecture. Braun, 2013. P. 272.

REFERENCES

1. Kucheryavy V.P. *Ozelenennya naselennykh mistov' : pidruchnyk* [Greening of inhabited areas : a textbook]. Lviv : Svit Publ., 2005, 456 p. (in Ukrainian).
2. Bezlyubchenko O.S. *Planuvannya i blahoustriy mist : navch. posibnyk* [Planning and Urban Improvement : textbook]. Kharkiv : KhNAMG, 2011, 191 p. (in Ukrainian).
3. *Rehional'na dopovid' pro st an navkolyshn'oho seredovyscha v Dnipropetrovs'kiy oblasti za 2021 rik. Departament ekolohiyi ta pryrodnykh resursiv Dnipropetrovs'koyi oblviys'kadministratsiyi* [Regional report on the state of the environment in the Dnipropetrovsk region for 2021. Department of Ecology and Natural Resources of the Dnipropetrovsk Regional Military Administration]. Dnipro, 2022. URL: <https://mepr.gov.ua/wp-content/uploads/2022/10/Regionalna-dopovid-Dnipropetrovska-ODA-2021.pdf> (in Ukrainian).
4. *DBN B.2.2-12:2019. Planuvannya ta zabudova terytoriy* [DBN B.2.2-12:2019. Planning and development of territories]. Kyiv, 2019. (in Ukrainian).
5. *Heneral'nyy plan rozvytku mista Dnipropetrovs'ka 2007 roku* [General development plan of the city of Dnipropetrovsk 2007]. Kyiv : Dipromisto, 2007. (in Ukrainian).
6. *Mistobudivnyy dokument "Vnesennya zmin do heneral'noho planu rozvytku m. Dnipro"* [Urban planning document "Amendments to the general development plan of the city of Dnipro"]. Kyiv, 2019. (in Ukrainian).
7. *Vnesennya zmin do heneral'noho planu m. Dnipro (arkh. № 92647)* [Amendments to the general plan of the city of Dnipro (arch. no. 92647)]. Kyiv : Dipromisto, 2024. URL: https://dniprorada.gov.ua/upload/editor/dnipro_2024_op.pdf (in Ukrainian).
8. *Byopozytyvnost' y arkhofytomelyoratsyya* [Biopositivity and archophyto-amelioration]. URL: <https://yaradom.ru/articles/109-biopozitivnost-i-arkhofitomeliorsiya> (in Russian).
9. Savitsky N., Bolshakov V., Razumova O., Bondarenko O., Babenko M., Bordun M., Shevchenko T., Kotov N., Kulichenko N. and Sharina T. *Sovremennyye napravleniya ustoychivogo gradostroitel'stva : kollektivnaya monografiya pod obshch. red. d-ra tekhn. nauk, prof. N. Savitskogo* [Modern directions of sustainable urban development : collective monograph under the general editorship of Doctor of Technical Sciences, Professor N. Savitsky]. Dnipro : FLP Oblassov V.A., 2020, 259 p. URL: <http://srd.pgasa.dp.ua:8080/xmlui/handle/123456789/6237> (in Russian).
10. Bondarenko O.I. and Demydova D.V. *Ekologizatsiya gorodskoy sredy* [Urban ecology]. *Stroitel'stvo, materialovedeniye, mashinostroyeniye* [Construction, Materials Science, Machine Construction]. No. 68, Dnipropetrovsk : SHEI "PSACEA", 2013, pp. 74–81. (in Russian).
11. Bondarenko O.I. *Osoblyvosti rozvytku landshaftnoyi arkhitektury v umovakh peretvorenniya suchasnykh velykykh mist na zasakh staloho rozvytku* [Features of the development of landscape architecture in the context of the transformation of modern large cities on the principles of sustainable development]. *Innovatsiyni tekhnolohiyi u budivnytstvi, tsyvil'niy inzheneriyi ta arkhitekturi : Materialy XIX mizhnarodnoyi naukovopraktychnoyi konferentsiyi (m. Chernihiv 19–22 veresnya 2021 r.)* [Innovative Technologies in Construction, Civil Engineering and Architecture : Materials of the XIX International Scientific and Practical Conference (Chernihiv, September 19–22, 2021)]. Dnipro : SHEI PSACEA, 2021, pp. 115–117. URL: <http://srd.pgasa.dp.ua:8080/xmlui/handle/123456789/7310> (in Ukrainian).
12. Voronova E. and Bondarenko O.I. *Suchasni tendentsiyi i perspektyvy formuvannya systemy zelenykh nasadzhen' mista* [Modern trends and prospects for the formation of a system of green spaces in the city]. *Materialy naukovopraktychnoyi konferentsiyi studentiv, aspirantiv i molodykh vchenykh (27–28 bereznia 2023 r.) : zbirnyk tez pid*

redaktsiyeyu M.V. Savyts'koho [Materials of the scientific and practical conference of students, postgraduates and young scientists (March 27–28, 2023) : collection of abstracts edited by M.V. Savitskiy]. Dnipro : SHEI “PSACEA”, 2023, pp. 59–62. URL: <http://srd.pgasa.dp.ua:8080/xmlui/handle/123456789/10355> (in Ukrainian).

13. Bachynsky I.D. and Bondarenko O.I. *Osvoynnya pryrodno-landshaftnoho kompleksu dniprovs'kykh staryts' yak faktor rozvytku systemy landshaftno-rekreatsiynykh terytoriy mista Dnipro* [Development of the natural landscape complex of the Dnieper old towns as a factor in the development of the system of landscape and recreational areas of the city of Dnipro]. *Materialy V naukovo-praktychnoyi konferentsiyi studentiv, aspirantiv i molodykh vchenykh (25–26 kvitnya 2024 r.)* [Materials of the V scientific and practical conference of students, postgraduates and young scientists (April 25–26, 2024)]. DOI 10.30838/978-966-3232-52-2. URL: <http://srd.pgasa.dp.ua:8080/xmlui/handle/123456789/12917> (in Ukrainian).

14. Tsygynchko S.P. *Ekolohiya v arkhitekturi i mistobuduvanni : navchal'nyy posibnyk* [Ecology in architecture and urban planning : a textbook]. Kharkiv : KhNAMG, 2012, 146 p. (in Ukrainian).

15. Gail Yen *Mista dlya lyudey* [Cities for people]. Kyiv, Ukraine : KENEKSHENS, 2018. p. 304. (in Ukrainian).

16. Chris van Uffelen *Green City Spaces : Urban Landscape Architecture*. Braun, 2013, p. 272.

Надійшла до редакції: 06.04.2025.

УДК 711.4:711.581-168

DOI: 10.30838/UJCEA.2312.270425.46.1176

АРХІТЕКТУРНО-МІСТОБУДІВНІ АСПЕКТИ ТРАНСФОРМАЦІЇ ЖИТЛОВОГО РАЙОНУ СУЧАСНОГО ВЕЛИКОГО МІСТА НА ПРИКЛАДІ м. ДНІПРО

БОНДАРЕНКО О. І.^{1*}, *ст. викл.*,
ТОНКОГОЛОСИЙ Є. В.², *маг.*

^{1*} Кафедра архітектурного проектування та містобудування, Український державний університет науки і технологій, ННІ «Придніпровська державна академія будівництва та архітектури», вул. Архітектора Олега Петрова, 24-а, 49005, Дніпро, Україна, тел. +38 (098) 435-08-44, e-mail: bond.bagatel@gmail.com, ORCID ID: 0000-0001-9835-6053

² Кафедра архітектурного проектування та містобудування, Український державний університет науки і технологій, ННІ «Придніпровська державна академія будівництва та архітектури», вул. Архітектора Олега Петрова, 24-а, 49005, Дніпро, Україна, тел. +38 (067) 290-21-03, e-mail: belveder@i.ua, ORCID ID: 0009-0005-3168-7364

Анотація. Постановка проблеми. Призначення житлового району – бути оптимальним середовищем реалізації соціальних функцій: мешкання, побуту, відпочинку, позатрудового спілкування. Житловий район є структурно-планувальним елементом сельбищної зони міста, від проектування якого до формування повноцінної функціональної та архітектурно-планувальної структури проходить значний період часу. Це створює ситуацію коли, на певному історичному етапі розвитку житлового району, його статична «форма» входить в протиріччя з новими соціальними, економічними, екологічними, технологічними та архітектурно-містобудівними вимогами щодо організації простору життєдіяльності людини. Ця проблема є актуальною для багатьох сучасних великих міст, в тому числі і міста Дніпро. Задачі трансформації житлових районів полягають у вирішенні низки питань, пов'язаних із модернізацією та адаптацією житлових територій до сучасних вимог, враховуючи тенденції розвитку міста на перспективу. **Мета статті** – дослідити архітектурно-містобудівні аспекти трансформації житлових районів сучасного великого міста на прикладі міста Дніпро. **Висновок.** Визначені основні положення щодо призначення, структури, планування і забудови житлового району. Досліджені тенденції житлового будівництва і етапи трансформації просторової композиції житлових районів європейських країн, вітчизняний досвід житлового будівництва в Україні, етапи формування житлової забудови, історія проектування та будівництва житлових районів міста Дніпро. На підставі аналізу особливостей житлової і громадської забудови в різні історичні етапи розвитку м. Дніпро виділено сім структурно-планувальних районів: центральний район міста в межах історичного ареалу; центральний район міста поза межах історичного ареалу; житлова забудова вздовж архітектурно-планувальних осей, магістралі міського значення; житлові райони, забудова житловими групами; райони садибної забудови; район садибної забудови дніпровських старлиць; прибережні території водно-зеленого діаметру річки Дніпро. Враховуючи географію розташування і характер інтеграції житлових районів в структурно-планувальний каркас міста Дніпро, їх можна об'єднати в чотири групи: прибережні житлові райони лівобережжя Дніпра; прибережні житлові райони правобережжя Дніпра; «материкові» житлові райони лівобережжя Дніпра побудовані на рівнинному рельєфі; «материкові» житлові райони правобережжя Дніпра побудовані на складному рельєфі. Проаналізовано існуючий стан функціонування житлових районів, виявлені основні проблеми, визначені архітектурно-містобудівні аспекти трансформації житлових районів м. Дніпро: модернізація і реконструкція житлового фонду, підвищення енергоефективності та екологічності будівель, інтеграція Smart-технологій в будівництві, розвиток і вдосконалення інженерної, транспортної, соціальної інфраструктури, озеленення і благоустрій територій, створення соціального, інклюзивного середовища, сталий розвиток і поліпшення екології, вдосконалення структурно-функціональної та архітектурно-планувальної організації житлового району.

Ключові слова: житловий район; мікрорайон; соціальна інфраструктура; транспортна інфраструктура; озеленення; аспекти трансформації; інтеграція Smart-технологій в будівництві

ARCHITECTURAL AND URBAN PLANNING ASPECTS OF THE TRANSFORMATION OF A RESIDENTIAL AREA OF A MODERN LARGE CITY USING THE EXAMPLE OF DNIPRO CITY

BONDARENKO O.I.^{1*}, *Senior Lecturer*,
TONKOGOLOSIY Ye.V.², *Master*

^{1*} Department of Architectural Design and Urban Planning, Ukrainian State University of Science and Technologies, ESI "Prydniprovsk State Academy of Civil Engineering and Architecture", 24-a, Architect Oleh Petrov St., Dnipro, 49005, Ukraine, tel. +38 (098) 435-08-44, e-mail: bond.bagatel@gmail.com, ORCID ID: 0000-0001-9835-6053

² Department of Architectural Design and Urban Planning, Ukrainian State University of Science and Technologies, ESI "Prydniprovsk State Academy of Civil Engineering and Architecture", 24-a, Architect Oleh Petrov St., Dnipro, 49005, Ukraine, tel. +38 (067) 290-21-03, e-mail: belveder@i.ua, ORCID ID: 0009-0005-3168-7364

Abstract. Problem statement. The purpose of a residential area is to be an optimal environment for the implementation of social functions: living, everyday life, recreation, and non-work communication. A residential area is a structural and planning element of a city's residential zone, from the design of which to the formation of a full-fledged functional and architectural and planning structure, a significant period of time passes. This creates a situation when, at a certain historical stage of the development of a residential area, its static "form" comes into conflict with new social, economic, environmental, technological, and architectural and urban planning requirements for the organization of human living space. This problem is relevant for many modern large cities, including the city of Dnipro. The tasks of transforming residential areas consist in solving a number of issues related to the modernization and adaptation of residential areas to modern requirements, taking into account the trends in the development of the city in the future.

Purpose of the article. To investigate the architectural and urban planning aspects of the transformation of residential areas of a modern large city using the example of the city of Dnipro. **Conclusion.** The main provisions on the purpose, structure, planning and development of a residential area are determined. The trends in housing construction and the stages of transformation of the spatial composition of residential areas in European countries, the domestic experience of housing construction in Ukraine, the stages of the formation of residential development, the history of the design and construction of residential areas of the city of Dnipro are studied. Based on the analysis of the features of residential and public development in different historical stages of the development of the city of Dnipro, seven structural and planning areas are distinguished: the central district of the city within the historical area; the central district of the city outside the historical area; residential development along architectural and planning axes, highways of urban significance; residential areas, development by residential groups; areas of estate development; area of estate development of Dnipro old houses; coastal areas of the water-green diameter of the Dnipro River. Taking into account the geography of the location and the nature of the integration of residential areas into the structural and planning framework of the city of Dnipro, they can be combined into four groups: coastal residential areas of the left bank of the Dnipro; coastal residential areas of the right bank of the Dnipro; "mainland" residential areas of the left bank of the Dnipro built on flat terrain; "mainland" residential areas of the right bank of the Dnipro built on complex terrain. The current state of functioning of residential areas has been analyzed, the main problems have been identified, and the architectural and urban planning aspects of the transformation of residential areas of the city have been determined. Dnipro: modernization and reconstruction of the housing stock, increasing the energy efficiency and environmental friendliness of buildings, integration of Smart technologies in construction, development and improvement of engineering, transport, and social infrastructure, landscaping and beautification of territories, creation of a social, inclusive environment, sustainable development and improvement of ecology, improvement of the structural, functional, and architectural and planning organization of the residential area.

Keywords: *residential area; microdistrict; social infrastructure; transport infrastructure; landscaping; aspects of transformation; integration of Smart technologies in construction*

Постановка проблеми. Призначення житлового району – бути оптимальним середовищем реалізації соціальних функцій: мешкання, побуту, відпочинку, спілкування. Житловий район є структурно-планувальним елементом сельбищної зони міста, від проектування якого до формування повноцінної функціональної та архітектурно-планувальної структури проходить значний період часу. Це створює ситуацію коли, на певному історичному етапі розвитку житлового району, його статична «форма» входить в протиріччя з новими соціальними, економічними, екологічними, технологічними та архітектурно-містобудівними вимогами щодо організації простору життєдіяльності

людини. Ця проблема є актуальною для багатьох сучасних великих міст, в тому числі і міста Дніпро. Задачі трансформації житлових районів полягають у вирішенні низки питань, пов'язаних із модернізацією та адаптацією житлових територій до сучасних вимог, враховуючи тенденції розвитку міста на перспективу.

Мета статті – дослідити архітектурно-містобудівні аспекти трансформації житлових районів сучасного великого міста на прикладі міста Дніпро.

Аналіз публікацій. Загальні теоретичні основи містобудування, питання проектування і будівництва міст відповідно до соціально-економічних, екологічних та територіально-планувальних проблем,

питання практичної розробки елементів планувальної структури міста, інфраструктури, забудови, благоустрою і озеленення, де розкриваються закономірності формування основних типів планувальних міських структур, викладені в роботах О. Безлюбченко. Систематизоване уявлення про основи містобудування надано в роботі Л. С. Мартишової. Принципи та правила розпланування території сучасного міста, основні положення містобудівного проектування структурно-планувальних елементів сучасного міста наведені в роботі В. Дідик, А. Павлів.

Проблеми містобудування в їх історичному розвитку на прикладі європейських країн розглядаються у роботі В. Островського. Поряд із питаннями розселення, планування міст та міських агломерацій, особливу увагу приділено історії проектування житлових районів та мікрорайонів. Розглядаються тенденції житлового будівництва і етапи трансформації просторової композиції житлового району у часі і просторі.

Вітчизняний досвід житлового будівництва в Україні, етапи формування житлової забудови, історія формування житлових районів в місті Дніпро розглянуті в роботах Н. Андрущенко, М. Кавун, Н. Лопатюк та інші.

Питання розвитку інноваційних еко-смайт технологій, що забезпечують енергоефективність багатоповерхових будівель, відкривають нові можливості і новий погляд на архітектуру майбутнього, аспекти трансформації структурно-планувального каркасу сучасного великого міста, принципи екологізації міського середовища (на прикладі трансформації групи житлових кварталів планувального району м. Дніпро) досліджуються в роботах О. І. Бондаренко. Концепції сучасного зеленого міста, нових міських просторів представлені в роботах Ян Гейла тощо. Визначення, архітектурно-містобудівні вимоги і норми щодо проектування та будівництва житлових районів, як структурно-планувальної одиниці сельбищної території міста викладені в державних будівельних нормах.

Результати досліджень. Одією із основних функціональних частин міста є сельбищна зона. Сельбищна зона об'єднує території житлової та громадської забудови, озеленені території загального користування, інших функціональні елементи, а саме: прибудинкові території житлових будинків; об'єкти повсякденного та періодичного обслуговування; громадські центри; озеленені території загального та обмеженого користування, спеціального призначення; магістральна і вулично-дорожня мережа; ділянки для розміщення об'єктів комунального господарства, інженерного забезпечення житлових районів, пожежних депо, гаражі та автостоянки, велостоянки тощо [1].

Сельбищні території призначені для створення сприятливого життєвого середовища, яке має відповідати соціальним, екологічним та містобудівним умовам, що забезпечують процеси життєдіяльності населення, пов'язані з його демографічним і соціальним відтворенням. Головний принцип організації сельбищних територій – мінімізація витрат часу на просторову доступність об'єктів обслуговування, місць відпочинку, здійснення інших функцій у її межах. При проектуванні виділяються два основних типи житлових планувальних елементів – житловий район і мікрорайон.

Планування та забудова житлових районів та мікрорайонів здійснюється відповідно до генерального плану міста. Житловий район, як елемент соціально-планувальної структури зони житлової забудови, складається з декількох мікрорайонів, кварталів, комплексу закладів обслуговування та громадських просторів, озелених територій загального користування. Житловий район – це примігстральна територія, відповідно територія мікрорайону – міжмагістральна територія.

Призначення житлового району – бути оптимальним середовищем реалізації соціальних функцій: мешкання, побуту, відпочинку, позатрудового спілкування. Взагалі – гармонійного розвитку та самореалізації особистості в умовах

комfortу, свободи вибору, рівності можливостей та безпеки. Визначний просторовий параметр житлового району – пішохідна доступність його громадського центру (1,5 км). Будь-яких підприємств, або установ містотворюючого або позарайонного значення у межах району не передбачається [1–4].

Просторова організація соціальної інфраструктури житлового району має відповідати наступним вимогам: зручність, комфорт та безпека користування; раціональність витрат вільного часу та енергії мешканців на пересування, пов'язаних з обслуговуванням; економічність витрат на будівництво та експлуатацію.

Досягнення зазначених вимог можливо архітектурно-планувальними рішеннями житлових районів, де будуть реалізовані: рівномірність розташування об'єктів обслуговування в оптимальних радіусах досягнення, відповідно нормативним вимогам; попутність розташування об'єктів обслуговування повсякденного користування: торгівля, громадське харчування, побутове обслуговування тощо (перша ступінь обслуговування); об'єднання об'єктів періодичного користування (друга ступінь обслуговування) у громадські комплекси або центри тощо [1; 4].

Житловий район – соціально-містобудівний комплекс. Проектування системи обслуговування житлового району – найважливіше завдання соціальної організації життя населення, без розуміння якої неможливе грамотне рішення планування та забудови житлового району.

Тенденції житлового будівництва і етапи трансформації просторової композиції житлового району у ХХ столітті. Європейський досвід. На початку ХХ століття у житловому будівництві розвинутих європейських країн відбулися величезні зміни. Зростання населення у містах, розвиток промисловості і транспортної інфраструктури міста, зростання рівня автомобілізації, низький рівень забезпечення житлом і об'єктами обслуговування населення міста, особливо зайнятих у промисловості тощо, створили

передумови освоєння нових територій для житлового будівництва в периферійних зонах міста. Так починалася історія проектування, будівництва і розвитку житлових районів, якому сприяв технологічний прогрес у будівельній промисловості. Розширилися масштаби будівництва у великих містах. Відкрилися нові композиційні можливості. Методи проектування житлової забудови швидко змінювалися. Як зазначає В. Островський, в історії проектування мікрорайонів та житлових районів різних європейських країн, починаючи з 20-х р. та до 80-х р. ХІХ ст., можна виділити кілька етапів або напрямків, які часто виникали майже одночасно: схематизм (функціональне місто), гуманістичний функціоналізм, ландшафтний напрямок, романтичний напрямок, монументальний напрямок, неосхематизм [5]. При плануванні житлових районів архітектори європейських країн намагалися забезпечити оптимальні рішення містобудівних, функціональних, архітектурно-композиційних, соціально-економічних, екологічних і технологічних питань, спрямованих на забезпечення комфортного, безпечного та естетично привабливого середовища життєдіяльності людини. Кожен напрям в будівництві житлових районів зробив свій вклад в пошуках оптимальних планувальних рішень житлової забудови.

Історичний експурс пошуку композиційних рішень житлової забудови районів показав, що не існує «універсальної» моделі житлового району. Кожне проектне рішення відповідає умовам певного часу і певній містобудівній ситуації. Важливу роль в цьому процесі відіграє філософія авторського погляду.

Аналіз різних напрямків формування житлових районів в Європі ХХ століття, а саме: схематизм (функціональне місто), гуманістичний функціоналізм, ландшафтний напрямок, романтичний напрямок, монументальний напрямок, неосхематизм, дозволив визначити комплекс положень і критеріїв, які на думку архітекторів-проектувальників, забезпечували високу

якість проектних рішень житлової забудови [5]:

- забезпечення оптимальної інсоляції квартир;
- дотримання вимог найвигіднішої орієнтації будівель;
- різноманітність архітектурних і композиційних рішень будівель і комплексів;
- дотримання функціональних вимог організації території;
- забезпечення індивідуального характеру просторової організації і високого рівня озеленення житлового району;
- захист внутрішнього простору житлової забудови від шкідливого впливу транспорту;
- необхідність уникати схематизму, одноманітності, монотонності та бідності композиційних рішень забудови житлового району;
- економічність і екологічність проектних рішень;
- створення безпечних, функціонально артикульованих пішохідних просторів; формування пішохідних зв'язків з урахування тягін: виробничих, соціальних, рекреаційних;
- дотримання принципу поділу пішохідного і транспортного руху;
- масштабність забудови і відкритих просторів житлового району.

Вітчизняний досвід житлового будівництва в Україні. Масштабне будівництво житлових районів в Україні почалося в середині ХХ століття. В 1940–50-ті роки в містобудуванні України було досягнуто значних успіхів, які стали можливими завдяки розвитку економіки, промисловості, науки соціальної сфери та нових технологій. Водночас швидке збільшення чисельності міського населення значно випереджало приріст житлового фонду. У 1957 р. було прийнято програми щодо розвитку житлового будівництва в Україні, що визначило його небачений розмах. Будівельний процес перекладався на індустріальну основу. Значно змінилася структура житлового будівництва. Від малоповерхових будинків перших повоєнних років міське житло здебільшого

стало п'ятиповерховим; з середини 60-х років розпочалося будівництво 9-ти поверхових будинків, а у великих містах – будинків підвищеної поверховості. Це розширювало композиційні можливості у вирішенні архітектурно-просторових завдань формування житлової забудови.

Відповідно до генеральних планів 1950-х р. забудова міст переважно великими житловими масивами на вільних територіях стала однією з характерних рис містобудування України цього періоду. Це дозволило застосовувати найпрогресивніші методи будівництва. Нові методи розміщення житлового будівництва обумовлювали інші підходи до планування житлових районів. Було розроблено прийоми забудови житлових районів, заснованих на принципах мікрорайонування, що створювало найбільш сприятливі умови для життя людей. Слід зазначити, що надалі принцип мікрорайонування на практиці проектування та будівництва удосконалювався, здебільшого переважав творчий підхід, що дозволяло максимально враховувати місцеві умови. Підвищувалася якість містобудування. Помітно покращувалися архітектурний вигляд, санітарний стан та благоустрій великих міст – Києва, Харкова, Львова, Одеси, Запоріжжя, Дніпропетровська тощо [6, 16].

Етапи формування житлової забудови м. Дніпро (1955–2024 рр.). Житлова забудова 1950-х років. З 1955 року, після відновлення та забудови монументальними будівлями центру міста (1948–1957), активно почали забудовуватися вільні землі міста Дніпропетровська (зараз м. Дніпро). У 1956 р. було затверджено новий генеральний план Дніпропетровська, розроблений авторським колективом Гіпрограду під керівництвом О. Малишенка. Новий генплан передбачав переважний розвиток міста за рахунок освоєння нових територій, де не були потрібні знесення та відселення і можна було широко впровадити нові будівельні технології, нові потокові методи зведення будівель [7]. Нові території були виявлені на південній та північній околицях, тому розширення міста

здійснювалося по осі, перпендикулярній руслу Дніпра: на правому березі – вздовж пр. Кірова (зараз пр. Поля) та Запорізького шосе, на лівому березі – паралельно Новомосковському шосе (потім, пр. ім. Газети Правда, зараз – пр. Слобожанський).

Зниження вартості та збільшення темпів будівництва було можливе насамперед за рахунок укрупнення будівельних майданчиків при комплексному вирішенні всіх питань інженерного обладнання та благоустрою території. Тому у генплані 1956 р. – і це була його основна відмінність від попередніх – передбачалася нова забудова міста великими житловими масивами.

Житлова забудова 1960–1980-х років. Бурхливе широкомасштабне будівництво 1960-х років показало, що резерв вільних територій, передбачених генпланом 1956 р., виявився вичерпаним набагато раніше за намічену перспективу. Вперше за всю історію існування Дніпропетровська (зараз м. Дніпро) гостро виявилася містобудівна проблема: місто не має вільних територій [8]. У 1967 р. було розроблено та затверджено новий генеральний план (керівник авторського колективу О. Малишенко, за участю В. Орехова, А. Крикіна, В. Мартинова). Вперше у генплані було поставлено питання про обмеження промислового будівництва та про винесення окремих підприємств за межі міста. Відповідно до рішення генерального плану (1967 р.) було розроблено проекти детального планування і почали будуватися нові житлові райони. До початку будівництва нових житлових районів було накопичено та проаналізовано досвід експлуатації перших мікрорайонів. Як показала практика, окремі аспекти принципу «мікрорайонування» вимагали коригування, уточнення, та вдосконалення.

Початок широкого застосування принципу «мікрорайонування» у вітчизняній практиці масового житлового будівництва відбувся у 1960-ті роки. Цей період пов'язаний із початком масштабного будівництва та застосуванням індустріальних методів домобудування.

Перші серії типового житла практично не залишали можливості для творчого пошуку у формуванні міського простору та на довгі роки визначили образ житлових районів багатьох вітчизняних міст та і міст інших європейських країн. Збільшуються масштаби будівництва, освоюються нові території. За короткий післявоєнний період житлова територія сельбищної зони міста зазнала якісних, кількісних та сутнісних змін. Визначені структурно-планувальні одиниці житлової території: традиційний квартал, мікрорайон (міжмагістральна територія), житловий район (примагістральна територія). Мікрорайон трактується як первинна структурно-планувальна одиниця житлового району, переважно пішохідна територія.

В період з початку 1960-х р. до кінця 1980-х р. житлові райони будувалися як на лівобережжі, так і на правобережжі міста [9; 16–25]. Одним із перших в Дніпропетровську (зараз м. Дніпро) був житловий район «Сонячний». Початковий проект детального планування було складено ще на початку 60-х. Проект був реалізований у 1970-ті роки. В 1960–1970-х роках здебільшого побудовані нові житлові райони «Червоний Камінь», «Комунар» (зараз «Покровський»), «Парус» (п. 1980-ті). 1960–1973 р. р. – житловий район «Західний». 1971–1983 роки – житлові райони «Перемога», «Тополя», «Сокіл», «Північний», «Лівобережний», «Клочко-6», «Ювілейний», район вулиць Калинової, Будівельників, Гладкова. Наприкінці 1970–1980-х – житловий район «Фрунзенський» («Кам'янський-Ломівський»). В цей період почалася забудова багатоповерховими будинками району Підстанції, вул. Робочої. З'являється ряд будівель оригінальної архітектури громадського призначення [5].

Житлова забудова в період 1990–2024 рр. Масове житлове будівництво м. Дніпропетровська (зараз м. Дніпро), яке стартувало на початку 60-х років, завершилось наприкінці 1980-х років. Саме в цей період були побудовані існуючі сьогодні мікрорайони і житлові райони міста, де мешкають сотні тисяч чоловік, а також почалася забудова житлових

кварталів і комплексів з об'єктами обслуговування вздовж головних архітектурно-планувальних осей міста. 1990-ті роки – можна назвати перехідним періодом, коли відбувалося осмислення подальшого розвитку не тільки міста Дніпропетровська, але і всієї країни в нових соціально-економічних умовах.

Житлове будівництво, як і будівництво громадських об'єктів, відбувалося повільними темпами, локальними об'єктами і комплексами. Деяке пожвавлення будівельних робіт у місті намітилося тільки з початку 2000-х років: почалося будівництво окремих торговельних центрів, елітних житлових комплексів.

Можна також зазначити, що масове житлове будівництво мікрорайонів і житлових районів увійшло в історію. З початку 2000-х років починається етап будівництва житлових комплексів і будівель класів «Економ», «Комфорт», «Бізнес», «Преміум» тощо [11].

В 2007 р. був затверджений новий генеральний план міста Дніпро, виконаний ДП «Український державний науково-дослідний інститут проектування міста «ДІПРОМІСТО» імені Ю. М. Білоконя», який являється базовим містобудівним документом розвитку міста на середню і довгострокову перспективу з урахування внесення змін і розробки нових пропозицій до 2026 р., 2036 р., 2046 р. Відповідно, за період з 2007 р. по сьогоднішній день, були розроблені містобудівні документації «Внесення змін до генерального плану м. Дніпро» 2016 р., 2017 р., 2019 р., 2022 р., 2024 р., які обумовлені динамікою соціально-економічних процесів в країні та суспільстві і необхідністю вирішення поточних питань забудови міста. У проектній документації визначається (коригується) перспективна чисельність населення, розміщення житлово-громадського будівництва та забезпечення її інженерно-транспортною інфраструктурою, необхідними заходами з інженерної підготовки та захисту території [12–15].

Пропозиції, щодо перспективного розвитку міста можна узагальнити, на даному етапі, таким чином:

- скорочення багатьох раніше намічених у проекті параметрів міста;

- зміни в економічній сфері; коливання показників чисельності населення на перспективу (згідно з оптимістичним варіантом прогнозу до 2046 р., м. Дніпро очікує збільшення чисельності населення на 0,8 % відносно початку 2018 року і на кінець прогнозного періоду чисельність населення міста становитиме 1010,5 тис. осіб);

- місто не буде приростати новими територіями. Його розвиток намічається всередині колишніх кордонів за рахунок вільних земель – інтенсивний розвиток території;

- розвиток багатоквартирного житлового будівництва за допомогою реконструкції кварталів садибного фонду;

- реконструкції багатоквартирної забудови в районах застарілого житла;

- коливання показників обсягу житлового будівництва на перспективу (2007 р. – 21 м²/особу; 2036 р. – 24,7 м²/особу; 2046 р. – 25,9 м²/особу). В Європі у середньому 37–45 м²/особу;

- прогноз до 2036 року місто може втратити статус промислового центру. Принаймні передумови для такої трансформації є, про що свідчать дані про структуру зайнятості населення.

Аналіз етапів формування житлової забудови м. Дніпро, в комплексі з об'єктами громадського призначення, (1955–2024 рр.) показав, що в структурі сельбищної території м. Дніпро, з точки зору різних принципів і прийомів житлової і громадської забудови, можна виділити сім структурно-планувальних районів для подальшого детального аналізу існуючого стану і розробки пропозицій розвитку цих територій на перспективу:

- центральний район міста в межах історичного ареалу (забудова квартальна, змішана (середньо-поверхова, багатоповерхова, підвищеної поверховості), всіх історичних періодів;

- центральний район міста поза межах історичного ареалу (забудова квартальна, змішана (середньо-поверхова, багатоповерхова);

- житлова забудова вздовж архітектурно-планувальних осей, магістралі міського значення (середньо-поверхова, багатоповерхова, підвищеної поверховості);

- житлові райони, забудова житловими групами (багатоповерхова, підвищеної поверховості, штучні висотні доміканти);

- райони садибної забудови (малоповерхова);

- район садибної забудови дніпровських стариць (малоповерхова);

- прибережні території водно-зеленого діаметру річки Дніпро (середньо-поверхова, багатоповерхова, підвищеної поверховості, висотна) (рис. 1).

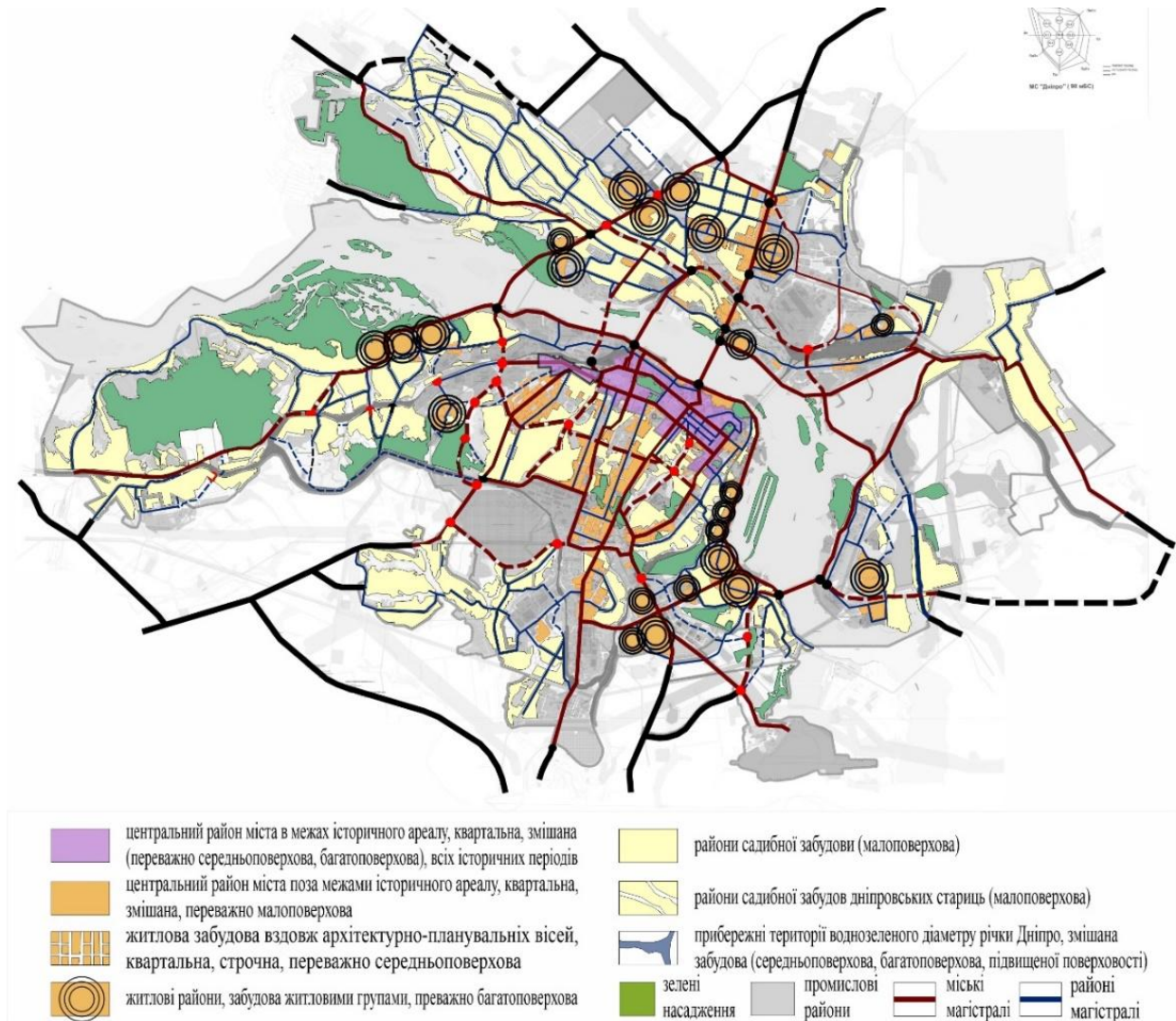


Рис. 1. Схема структурно-функціональної організації сільбищної території м. Дніпро (Схема Бондаренко О. І.)

Аналіз сучасного стану житлових районів м. Дніпро. З початку 1960-х р. до кінця 1980-х р. житлові райони будувалися як на лівобережжі, так і на правобережжі міста Дніпро [9; 16–25].

Враховуючи географію розташування і характер інтеграції житлових районів в структурно-планувальний каркас міста Дніпро, їх можна об'єднати в чотири групи:

1 – прибережні житлові райони лівобережжя Дніпра («Ломовський», «Кам'янський», «Сонячний»);

2 – прибережні житлові райони правобережжя Дніпра («Червоний камінь», «Покровський», «Парус», «Перемога»);

3 – «материкові» житлові райони лівобережжя Дніпра побудовані на рівнинному рельєфі («Калинівський» (Клочко-5), «Клочко-6», «Лівобережний 1, 2, 3»);

4 – «материкові» житлові райони правобережжя Дніпра побудовані на складному рельєфі («Західний», «Сокіл», «Тополя»).

Житлові райони, і сьогодні, являються важливими структурно-планувальними елементами сельбищної території, районами масової багатоповерхової житлової забудови, де мешкає значна частина населення міста. За останні майже сімдесят п'ять років проектування, забудови, функціонування житлових районів, в країні відбулися значні політичні, соціальні, економічні, технологічні, екологічні, кліматичні, цивілізаційні зміни тощо. Значні зміни відбулися також і в нормативно-правовому регулюванні архітектурно-містобудівної діяльності. Зазнав змін і соціальний заказ щодо якості міського середовища життєдіяльності людини. Але ж незмінними залишилися вимоги до просторової організації соціальної інфраструктури і якості архітектурного середовища житлового району: економічність, раціональність, зручність, комфорт, безпека, екологічність, естетичність, архітектурно-композиційна своєрідність тощо.

На підставі комплексного аналізу, виявлені основні проблеми, які характерні на сьогодні для житлових районів м. Дніпро:

1. *Структурно-функціональна організація.* Із основних структурно-функціональних елементів житлового району (території основних видів землекористування): мікрорайони (житлова забудова і ділянки установ загального користування мікрорайонного значення), громадський центр житлового району, комунально-господарська зона, зелені насадження загального користування (районний парк, сквер мікрорайону, бульвари та інші), вулиці, дороги, транспортні споруди і об'єкти, як правило, відсутні центр житлового району, об'єкти ландшафтної архітектури: районний парк і сади мікрорайонів, сквери і бульвари тощо.

2. *Житлова забудова.* Житлова зона районів, незалежно від конкретного накреслення вуличної мережі, завжди володіє мікрорайонною природою. Але принцип «мікрорайонування» трактується формально. Структурно-організуючим центром житлової забудови являється школа, що в значній мірі нівелює

своєрідність архітектурно-планувального рішення в конкретній архітектурно-ландшафтній та містобудівній ситуації. Превалює стандартні типові планувальні рішення. Композицію житлової забудови можна віднести до напрямку «Неосхематизм», якому притаманні такі риси як одноманітності, монотонності та бідності композиційних рішень. Це характерно для більшості житлових районів міста.

3. *Типи житла і інженерно-технологічне забезпечення.* Для житлових районів міста характерна переважно 9-ти поверхова забудова з окремими висотними домінантами, 16-ти поверховими житловими будівлями. Житлова забудова потребує комплексної модернізації по таким позиціям, як: енергоефективність, інноваційні технології, інженерія, устаткування, дизайн тощо.

4. *Структурно-планувальна організація земельної ділянки (прибудинкової території) житлового будинку.* В житловій зоні прибудинкові території не визначені в містобудівній документації, що створює певні перешкоди при реконструкції цих територій. Архітектурно-планувальна і структурно-функціональна організація прибудинкових територій практично відсутня.

5. *Соціальна інфраструктура.* В проектах житлових районів закладена ступінчаста система громадського обслуговування. В існуючих житлових районах реалізується 2 ступені обслуговування: 1 ступінь (R п.д. = 500 м) – повсякденне (стандартне) обслуговування; 2 ступінь (R п.д. = 1000–1500 м (тр.д) – періодичне (вибіркове) обслуговування, що, в цілому, відповідає діючим нормативним положенням (ДБН). Разом з цим, треба відзначити, що наповненість системи об'єктами громадського обслуговування незначна і типологічно обмежена, а саме: заклади освіти (школи, ясла-садки) на рівні мікрорайону, поліклініки, аптеки, підприємства торгівлі, харчування та побутового обслуговування, філіали кредитно-фінансових установ, об'єкти на рівні житлового району. Як правило,

фізкультурно-оздоровчі і спортивні споруди, заклади культури та мистецтва, культурно-видовищні та об'єкти дозвілля – відсутні. Просторова локалізація об'єктів громадського обслуговування має дві принципові схеми:

- розосереджена на території мікрорайонів. Система пішохідних зв'язків і розташування об'єктів обслуговування не мають чіткої артикульованої просторово-планувальної взаємодії;

- лінійно-розосереджена вздовж магістралі, де неможливо створити безпечний пішохідний простір, вільний від автомобіля. Принцип попутності обслуговування, в цілому, реалізується.

6. *Інженерна інфраструктура.* Потребує комплексної модернізації з використанням інноваційних технологій для створення економічної, екологічної, гнучкої системи.

7. *Транспортна інфраструктура.* Основна проблема – це «конфлікт» між існуючою архітектурно-планувальною організацією території житлової забудови і високим рівнем автомобілізації, де відбувається боротьба «форми» і «змісту». Безперервна мережа автомобільних під'їздів до житлових будинків створює умови для небезпечного транзитного транспортного руху по території мікрорайону, що суперечить нормативним положенням ДБН. Дефіцит резервних територій в межах мікрорайону ускладнює вирішення проблеми організації додаткових автостоянок і будівництва паркінгів. Існуюча структурно-планувальна організація мікрорайону статична і не може відреагувати на транспортну експансію. Планувальними засобами вирішити цю проблему, в більшості випадків, достатньо складно. В залежності від рівня означеної проблеми, можливі локальні або кардинальні трансформації структурно-планувального каркасу мікрорайону.

8. *Озеленення і благоустрій території.* Озеленення і благоустрій території житлового району на низькому рівні. Система зелених насаджень не сформована. Ландшафтні об'єкти для відпочинку (районні парки, сквери, сади, бульвари)

відсутні. Показники площ ландшафтних та рекреаційних територій ($m^2/особа$) та рівень озеленення територій структурних елементів житлового району (%) не відповідають нормативним показникам ДБН.

9. *Система пішохідних зв'язків.* Формування системи безпечних, функціонально артикульованих пішохідних просторів з урахування виробничих, соціальних, рекреаційних тягін, не вирішено в повній мірі в існуючих житлових районах міста Дніпро, особливо в ситуаціях, коли функціональні тягіння не співпадають. Принцип поділу пішохідного і транспортного руху в житлових районах не реалізований. Особливо актуальна ця проблема в прибережних житлових районах і районах, по території яких проходять транзитні магістральні вулиці і дороги. В першому випадку, система озеленених пішохідних просторів не має планувального виходу в прибережний рекреаційно-ландшафтний комплекс, який відрізаний від житлового району магістраллю міського значення. В другому випадку – функціональні зв'язки між мікрорайонами ускладнені і небезпечні. Така ситуація вимагає нестандартних архітектурно-містобудівних рішень.

Аспекти трансформації житлового району в контексті екологізації міського середовища на сучасному етапі. Задачі трансформації житлових районів полягають у вирішенні низки соціальних, економічних, організаційних, екологічних, інноваційно-технологічних, архітектурно-містобудівних питань, пов'язаних із модернізацією та адаптацією житлових територій до сучасних вимог, враховуючи тенденції розвитку міста на перспективу [26–30]. Аспекти трансформації визначені на основі комплексного аналізу територій житлових районів міста Дніпро:

- модернізація житлового фонду – оновлення старих будівель: проведення капітального ремонту, утеплення фасадів, використання екологічних будівельних матеріалів, модернізація інженерних мереж, що підвищує рівень комфортності проживання;

- *реконструкція і нове будівництво* – забезпечення високих стандартів архітектурно-планувальних, об'ємно-композиційних рішень житлових і громадських комплексів; будівництво енергоефективних багатоповерхових житлових і громадських будівель та взаємообумовленість архітектурного формоутворення будівель і енергоефективних технологій; середовище житлової забудови має формуватися за принципами – «єдність в різноманітності» і «співмасштабність людині»;

- *заміна аварійного житла* – ліквідація будівель, що знаходяться в аварійному стані, і заміна їх сучасними будинками з урахуванням нових стандартів якості та безпеки;

- *підвищення енергоефективності та екологічності будівель* – впровадження сучасних систем енергозбереження з використанням відновлювальних джерел енергії: сонячна енергія, енергія вітру, геотермальна енергія, гідроенергія, біоенергія (геліоколектори, сонячні колектори, фотоелектричні перетворювачі, сонячні батареї, вітрогенератори, геотермальні системи, гідроелектростанції та інше);

- *інтеграція Smart-технологій в будівництві* – впровадження систем «розумний дім» (контроль за енерго- і водоспоживанням, освітленням, безпекою); цифровізація послуг (цифрові платформи для взаємодії мешканців та службами управління комплексами); інтелектуальні системи моніторингу транспорту;

- *розвиток і вдосконалення інженерної інфраструктури* – комплексна модернізація з використанням інноваційних технологій для створення економічної, екологічної, гнучкої системи;

- *розвиток і вдосконалення транспортної інфраструктури* – створення ефективної мережі громадського транспорту, будівництво велодоріжок, формування пішохідних зон, організація паркінгів; реалізація принципу поділу пішохідного і транспортного руху;

- *розвиток і вдосконалення соціальної інфраструктури* – формування соціально-

орієнтованої системи обслуговування, здатної врахувати весь спектр соціального замовлення; створення умов, що забезпечують «рух послуг» до споживача; забезпечення широкого діапазону видів обслуговування;

- *озеленення і благоустрій територій* – розвиток системи зелених насаджень, мережі парків, скверів, садів, бульварів; впровадження інноваційних зелених технологій (архофітомеліорація, вертикальне озеленення, підвищення рівня біопозитивності будівель і середовища життєдіяльності людини);

- *створення соціального, інклюзивного середовища* – забезпечення доступного житла, забезпечення безбар'єрного середовища, створення комфортних і безпечних громадських просторів, покращення естетики та зручності районів; впровадження ландшафтного дизайну, підвищення якості життя та зміцнення місцевих спільнот;

- *сталий розвиток і поліпшення екології* – зниження забруднення повітря, води і ґрунтів через впровадження екологічно відповідальних рішень;

- *структурно-функціональна організація житлового району* – створення завершеної повноцінної системи структурно-функціональних елементів житлового району;

- *архітектурно-планувальна організація житлового району* – реалізація концепції «Зелене місто», яка базується на ідеї «рух за рельєфом» забудови, транспортного каркасу, інженерних систем, систем озеленення та інших компонентів еколого-містобудівної організації території, рух, що не порушує геоморфологічних потоків енергії.

Трансформація житлових районів спрямована на розвиток гармонійного біопозитивного міського середовища життєдіяльності людини сучасного великого міста.

Висновки

Визначені основні положення щодо призначення, структури, планування і забудови житлового району. Досліджені

тенденції житлового будівництва і етапи трансформації просторової композиції житлових районів європейських країн, вітчизняний досвід житлового будівництва в Україні, етапи формування житлової забудови, історія проектування та будівництва житлових районів міста Дніпро. На підставі аналізу особливостей житлової і громадської забудови в різні історичні етапи розвитку м. Дніпро виділено сім структурно-планувальних районів: центральний район міста в межах історичного ареалу; центральний район міста поза межах історичного ареалу; житлова забудова вздовж архітектурно-планувальних осей, магістралі міського значення; житлові райони, забудова житловими групами; райони садибної забудови; район садибної забудови дніпровських стариць; прибережні території водно-зеленого діаметру річки Дніпро.

Враховуючи географію розташування і характер інтеграції житлових районів в структурно-планувальний каркас міста Дніпро, їх можна об'єднати в чотири групи:

прибережні житлові райони лівобережжя Дніпра; прибережні житлові райони правобережжя Дніпра; «материкові» житлові райони лівобережжя Дніпра побудовані на рівнинному рельєфі; «материкові» житлові райони правобережжя Дніпра побудовані на складному рельєфі.

Проаналізовано існуючий стан функціонування житлових районів, виявлені основні проблеми, визначені архітектурно-містобудівні аспекти трансформації житлових районів м. Дніпро: модернізація і реконструкція житлового фонду, підвищення енергоефективності та екологічності будівель, інтеграція Smart-технологій в будівництві, розвиток і вдосконалення інженерної, транспортної, соціальної інфраструктури, озеленення і благоустрій територій, створення соціального, інклюзивного середовища, сталий розвиток і поліпшення екології, вдосконалення структурно-функціональної та архітектурно-планувальної організації житлового району.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. ДБН Б.2.2-12:2019. Планування і забудова територій. Київ, 2019. 177 с.
2. Безлюбченко О. С. Планування міст і транспорт : навч. посіб. Харків : ХНАМГ, 2006. 137 с.
3. Безлюбченко О. С. Планування і благоустрій міст : навч. посіб. Харків : ХНАМГ, 2011. 191 с.
4. Мартишова Л. С. Основи містобудування : конспект лекцій для студентів першого (бакалаврського) рівня вищої освіти 2 курсу денної форми навчання спеціальності 191 – Архітектура та містобудування. Харків : ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2021. 80 с.
5. Островский В. Современное градостроительство. Перевод с польского. Под. ред В. В. Владимирова. 1979. 539 с.
6. Днепропетровск. Архитекторы Н. П. Андрущенко, М. Э. Кавун, Н. А. Лопатюк и др. Под общ. ред. Н. Н. Кондель-Перминовой и др. Киев : Издательский дом А+С, 2006. 296 с.
7. Становлення сучасного стилю міста Дніпро 1955–1969 pp. URL: https://gorod.dp.ua/history/article_ua.php?article=68.
8. Генеральний план 1967 р. URL: https://gorod.dp.ua/history/article_ua.php?article=68
9. Слобожанський проспект (пр. Правди). За матеріалами М. Кавуна. URL: <https://www.gorod.dp.ua/micro/livo/?pageid=576>
10. Архітектура Дніпра. Нові житлові масиви. URL: <https://uk.m.wikipedia.org/wiki/>
11. Про новобудови. Основні райони будівництва в Дніпрі. URL: <https://pronovostroy.com.ua/ru/novostroyki-zhk-dnepr/>
12. Генеральний план розвитку міста Дніпропетровська 2007 року. Київ : Діпромісто, 2007.
13. Герман В. Генеральний план розвитку міста Дніпропетровська до 2026 року. URL: <https://dniprorada.gov.ua/uk/articles/item/9178/generalnij-plan-rozvitku-mista-dnipropetrovska-do-2026-roku>
14. Містобудівний документ «Внесення змін до генерального плану розвитку м. Дніпро». Київ, 2019.
15. Внесення змін до генерального плану м. Дніпро (арх. № 92647). Київ : Діпромісто, 2024. URL: https://dniprorada.gov.ua/upload/editor/dnipro_2024_op.pdf.
16. Історія забудови Дніпра. За матеріалами М. Кавуна. URL: <https://www.skyscrapercity.com/threads/Історія-збудови-Дніпра.1902746/>.
17. Геній міста. Північні ворота Дніпропетровська. URL: https://www.gorod.dp.ua/history/article_ua.php?article=135

18. Місто по шматочках. Мануйловський (Воронцовський). URL: <https://www.gorod.dp.ua/micro/livo/?pageid=601>
19. Город по шматочкам. Житловий район «Перемога». URL: <https://gorod.dp.ua/micro/mandrykivka/?pageid=533>
20. Житловому масиву в Дніпрі – 50 років. URL: <https://gorod.dp.ua/news/185294>
21. С чего начинается «город в городе» – жилмассив «Победа». URL: <https://dp.informator.ua/ru/pazly-megapolisa-s-chego-nachinalsya-gorod-v-gorode-zhilmassiv-pobeda>
22. Город по шматочкам. Житловий район «Тополя». URL: <https://gorod.dp.ua/micro/pivden/?pageid=553>
23. Гений места. Южная визитная карточка. URL: https://gorod.dp.ua/history/article_ua.php?article=170
24. Город по шматочкам. Житловий район «Сокол». URL: <https://gorod.dp.ua/micro/mandrykivka/?pageid=536>
25. История районов Днепра : как в нашем городе появился «Сокол». URL: <https://vesti.dp.ua/istoriya-rajonov-dnepra-kak-v-nashem-gorode-poyavilsya-sokol/>
26. Тонкоголосий Є., Бондаренко О. І. Аспекти трансформації житлового району в контексті екологізації міського середовища. *Наука і сталий розвиток транспорту 2024. Т. І: зб. тез доп. Всеукр. наук.-техн. конф. студентів і молодих учених, Дніпро, 27 листоп. 2024 р.* Дніпро : УДУНТ, 2024. С. 178–179. URL: https://ipbt.ust.edu.ua/file/2_tom_1.pdf
27. Савицкий Н., Большаков В., Разумова О., Бондаренко О., Бабенко М., Бордун М., Шевченко Т., Котов Н., Куличенко Н., Шарина Т. Современные направления устойчивого градостроительства : коллективная монография под общ. ред. д-ра техн. наук, проф. Н. Савицкого. Днепро : ФЛП Обласов В. А., 2020. 259 с. URL: <http://srd.pgasa.dp.ua:8080/xmlui/handle/123456789/6237>
28. Бондаренко О. И., Демидова Д. В. Экологизация городской среды. *Строительство, материаловедение, машиностроение*. Вып. 68. 2013. С. 74–81.
29. Гейл Єн Міста для людей. Київ : КЕНЕКШЕНС, 2018. с. 304.
30. Бондаренко О. І. Особливості архітектурного формоутворення енергоефективних багатоповерхових будівель. *Український журнал будівництва та архітектури*. № 3 (021), 2024. С. 75–83. URL: <http://srd.pgasa.dp.ua:8080/xmlui/handle/123456789/13491>. DOI: 10.30838/J.BPSACEA.2312.040624.75.1061.
31. Дідик В. В., Павлів А. П. Планування міст : навч. посіб. Львів : Видавництво Національного університету «Львівська політехніка», 2003. 412 с.

REFERENCES

1. DBN B.2.2-12:2019. *Planuvannya ta zabudova terytoriy* [DBN B.2.2-12:2019. Planning and development of territories]. Kyiv, 2019, 177 p. (in Ukrainian).
2. Bezlyubchenko O.S. *Planuvannya mist i transport : navchal'nyy posibnyk* [Urban planning and transport : a textbook]. Kharkiv : KhNAMG, 2006, 137 p. (in Ukrainian).
3. Bezlyubchenko O.S. *Planuvannya i blahoustriy mist : navch. posibnyk* [Planning and Urban Improvement : textbook]. Kharkiv : KhNAMG, 2011, 191 p. (in Ukrainian).
4. Martyshova L.S. *Osnovy mistobuduvannya : konspekt lektsiy dlya studentiv pershoho (bakalavrs'koho) rivnya vyshchoyi osvity 2 kursu dennoyi formy navchannya spetsial'nosti 191 – Arkhitektura ta mistobuduvannya* [Fundamentals of urban planning : lecture notes for students of the first (bachelor's) level of higher education, 2nd year of full-time study, specialty 191 – Architecture and Urban Planning]. Kharkiv : KhNUMG named after O.M. Beketov, 2021, 80 p. (in Ukrainian).
5. Ostrovsky V. *Sovremennoye gradostroitel'stvo* [Modern urban planning]. Translated from Polish. Ed. by V.V. Vladimirova. 1979, 539 p. (in Russian).
6. *Dnepropetrovsk. Arkhitektory N.P. Andrushchenko, M.E. Kavun, N.A. Lopatyuk i dr.* [Dnepropetrovsk. Architects N.P. Andrushchenko, M.E. Kavun, N.A. Lopatyuk and oth.]. Compiled by editor. N.N. Kondel-Perminovoy and oth. Kyiv : Publishing house A+S, 2006, 296 p. (in Russian).
7. *Stanovlennya suchasnogo stilyu mista Dnipro 1955–1969 rr.* [Formation of the modern style of the city of Dnipro 1955–1969]. URL: https://gorod.dp.ua/history/article_ua.php?article=68 (in Ukrainian).
8. *General'niy plan 1967 r.* [General plan of 1967]. URL: https://gorod.dp.ua/history/article_ua.php?article=68 (in Ukrainian).
9. *Slobozhans'kyi prospekt (pr. Pravdy). Za materialamy M. Kavuna* [Slobozhanskyi Avenue (Pravdy Avenue). Based on materials by M. Kavun]. URL: <https://www.gorod.dp.ua/micro/livo/?pageid=576> (in Ukrainian).
10. *Arkhitektura Dnipra. Novi zhytlovi masivy* [Architecture of the Dnipro. New residential areas]. URL: <https://uk.m.wikipedia.org/wiki/> (in Ukrainian).
11. *Pro novobudovy. Osnovni rayony budivnytstva v Dnipro* [About new buildings. Main areas of construction in the Dnipro]. URL: <https://pronovostroy.com.ua/ru/novostroyki-zhk-dnepr/> (in Ukrainian).
12. *Heneral'nyy plan rozvytku mista Dnipropetrovs'ka 2007 roku* [General Development Plan for the City of Dnipropetrovsk 2007]. Kyiv : Dipromisto, 2007. (in Ukrainian).
13. Herman V. *Heneral'nyy plan rozvytku mista Dnipropetrovs'ka do 2026 roku* [General Development Plan for the City of Dnipropetrovsk until 2026]. URL: <https://dniprorada.gov.ua/uk/articles/item/9178/generalnij-plan-rozvitku-mista-dnipropetrovska-do-2026-roku> (in Ukrainian).

14. *Mistobudivnyy dokument "Vnesennya zmin do heneral'noho planu rozvytku m. Dnipro"* [Urban planning document "Amendments to the General Development Plan for the City of Dnipro"]. Kyiv, 2019. (in Ukrainian).
15. *Vnesennya zmin do heneral'noho planu m. Dnipro (arkh. № 92647)* [Amendments to the General Plan for the City of Dnipro (arch. No. 92647)]. Kyiv : Dipromisto, 2024. URL: https://dniprorada.gov.ua/upload/editor/dnipro_2024_op.pdf (in Ukrainian).
16. *Istoriya zabudovy Dnipra. Za materialamy M. Kavuna* [History of the Dnieper Development. Based on materials by M. Kavun]. URL: <https://www.skyscrapercity.com/threads/История-забудови-Дніпра.1902746>. (in Ukrainian).
17. *Heniy mista. Pivnichni vorota Dnipropetrovs'ka* [The genius of the city. The Northern Gate of Dnipro]. URL: https://www.gorod.dp.ua/history/article_ua.php?article=135 (in Ukrainian).
18. *Misto po shmatochkakh. Manuylovs'kyy (Vorontsovs'kyy)* [The city in pieces. Manuylovsky (Vorontsovsky)]. URL: <https://www.gorod.dp.ua/micro/livo/?pageid=601> (in Ukrainian).
19. *Horod po shmatochkam. Zhytlovyy rayon "Peremoha"* [The city in pieces. The residential area "Peremoha"]. URL: <https://gorod.dp.ua/micro/mandrykivka/?pageid=533> (in Ukrainian).
20. *Zhytlovomu masivu v Dnipri – 50 rokiv* [The residential area in Dnipro is 50 years old]. URL: <https://gorod.dp.ua/news/185294> (in Ukrainian).
21. *S cheho nachynaet'sya «horod v horode» – zhylmasyv "Pobeda"* [What does the "town in the town" begin with – the "Pobeda" housing estate]. URL: <https://dp.informator.ua/ru/pazly-megapolisa-s-chego-nachinalsya-gorod-v-gorode-zhilmassiv-pobeda> (in Russian).
22. *Gorod po shmatochkam. Zhitloviy rayon "Topolya"* [Garden in pieces. "Topolya" residential district]. URL: <https://gorod.dp.ua/micro/pivden/?pageid=553> (in Ukrainian).
23. *Geniy mesta. Yuzhnaya vizitnaya kartochka* [Genius of the place. South business card]. URL: https://gorod.dp.ua/history/article_ua.php?article=170 (in Russian).
24. *Gorod po shmatochkam. Zhitloviy rayon "Sokil"* [Garden in pieces. Residential district "Sokil"]. URL: <https://gorod.dp.ua/micro/mandrykivka/?pageid=536> (in Ukrainian).
25. *Istoriya rayonov Dnepra : kak v nashem gorode poyavilsya "Sokol"* [History of Dnipro districts: how Sokol appeared in our city]. URL: <https://vesti.dp.ua/istoriya-rajonov-dnepra-kak-v-nashem-gorode-poyavilsya-sokol/> (in Russian).
26. Tonkogolosy E., Bondarenko O.I. *Aspekty transformatsiyi zhytlovoho rayonu v konteksti ekolohizatsiyi mis'koho seredovyshcha* [Aspects of the transformation of a residential area in the context of greening the urban environment]. *Nauka i stalyy rozvytok transportu 2024. T. I: zb. tez dop. Vseukr. nauk.-tekhn. konf. studentiv i molodykh uchenykh, Dnipro, 27 lystop. 2024 r.* [Science and sustainable development of transport 2024. T. I: collection of abstracts of the All-Ukrainian scientific and technical conference of students and young scientists, Dnipro, November 27, 2024]. Dnipro: UDUNT, 2024, pp. 178–179. URL: https://ipbt.ust.edu.ua/file/2_tom_1.pdf (in Ukrainian).
27. Savitsky N., Bolshakov V., Razumova O., Bondarenko O., Babenko M., Bordun M., Shevchenko T., Kotov N., Kulichenko N. and Sharina T. *Sovremennyye napravleniya ustoychivogo gradostroitel'stva : kollektivnaya monografiya pod obshch. red. d-ra tekhn. nauk, prof. N. Savitskogo* [Modern directions of sustainable urban development : collective monograph under the general editorship of Doctor of Technical Sciences, Professor N. Savitsky]. Dnipro : FLP Oblasov V.A., 2020, 259 p. URL: <http://srd.pgasa.dp.ua:8080/xmlui/handle/123456789/6237> (in Russian).
28. Bondarenko O.I. and Demydova D.V. *Ekologizatsiya gorodskoy sredy* [Ecologization of the city]. *Stroitel'stvo, materialovedeniye, mashinostroyeniye* [Construction, Materials Science, Machine Construction]. No. 68, 2013, pp. 74–81. (in Russian).
29. Gail Yen *Mista dlya lyudey* [Cities for people]. Kyiv, Ukraine : KENEKSHENS, 2018, p. 304. (in Ukrainian).
30. Bondarenko O.I. *Osoblyvosti arkhitekturnoho formoutvorenniya enerhoefektyvnykh bahatopoverkhovykh budivel'* [Features of architectural form formation of energy-efficient multi-storey buildings]. *Ukrayins'kyy zhurnal budivnytstva ta arkhitektury* [Ukrainian Journal of Civil Engineering and Architecture]. No. 3 (021), 2024, pp. 75–83. URL: <http://srd.pgasa.dp.ua:8080/xmlui/handle/123456789/13491>. DOI: 10.30838/J.BPSACEA.2312.040624.75.1061. (in Ukrainian).
31. Didyk V.V. and Pavliv A.P. *Planuvannya mist : navchal'nyy posibnyk* [Urban planning : textbook]. Lviv : Publishing house of the National University "Lviv Polytechnic", 2003, 412 p. (in Ukrainian).

Надійшла до редакції 10.04.2025.

УДК 711.11

DOI: 10.30838/UJCEA.2312.270425.60.1177

ТЕНДЕНЦІЇ ТРАНСФОРМАЦІЇ СЕЛІТЕБНИХ ТЕРИТОРІЙ ВЕЛИКИХ МІСТ НА СУЧАСНОМУ ЕТАПІ ІСТОРІЇ МІСТОБУДУВАННЯ

ВОРОБІЙОВ В. В.^{1*}, канд. арх., доц.,
ШИЛО О. С.², ст. викл.

^{1*} Кафедра архітектурного проєктування та містобудування, Український державний університет науки і технологій, ННІ «Придніпровська державна академія будівництва та архітектури», вул. Архітектора Олега Петрова, 24-а, 49005, Дніпро, Україна, тел. +38 (068) 424-98-19, e-mail: vivavo151151@gmail.com, ORCID ID: 0000-0003-1539-3196

² Кафедра архітектурного проєктування та містобудування, Український державний університет науки і технологій, ННІ «Придніпровська державна академія будівництва та архітектури», вул. Архітектора Олега Петрова, 24-а, 49005, Дніпро, Україна, тел. +38 (098) 212-48-80, e-mail: olgashilo2016@gmail.com, ORCID ID: 0000-0002-9869-5474

Анотація. Постановка проблеми. Кінець XX – перша чверть XXI століття виявилися пов'язаними на планеті з глобальними кризами в економіці і політиці, в соціальних процесах і демографії, в науці і в світоглядних парадигмах, в психосфері, в природі, в регіональних і планетарних екосистемах, в інженерно-технічних сферах, в архітектурі та у містобудуванні, а також у багатьох інших проявах фізичного світу. На філософському рівні сама ідея дуальності та інших моделей багатополлярності світоустрою потрапила під вогонь критики вчених, політиків, економістів, теологів, атеїстів. Загальноприйняті народами норми та правила життя стали руйнуватися. Гнозис як такий знову, як було в історії не раз, вибухнув. Це усвідомлюється всіма, хто мислить критично та конструктивно. Люди, які живуть у резонансі з часом і простором, давно шукають вихід із проблем, що виникли. Він має пряме відношення і до містобудування. Через відсутність робіт, які узагальнюють і аналізують зміни, що відбуваються, пропонують методики виходу з ілюзії «безвихідності» і «безвиході», міста стали перетворюватися на «театри помилок» і «п'єси творчих глухих кутів». Це видно і на глобальному, і на національних, і на регіональних рівнях, а також в масштабах окремих великих міст. Серед яких і Дніпро. Об'єктивні та суб'єктивні погляди на міста знову зазнають трансформацій. У тому числі – своїх селітебних функціональних зон. **Мета статті** – розкрити підходи до трансформації селітебних територій міст на сучасному етапі містобудівної історії.

Ключові слова: трансформація; селітебні території; міста; містобудування; сучасний етап історії

TRENDS IN THE TRANSFORMATION OF RURAL TERRITORIES OF LARGE CITIES AT THE MODERN STAGE OF THE HISTORY OF URBAN PLANNING

VOROBIOV V.V.^{1*}, Cand. Sc. (Arch.), Assoc. Prof.,
SHYLO O.S.², Ass. of Prof.

^{1*} Department of Architectural Design and Urban Planning, Ukrainian State University of Science and Technologies, ESI "Prydniprovsk State Academy of Civil Engineering and Architecture", 24-a, Architect Oleh Petrov St., Dnipro, 49005, Ukraine, tel. +38 (068) 424-98-19, e-mail: vivavo151151@gmail.com, ORCID ID: 0000-0003-1539-3196

² Department of Architectural Design and Urban Planning, Ukrainian State University of Science and Technologies, ESI "Prydniprovsk State Academy of Civil Engineering and Architecture", 24-a, Architect Oleh Petrov St., Dnipro, 49005, Ukraine, tel. +38 (098) 212-48-80, e-mail: olgashilo2016@gmail.com, ORCID ID: 0000-0002-9869-5474

Abstract. Problem statement. The end of the 20th – the first quarter of the 21st century turned out to be associated on the planet with global crises in economics and politics, in social processes and demography, in science and in worldview paradigms, in the psychosphere, in nature, in regional and planetary ecosystems, in engineering and technical spheres, in architecture and urban planning, as well as in many other manifestations of the physical world. On a philosophical level, the very idea of duality and other models of multipolarity of the world order came under fire from scientists, politicians, economists, theologians, and atheists. The norms and rules of life generally accepted by peoples began to collapse. Gnosis as such has exploded again, as it has happened many times in history. This is realized by everyone who thinks critically and constructively. People who live in resonance with time and space have long been looking for a way out of the problems that have arisen. In every field of knowledge, the search has its own nuance and is conducted according to its own rules, which in many positions cease to work. Everything changes. History once again

puts on the agenda its eternal question: what to do? It is also directly related to urban planning. Due to the lack of works that summarize and analyze the changes taking place, offer methods for overcoming the illusion of “hopelessness”, cities have begun to turn into “theaters of errors” and “plays of creative dead ends”. It is also directly related to urban planning. Due to the lack of works that summarize and analyze the changes taking place, offer methods for overcoming the illusion of “hopelessness” and “hopelessness”, cities have begun to turn into “theaters of errors” and “plays of creative dead ends”. This is visible at the global, national, and regional levels, as well as on the scale of individual large cities. Among them is Dnipro. Objective and subjective views on cities are again undergoing transformations. Including their residential functional zones. **The purpose of the article** is to reveal approaches to the transformation of residential areas of cities at the modern stage of urban planning history.

Keywords: transformation; residential areas; cities; urban planning; modern stage of history

«Ви любите місто не за його сім чи сімдесят сім чудес, але за те, що у нього є відповідь на ваше особливе запитання» (Італо Кальвіно, відомий італійський письменник XX століття)

«Найчудесніше місто – те, де людина щаслива» (Еріх Марія Ремарк, відомий німецький письменник XX ст.)

«Місто – це проекція сенсів Космосу на Землю» (Давній афоризм)

Постановка проблеми. Станом на 2024–2025 рік ні в Україні, ні стосовно до умов міста Дніпро не проводилися дослідження тенденцій трансформації селитебних територій найбільших міст.

Про це свідчить аналіз законодавчих документів України з даної тематики, аналіз вітчизняних та зарубіжних публікацій з архітектурно-містобудівної проблематики, огляд проектів генеральних планів міст, представлених в Інтернеті, матеріали вітчизняних та міжнародних архітектурно-містобудівних конкурсів, бієнале та міжнародних ділових ігор щодо вирішення архітектурно-містобудівних аспектів трансформації міст, реконструкції міст.

Різниця між змістом термінів «реконструкція» та «трансформація» досить велика, хоча у спеціальній літературі обидва терміни часто розглядаються як синоніми. Але це помилка.

Трансформація міста спирається на процеси зміни в динаміці (циклічній оборотності) та еволюції економіки та соціуму, на міграційні процеси населення, а також на показники його стагнації та інволюції. А далі – на вимоги перегляду міської інфраструктури та принципів землекористування, що впливають звідси.

У той час як реконструкція міста працює тільки з припасуванням параметрів функціонально-планувальної структури генерального плану міста під ті критерії, які і створює теорія трансформації міста. Тобто

трансформація міста – це його стратегія. А реконструкція – його тактика.

Трансформація міста в чомусь ближче не до реконструкції міста, а до урбаністики та урбанізації міста. Ближче через те, що трансформація вирішує завдання підвищення (переведення) функціональності в мультифункціональність, підвищує життєстійкість міста з його соціумом, що швидко змінюється. У той час як реконструкція міста зберігає ідею функціональних зон міста, що записано у відповідних будівельних нормах та правилах, завдяки чому завжди відстає від часу. Будь-який ДБН спочатку відстає від часу. Трансформація міста – це область знань, спрямована на створення такої схеми генерального плану, яка по суті припинить свій колишній вигляд і постане у вигляді системи, що постійно змінюється. Трансформація, на відміну від реконструкції, що завжди відстає від часу, вперше в історії містобудування береться превратити місто в об'єктивно придатну для життя людей, структуру з економічно вигідними і процвітаючими житловими районами.

У літературі іноді зустрічається ще одна плутанина: вважають адекватними поняття «міське оновлення» та «трансформація міста». Міське оновлення – це лише фізичне оновлення та модернізація міської інфраструктури. У той час, як трансформація міста дає максимально

комплексний підхід. Трансформація виходить за рамки косметичних змін та інтегрує соціальну участь, економічну стійкість та екологічні фактори у процеси містобудування та розвитку, покращуючи добробут суспільства, підтримуючи соціальну справедливість та забезпечуючи довгострокову стійкість міст. Трансформація міста глибоко зачіпає соціальну динаміку та економічне процвітання в міських спільнотах завдяки використанню не тільки оновлення територій, що погано використовуються, модернізації та реконструкції міста, а й переходу на безперервно змінюваний поліфункційної, що екологічно трансформується буквально за дні структури міського міста, чого в загальноприйнятій теорії містобудування не існує.

Таким чином, з питань трансформації публікації хоч і з'являються, але вони описують малими тематичними блоками, не в повному обсязі, не в потрібній повні. Не прив'язуючись, наприклад, до умов міст з різною чисельністю населення та враховуючи швидкі зміни природно-кліматичних умов та самої людини як біологічного виду. Ідея трансформації міст почала витіснити давно відпрацьовані в теорії та практиці, вужчі за своїми можливостями, питання реконструкції міст. Трансформація також використовує нові досягнення науки та техніки в галузі екологізації та екологічності міст (ці трієми діаметрально протилежні за своєю суттю), смартизації, впровадження нових транспортних систем, нових принципів організації системи обслуговування, озеленення, змін масштабів забудови та інших факторів.

Вона використовує цей арсенал, створюючи більш глибокі та масштабні наслідки щодо відхилення до реконструкції.

Мета даного дослідження полягає в тому, щоб виявити тенденції трансформації селітебних територій великих міст європейських країн на сучасному етапі (ідеї, концепції, аспекти, практики).

Завдання дослідження:

- виявити ідеї трансформації найбільших міст у країні та за кордоном;

- сформулювати на базі виявлених ідей архітектурно-містобудівні аспекти концепцій трансформації найбільших міст;

- проаналізувати роль архітектурно-містобудівних аспектів у процесах трансформації міст;

- проаналізувати практики використання архітектурно-містобудівних аспектів трансформації найбільших міст.

Аналіз публікацій. За останні десятиліття в Україні не було опубліковано жодного підручника або навчального посібника, який би розглядав питання міського будівництва та господарства в інтегрованому міждисциплінарному виданні. А ті роботи, які здаються виконаними з позиції інтегрального підходу, при уважному аналізі елементи інтегральності показують фрагментарно, не повно, а багато позицій, обов'язкових в інтегральній схемі, не висвітлюють взагалі [6; 8; 9]. На полицях книжкових магазинів та в інтернеті рідкісні екземпляри серйозних вітчизняних монографій у сфері містобудівництва все частіше замінюються перекладними описовими виданнями сумнівної наукової цінності.

Питання трансформації міст України на сучасному етапі містобудування станом на 2025 рік системно не описано. Є лише книги та окремі статті щодо приватних підходів до цієї проблематики, що охоплюють лише деякі, не завжди ключові питання, та й то не в повному обсязі. У тому числі питання обліку регіональних особливостей. Це створило методологічний вакуум і невизначеність у цьому напрямі знань [1; 9; 13].

Система поглядів, викладена у цих та інших роботах, встигла досить відчутно відстати від викликів після 2020 року. Теоретики не провели необхідні масштабні дослідження, що спираються на нову статистику та нові досягнення у галузі наукового розуміння нашого світу. Хоча фахівці Західного Світу багато аспектів змін Світу вже описали, причому ще в минулі двадцять років, зокрема, Е. Тоффлер [17].

Наголосимо: наукова інформація з цих питань застаріває тепер кожні 3–4 роки. Тобто швидко стає неактуальною. Але вона не вивчається вітчизняними архітекторами.

Процес відновлення українських міст із залученням закордонних фінансових програм допомоги, що розпочався невдовзі після звільнення цих територій від окупантів, триває без наукового обґрунтування. Поки що є лише застарілі роботи, які не торкаються проблем трансформації міст у період з 2020 по 2025 роки. В основу таких програм покладено лише фінансові інтереси зарубіжних кампаній партнерів та їх сателітів із приблизно тридцяти країн світу, які розділили територію України на зони своєї відповідальності за ведення нового будівництва на основі своїх напрацювань, які поки що ніяк не враховують загальноприйняті теоретичні та інші особливості України, що забезпечують її національну автентичність.

Немає чіткого уявлення про якусь національну програму, яка розкриває загальну ідею, ідеологію та систему контролю за цим процесом. Є тільки окремі локальні пропозиції. Це спонукає до необхідності поглибленого дослідження шляхів трансформації вітчизняних міст, зокрема – Дніпра. Незважаючи на те, що війну поки що не закінчено, розробляти модель трансформації Дніпра треба вже зараз.

Методики трансформації міст у країнах Західної Європи та в інших регіонах планети описані фрагментарно та продовжують поповнюватися все новими та новими, теж фрагментарними, досягненнями у цій сфері. Комплексності та повноти підходів в них теж немає. Вони базуються насамперед на економічних та політичних умовах, які специфічні в кожній з цих країн [12; 16; 19]. Однак, незважаючи на відмінності умов у закордонному містобудівному просторі та в Україні, окремі методики та інженерно-технічні знахідки у зарубіжних підходах все ж таки можна адаптувати для проектування

трансформаційних процесів у містах України.

Результати дослідження. Для виявлення підходів до подальшої трансформації будь-якого міста необхідно визначити інформацію з таких питань:

- з питань розробки критеріальної бази та системи показників, необхідних для підбору, дослідження та отримання результатів з питань трансформації міст у сучасних економічних, демографічних, військово-політичних, природно-кліматичних, екологічних, інженерно-технологічних та всіх супутніх реаліях життя населення;

- з питань проведення перед пректного аналізу всіх актуалізованих у попередньому пункті факторів з їхньою подальшою тематичною деталізацією щодо кожного з факторів та групи критеріїв, пов'язаних з ними, в тому числі:

- з питань трансформації історико-генетичних фаз міста, властивих різним періодам його історії з метою виявлення морфологічних та інших закономірностей його змін;

- з питань трансформації соціальних аспектів містобудування (для розуміння якісних та кількісних параметрів змін міського населення та особливостей його розподілу територією міста);

- з питань трансформації економічної структури міста, включаючи її зв'язок з містоутворюючими підприємствами та об'єктами системи обслуговування населення (для розробки концепції трансформації діючих виробництв, розміщення нових промислових та обслуговуючих об'єктів, їх людськості, зв'язку з селищними утвореннями різних типів, з транспортною та іншими інфраструктурами міста);

- з питань трансформації природно-кліматичних умов у місті та навколо нього, включаючи:

1. трансформації морфологічної та функціональної специфіки динамічних (оборотних) та еволюційних (незворотних у рамках тривалих періодів часу) змін у топологічній структурі ландшафтів (фізико-

географічних районів з ієрархією таксонів та сітчастоподібних планогам схилових та вертикальних зв'язків між ними);

2. трансформації всіх видів динаміки та еволюції вертикальної, горизонтальної та інших видів структур екосистем у матриці фізико-географічних районів (для визначення потенціалу містобудівного навантаження на всі види осередків у просторі з позиції встановлення величини у плані та поверховості по вертикалі будівель та споруд, щільності їх розміщення на територіях, щільності та конфігурації вуличної мережі та інших антропогенних структур міста – з метою визначення номенклатури типів об'єктів, що трансформуються і знову будуються;

- з питань формування поняття «душа міста у період його трансформації»;

- з питань визначення стратегії трансформації планувальної структури міста (включаючи стратегію реагування на мирний та спокійний час, та стратегію реагування на можливі виклики часу;

- військові, економічні, політичні, екологічні та інші, з якими пов'язані нові уявлення про підходи до генерального плану та його окремих елементів (кожна з цих двох стратегій передбачає свої правила розміщення та параметри планувальних елементів генерального плану);

- з питань визначення нових планувальних підходів до трансформації генерального плану Дніпра на основі стратегії його розвитку;

- з питань визначення шляхів трансформації інженерно-технічної та інших інфраструктур міста;

- з питань трансформації супутніх аспектів функціонування міста (у тому числі – в галузі візуального сприйняття міста, в галузі архітектурно-містобудівної семантики, в галузі урбаністики, в інших сферах життя міста).

З огляду на постійно змінюваних військово-політичних, соціально-економічних, екологічних та інших чинних нині обставин в Україні, пов'язаних, у свою чергу, з транснаціональними та глобальними процесами, значна частина

необхідної для дослідження даних або відсутня, або має закритий характер, або опублікована в короткому і неповному обсязі, що змушує ввести рамки дослідження з заявленої теми.

Це, у свою чергу, дозволяє говорити лише про концептуальні можливості отримання результатів з одних питань, і про гіпотетичні – з інших. Тобто це дослідження орієнтоване на отримання постановочно-стратегічних, а не прикладних тактичних результатів. Що, у свою чергу, дозволяє говорити лише про концептуальні можливості отримання результатів з одних питань, і про гіпотетичні – з інших. Тобто справжнє дослідження орієнтоване на отримання постановочно-стратегічних, а не прикладних тактичних результатів. Воно показує, як змінилися уявлення про місто, і як тепер його потрібно дослідити для отримання виходів на практику в майбутньому.

Розглянемо перелічені пункти з різним ступенем концептуального занурення у їх внутрішній зміст.

1. Критеріальна база та системи показників, необхідних для підбору, дослідження та отримання результатів з питань трансформації міст у сучасних економічних, соціально-демографічних, військово-політичних, природно-кліматичних, екологічних, інженерно-технічних та всіх супутніх реаліях життя населення.

Критеріальна база повинна включати такі якісні та кількісні показники:

- показники трансформації економічної структури міста на розрахунковий період, що впливають на щорічний бюджет міста, статті його витрат на програми підтримки та розвитку архітектурних, містобудівних та інженерно-технічних систем життєзабезпечення конкретного міста; визначення меж можливостей фінансування актуалізованих на конкретний момент історії архітектурно-містобудівних процесів у життєдіяльності конкретного міста; показники участі міста у регіональній, національній та транснаціональній

економіці з відрахуваннями на розвиток конкретного міста;

- показники змін до соціально-демографічної структури населення (з розрахунком змін у загальній чисельності населення конкретного міста, чисельності окремих категорій мешканців міста, з показниками статеві-вікової структури населення міста; з розрахунком типів та структури сімей, розрахунків тривалості життя, ймовірного числа народжень та смертей, розрахунків показників щодо змін пропорцій між працюючою частиною населення та населення у стані тимчасової непрацездатності через хвороби або інші причини; потреби у загальній кількості типів житлових будинків та їх площі загалом, і навіть кожної соціальної групи населення зокрема; з розрахунком щільності розміщення населення біля конкретного міста (з розрахунком потреби у території всім типів соціальних груп населення конкретного міста); із ймовірним розрахунком змін у національних групах населення на території конкретного міста з визначенням можливих (за бажанням людей) локацій їх громад у структурі генерального плану міста;

- показники змін у військово-політичних аспектах життя міста (імовірнісні прогнози військово-політичних трансформацій у країні, регіоні та місті, що визначають переміщення населення, лінію бойових зіткнень та смугу її впливів; руйнування та інші зміни у кількості та статусі сільських поселень та міста – їх адміністративного та економічного центру; прогноз показників перетворення місцевості на бelligеративні ландшафти; розрахунки можливих алгоритмів відродження звільнених територій; випереджувальні розрахунки великих і малих циклів повторюваність військово-політичних вторгнень у майбутнє; показники заходів, які забезпечують усі види готовності міста до можливих змін військово-політичних аспектів імовірнісних етапів сценарію майбутнього);

- показники змін у природно-кліматичних умовах регіону та країни в цілому, що перебудовують матриці

диференціації території за їх властивостями та якостями, сітки взаємозв'язків між осередками матриці, нові показники адаптивності та критичності (граничної допустимості) антропогенного (архітектурно-містобудівного) вторгнення (навантаження) на кожен структурну частину з осередків із розрахунком наслідків; розрахунки морфологічного перебудови сітки меж таксонів внутрішньоландшафтної топології у зв'язку з комплексом змін, викликаних зміною астропланетарних умов існування планети, що ведуть до продовження змін ендегенних, екзогенних та антропогенних процесів та явищ у регіоні та на території конкретного міста; показників адаптивності змінених і продовжуваних змінюваних властивостей осередків та їх урбо-ландшафтної ємності для визначення ареалів розміщення та фізичних параметрів нової забудови та трансформації забудови, що склалася раніше; показників змін, а також виникнення нових смугових та майданних векторів руху речовини, енергії інформації та імпульсу в орографічній морфології місцевості, на якій трансформується конкретне місто, що визначають оптимальні функціонально-планувальні навантаження та її геометричні параметри, послідовність фізичного розташування та облік ступеня агресивності містобудівних елементів, що трансформуються, стосовно ландшафтів у структурі конкретного міста; визначення показників трансформації природних ландшафтів, у тому числі – в антропогенізованих та антропогенних ландшафтів нового, сибіотичного, а не антагоністичного природи типу; розрахунок механізмів управління всіма видами нової об'єктивної трансформації природно-територіальних комплексів, що знову виникають;

- показники змін у структурі та територіальних планаграмах сіток кордонів між екологічними системами всіх ієрархічних типів; розрахунок параметрів впровадження антропогенних елементів у кожен вид осередків екосистем кожного ієрархічного рівня за трьома моделями:

моделі збереження екосистемних осередків у функціонально-планувальній структурі міста; моделі антропогенізації екосистемних осередків у функціонально-планувальній структурі міста; моделі повної трансформації природних (зональних) екосистем в антропогенні (азональні) екосистеми як життєзабезпечені підсистеми у функціонально-планувальній та об'ємно-просторовій структурі міста;

- показники трансформації інженерно-технологічних та інженерно-технічних інфраструктур міста як систем, що змінюються під впливом змін природно-кліматичних, екологічних та інших вище перерахованих систем, а також у зв'язку з новими науково-технічними та технологічними досягненнями та відкриттями у цих галузях знань;

- показники застосування нових розробок в умовах перманентних змін, що продовжуються, всіх функціональних і структурно-планувальних елементів у генеральному плані конкретного міста;

- показники проектних рішень кожної інженерно-технічної та інженерно-технологічної системи, що змінюється, стосовно топологічних осередків території у складі генерального плану міста;

- показники всіх супутніх реалій життя населення, які пов'язані з необхідністю епізодичної корекції вище перерахованих підходів у зв'язку з їхньою слабкою вивченістю з одного боку, у зв'язку з трансформацією людського організму через зміни властивостей простору і часу, викликаних зміною астропланетарних умов існування планети і включення нових енергоінформаційних циклів їх впливу на земне життя, що викликають в організмі кожної людини і всіх форм життя на планеті в цілому принципово нові види просторово-тимчасових рефлексій, потреб у нових типах простору, у трансформації міста як нового зв'язкового елемента між Землею та космосом на основі нових потреб життєвих форм, що мешкають у ньому.

Підходи до структури передпроектного аналізу актуалізованих факторів з їх наступною тематичною деталізацією щодо

кожного з факторів та групи критеріїв, пов'язаних з ними – величезна робота. У тому числі – з питань трансформації історико-генетичних етапів життя міста та його селітебної території, властивих різним періодам його історії з метою виявлення морфологічних та інших закономірностей його змін [9; 14].

У генералізованому вигляді історико-генетичний ряд змін функціональної та планувальної структури міста завжди пов'язаний з його віком та історичними особливостями регіону, у структурі кожного історичного циклу. Що, чомусь, не беруть до уваги українські дослідники. Цикли визначають стратегію формування міст у конкретних природно-кліматичних, природно-ресурсних, антропологічних, соціально-демографічних, економічних, військово-політичних, інженерно-технологічних, інженерно-технічних, національно-культурологічних та релігійних системах.

Структура циклів багат шарова. Актуалізація кількості циклів теж змінюється в часі, але вже за своїми, більшими за протяжністю астропланетарними циклами. Кожен цикл працює у своєму наборі частот електромагнітного спектра простору. Кожна група частот, що домінують у конкретному циклі, через хвильові енергетичні резонанси, що діють у природі, між усіма наповнювачами простору, активізує в людях свій набір потреб, свій набір геометричних типів просторів і типів будівель, що задовольняють цим запитам. А також свій підхід до масштаба, типу симетрії та інших морфологічних параметрів елементів планувальної структури міста та його окремих типів будівель. Знаючи правила математичного розрахунку всіх перерахованих резонансних зв'язків між геометрією форм і людиною, а також іншими формами життя у місті (включаючи рослинний), можна прогнозувати подальші кроки у розвитку міста. Між тимчасовими «шарами» циклів існує модульна ієрархічна підпорядкованість, що веде до формування способів життя. Зміни способів життя

утворюють цикли криз у м'якій або жорсткій (силовій, військовій) формі, що ведуть до зміни підходів до питань взаємодії городян зі своїм конкретним типом міста. Зміни способів життя завжди пов'язані з переглядом функціонально-планувальної структури конкретного міста, а також міст усього регіону, який, у свою чергу, залежить від процесів у державі та на міжнародному рівні.

На базі циклів потрібні показники змін у структурі та територіальних планах сіток кордонів між екологічними системами всіх ієрархічних типів; розрахунок параметрів впровадження антропогенних елементів у кожен вид осередків екосистем кожного ієрархічного рівня за трьома моделями: моделі збереження екосистемних осередків у функціонально-планувальній структурі міста; моделі антропогенізації екосистемних осередків у функціонально-планувальній структурі міста; та моделі повної трансформації природних (зональних) екосистем в антропогенні (азональні) екосистеми як життєзабезпечені підсистеми у функціонально-планувальній та об'ємно-просторовій структурі міста;

Потрібні також показники трансформації інженерно-технологічних та інженерно-технічних інфраструктур міста як систем, що змінюються під впливом змін природно-кліматичних, екологічних та інших вище перерахованих систем, а також у зв'язку з новими науково-технічними та технологічними досягненнями та відкриттями у цих галузях знань; показники застосування нових розробок в умовах перманентних змін, що продовжуються, всіх функціональних і структурно-планувальних елементів у генеральному плані конкретного міста; показники проектних рішень кожної інженерно-технічної та інженерно-технологічної системи, що змінюється, стосовно топологічних осередків території у складі генерального плану міста. Публікації з цих питань показують, що знання такого роду теж пішли вперед і вимагають суттєвих корекцій колишніх поглядів.

Потрібні ще показники всіх супутніх реалій життя населення, які пов'язані з

необхідністю епізодичної корекції вище перерахованих підходів у зв'язку з їхньою слабкою вивченістю з одного боку, у зв'язку з трансформацією людського організму через зміни властивостей простору і часу, викликаних зміною астропланетарних умов існування планети і включення нових енергоінформаційних циклів їх впливу на земне життя, що викликають в організмі кожної людини і всіх форм життя на планеті в цілому принципово нові види просторово-тимчасових рефлексій, потреб у нових типах простору, у трансформації міста як нового зв'язкового елемента між Землею та космосом на основі нових потреб життєвих форм, що мешкають у ньому.

Цикли визначають стратегію формування міст у конкретних природно-кліматичних, природно-ресурсних, антропологічних, соціально-демографічних, економічних, військово-політичних, інженерно-технологічних, інженерно-технічних, національно-культурологічних та релігійних системах.

У зв'язку з орієнтацією теми цього дослідження на селітебну територію, в історії Катеринослава – Дніпропетровська – Дніпра існувало кілька етапів трансформації архітектури та функціонально-планувальної структури його житлової забудови, які підлягають переосмисленню з позиції тих змін у природі, суспільстві, економіці, технологіях та в інших сферах, які Україна переживає нині.

У просторі сучасного міста Дніпро, як і будь-якого іншого міста, одним із ключових моментів, що впливають на його подальшу трансформацію, є трансформація поняття «душа міста» та «дух міста», укладений у цій душі, а також поняття «генетичний код міста» («планувально-генетичний код міста»).

Функціонально-планувальна структура будь-якого новоствореного міста завжди пов'язана з фізичними та трансцендентними властивостями світу, що існує в заданому циклі астропланетарних проєкцій екзогенних сил на конкретну географічну точку на поверхні Землі, та рефлексій на них з боку матриць підземних, наземних та надземних сил ендегенного

генези та антропогенного характеру. Сумарно вони генерують адекватні для цього періоду часу та географічного простору рефлексії життя людини інших живих організмів, закладають параметри умов для проживання. Тобто формують плановий малюнок регіональної системи населених місць та місць розташування економічно значущих природно-сировинних ресурсів, кліматичних, гідрографічних та орографічних умов, а також із внутрішньо-та зовнішньополітичними та іншими процесами в країні. Кожне місто як антропогенний ресурс для соціуму теж змінюється.

Всі вони по відношенню до нашого міста в загальних рисах, без розкриття великої групи факторів і процесів, що змінюються, описані в регіональній науково-публіцистичній або науковій літературі. І майже не торкнулися літератури вищого статусу.

Виникає РІЗНОМАНІТТЯ АРХІТЕКТУРНО-МІСТОБУДІВНИХ КОНЦЕПЦІЙ ЗАБУДОВИ СЕЛІТЕБНИХ ТЕРИТОРІЙ НАЙБЛИЖЧОГО МАЙБУТНЬОГО, ЩО ПОСТІЙНО ТРАНСФОРМУЮТЬСЯ [16].

Як все це вплине на трансформацію уявлень про архітектуру житлових будинків та селітебних територій найбільших міст загалом? Вплине новими метаморфозами у містобудівній парадигмі тієї чи іншої держави. Постійно змінюється технологічні, економічні, політичні, культурологічні та багато інших сучасних парадигм організації найбільшого міста. Причому частота їхньої зміни починає прив'язуватися до графіка геометричної прогресії. Тобто умовний консерватизм міської забудови (нечаста імплантація в неї нових будівель і рідкісні роботи по реконструкції будинків) потроху починають замінюватися динамічним містом, що швидко змінюється, у просторі якого формуються принципово нові закони планувального та тривимірного формоутворення будівель та забудови з них. Закони, яких раніше людська цивілізація ще бачила. Вони виникають на тлі ще одного процесу, що швидко протікає – стрімкої

зміни клімату на планеті, його аридизація. Тобто він стає дедалі спекотнішим.

Але в теорії створення антропогенних ландшафтів сельбищної та інших територій міст це не враховують. Тобто проектують системи не адекватні змінам [10; 20].

Усі трансформації у соціальній сфері, які тривають нині, протягом XXI століття проведуть землян через нові моделі суспільства. Як вважають західні експерти, кінець XX століття показав готовність переходу людства до безкласового суспільства, для якого будуть потрібні принципово інші підходи до містобудування.

Фактором трансформації підходів до архітектурно-містобудівного перетворення сельбищних територій найбільших міста відноситься також явище зміни потреб до середовища, що виникає у людей, що належать до різних поколінь. У науковій літературі їх назвали поколіннями X, Y, Z та A (альфа). Генетично їх виникнення пов'язане із впливом космічних факторів.

У спеціальній літературі є опис більш глибинних процесів диференціації населення міст з позиції астропланетарних впливів. Він включає врахування змін характеристик щільності речовини фізичних тіл людей. Ці показники ведуть до розущільнення тканин і виникнення в них багатодіапазонних сприйняття світу в більш високих частотах по відношенню до тих, хто народжений раніше. Замість п'яти органів чуття у нових людях прокидаються додаткові органи, і з кожним поколінням їх стає дедалі більше. Вже є люди, які мають 15 та 20 органів чуття. Це означає, що планета заселяється іншим людством. І міста колишнього людства для них не будуть потрібні [7].

Генезис появи незвичайних поколінь пов'язані з тим, що Сонячна система у процесі свого руху на галактичному рукаві Оріона-Лебедя робить перехід у нові космічні сектори, частотні діапазони випромінювань космосу у яких різко інші стосовно колишніх секторів галактики. Нові частоти змушують інакше реагувати на них генетику людини та її польову структуру.

Змінюються діапазони комфортності людини. У тому числі – комфортності в просторах селітебної зони міста. Що автоматично змінює рефлексії кожного з новонароджених поколінь на геометричні абрис, розміри, орієнтацію у просторі, симетрію та асиметрію цих форм, розмірності та геометричні абрис просторів між геометричними формами будівель, колористичний режим середовища, крупність і малорозмірність геометричних форм – і будівель, і просторів між ними, на психоемоційні реакції на нові форми у людей, на приховані постійні мікромоторні реакції на геометричні форми будівель в опорно-руховому апараті людини, на потреби у функціональному заповненні геометричних форм будівель в залежності від цілого ряду частот випромінювань, що виникають тепер у нових діапазонах усередині селітебної зони; на інші. Місто повинне бути адекватним цим процесам.

Строго кажучи, в сучасних публікаціях є опис питань про сприйняття архітектурного середовища людиною [2; 15]. Однак вони теж застаріли через те, що протягом попередніх кількох років розкрито нові процеси та особливості сприйняття простору міста. Вони стосуються всіх якостей архітектури та містобудування – від їхнього історизму до пошуку нових підходів [18].

Потрібно виявляти нові траки рефлексій людей у просторі міст, а також нові рефлексії моделей сімей, які створюють та будуть створювати далі покоління X, Y, Z та A. Авторами теорії поколінь є два американські дослідники – Нейл Хоу та Вільям Штраус.

Оцінка особливостей кожного з нових поколінь у науковій літературі не є однозначною. Вона залежить від погляду конкретного дослідника. У публікаціях часто спостерігається вузькопрофільний підхід вчених до цього питання. В результаті багато інших, таких же важливих якостей нових поколінь просто ігноруються. Що веде до некоректних висновків.

Апологетами суспільства споживання вже зараз визнається, що людству загрожує занепад особистої та державної моралі, що виявляється вже зараз у глибокому розпаді в багатьох країнах основних ідеалів права і законності, у споживчому егоїзмі, у загальному зростанні кримінальних тенденцій, у націоналістичному та політичному тероризмі, що став міжнародним лихом, у руйнівному поширенні алкоголізму та наркоманії.

У викликах, що склалися, з'являються, все-таки і здорові пропозиції. Вони засновані на тому, що необхідно переглянути модель існування людини на Землі в цілому. У доповіді ПРООН у цьому контексті розглядаються три умови, необхідні для започаткування процесу позитивної трансформації: масштабне впровадження рішень, орієнтованих на природу; переорієнтування систем державної та фінансової підтримки; зміна соціальних норм. Ключовим висновком Доповіді є те, що головним бар'єром на шляху трансформацій та подальшого людського розвитку залишається нерівність як усередині країн, так і між ними. Існуюча нерівність між людьми є як причиною, так і наслідком того тиску, який ми чинимо на планету [12].

Багато фахівців вивчають технічні аспекти розвитку західноєвропейської цивілізації. Їхні висновки критичні: повна заміна ручної праці роботизованою; поява штучного інтелекту в усіх сферах життя (люди стануть непотрібними; буде введено заборону на репродукцію дітей; припинення розвитку родових ліній переважної більшості людей; перехід еліти на інший вид; захоплення влади штучним інтелектом, інші зміни); а також зникнення суверенних держав та управління Землею світовим урядом.

Все це означає одне: за межами найближчих десятиліть, на які ми намагаємося прогнозувати шляхи трансформації найбільших міст, ставлення до міст зміниться. У такій кількості і в тих мінливих якостях, які можна відчувати зараз, вони не будуть потрібні. Мабуть,

відбудеться кардинальна зміна малюнка системи розселення людства планети.

У зв'язку із сказаним зрозуміло, чому в наукових публікаціях з'являються нові трактування поняття «стабільний розвиток». Тепер цей розвиток прагне інших цілей. У сфері сталого розвитку. Їх близько двох десятків. Для досягнення кожної мети потрібно вирішити щонайменше 9–10 завдань.

Якщо це вдасться зробити, це означатиме, на думку експертів, що виникне нова формула розвитку людської цивілізації. Ці ідеї нагадують те, що вже запропонували Ж. Фреско, М. Руденко, М. Мельник, І. Стольтенберг та інші автори.

У контексті досліджень різних явищ і процесів в архітектурі та містобудуванні це означає, що так званий історико-еволюційний підхід до розгляду генеральних планів міст та архітектури в цілому – хибний напрямок, в якому немає жодного сенсу, оскільки воно спирається на помилкові уявлення про фізичні процеси [4; 5]. Більше того, воно взагалі суперечить відомим законам фізики. Хоча історичний підхід до розвитку генпланів міст прийнятий чи не всіма як істина, яка не вимагає доказів – від студентів архітектурних факультетів до докторів архітектури.

Тому питання трансформації селітебних територій найбільших міст і в Західній Європі, і в Україні, зокрема – у місті Дніпро, треба підходити інакше. З позиції інших теорій. Таким чином, виникає питання: а поняття «МАЙБУТНЄ» з цих позицій – це тепер що? Термін «концепція майбутнього» – це про що [9; 19]?

Існують наукові публікації, які можна узагальнено назвати так: «коротка історія міст майбутнього», «історія майбутнього», «коротка історія майбутнього (світ у найближчі 50 років)» (наприклад, книга французького політика Жака Атталі). У полі зору уявлень про майбутнє, утопію, антиутопію, 3D – побут, 3D – місто, і навіть 3D – людина [5].

А також багато іншого, включаючи ту саму мобільність, про що згадано вище.

З метамодернізмом, з цифровим капіталізмом.

З висновків всесвітньо відомого вченого Джона Уррі випливає, що як такої науки, яка б займалася майбутнім, зокрема майбутнім архітектури та містобудування, немає. Отже, немає і принципу історичної приймальності етапів розвитку генеральних планів міст, про який написано багато книг. І про це розповідається студентам архітектурних факультетів.

Серед робіт про технологічні уклади, які безпосередньо визначають життя соціуму у найбільших містах – книга «Третя хвиля» футуролога Елвіна Тоффлера. Кожна технологічна хвиля (технологічна революція) породжує нову цивілізацію та нові концепції будівель, споруд та міст. Між хвилями завжди існує конфлікт, у якому майбутнього не видно.

Кожній цивілізації притаманний свій особливий світогляд, своя мораль, свій спосіб життя. Причому світогляд, принципи та інститути нової хвилі не виростають еволюційно з тих самих елементів ранньої хвилі, а формуються на основі свого унікального геному нової цивілізації. Це знову і знову говорить про те, що спадкоємність як ідея – хибна річ. Колізії хвиль носять не еволюційний, а революційний характер, а прихід нової хвилі пов'язаний з війнами, революціями та іншими потрясіннями. Третя хвиля принесла із собою нову інфосферу. Настала ера демасифікованих засобів інформації, яка вплине на те, як формується наше уявлення про навколишній світ.

Відповідно до теорії Е. Тоффлера, головною сировиною нової економіки стануть інформація та уява. За допомогою інформації та уяви буде знайдено заміну більшості невідновлюваних ресурсів сучасної цивілізації. У зв'язку з безпрецедентним зростанням значення інформації людство реструктурує освіту, перебудує науково-дослідні роботи та, головне, реорганізує систему комунікацій.

Експерти стверджують, що третя хвиля не є ні утопією, ні антиутопією. Вона пропонує позитивну та революційну

альтернативу майбутнього, яка, проте, лежить в межах реалістично досяжного. Що є практопія.

Є дослідники, які прийшли до складніших понять та уявлень. Включаючи уявлення про архітектуру та містобудування. Серед них – таке явище, як адаптивність людей до постіних, що йдуть без перерв, змін світу.

Проблема настільки складна, що про неї треба говорити всюди та голосно. Наприклад, чи можна мати теорію освіти, яка готує людей до майбутнього, що постійно змінюється? Чи можна дійти згоди з майбутнім, що постійно змінюється? Як має виглядати нова теорія адаптації?

Вільям Огберн у своїй теорії культурного відставання показав, як соціальний стрес виникає з нерівної швидкості змін, які створюються у різних секторах суспільства. Повинна існувати рівновага як між швидкістю змін у різних секторах, так і між швидкістю зміни оточення і обмеженою швидкістю людської реакції. Зараз же видно розрив між ними, що збільшується.

Раніше люди вивчали минуле, щоб зрозуміти сьогодення. Що було методологічною оманю. Зараз Вільям Огберн пропонує повернути дзеркало часу та зрозуміти, як образ майбутнього визначає наше сьогодення. Фактично цей автор свідомо чи мимоволі використовує теорію ментальних образів-афірмацій, щоб моделювати фізичне середовище. У тому числі – архітектурно-містобудівну. Це узгоджується з низкою сучасних теорій.

У деяких публікаціях стверджується, що еволюція (знову ідея з часом) стає мірою речів. У питаннях оцінки ставлення до концепцій трансформації селітебних територій найбільших міст це можна спробувати застосувати. Але питання – на якій методологічній основі? Серед таких спроб – опора на фрактальність фізичного світу. Його еволюція теж фрактальна! Це означає, що моделі «розвитку» (поділення на частини), а не «світку» (сполучення раніше розпавшихся частин в ціле) структури селищної території найбільшого

міста потрібно розглядати як матрицю планувально напружених силових ліній – фракталів, в яких потрібно (біфуркації) та точки злиття структурних напруг у генеральному плані найбільшого міста. І визначити, які з них переможуть. Що свідчить про те, що світ поливалентен. А планувальні структури генеральних планів завжди спираються на зони напруги процесів інтерференції енергій у фізичному світі.

Фрактальність еволюції генерального плану будь-якого міста робить його майбутнє непередбачуваним у принципі. Наука не знає законів незворотнього утворення фрактальних структур та їх розвитку. Прогнозу піддається лише розвиток еволюційних гілок між точками розгалуження.

Будь-який прогноз у містобудуванні та архітектурі має бути поліваріантним та передбачати кілька сценаріїв розвитку функціонально-планувальних подій. Фрактальність так званої архітектурної та містобудівної еволюції робить наше майбутнє хитким. Перебуваючи на одній із гілок еволюційного вузла, ми можемо не досягти успіху, а то й зовсім загинути, проте це не означає, що ми жили даремно.

Дедалі більше явищ у поведінці генеральних планів найбільших міст, у поведінці їх селітебних зон, поведінці механізмів подальшої трансформації селітебних зон призводять до інших залежностей. У тому числі – до залежностей на основі нелінійних функцій. Які потрібно вивчити стосовно Дніпра. Бо в них одна з відповідей на питання про трансформацію селітебних територій.

Все це підводить до того, що матриці розподілу соціальної структури мешканців найбільшого міста з точки зору визначення схем її впливу на функціонально-планувальну структуру найбільшого міста повинні вивчатися і з економічної точки зору, що створює палітру високих чи низьких платоспроможностей різних соціальних груп за житло. І, таким чином, формують карту розподілу різних типів житлових будинків з різними типами

квартир, різними типами кімнат у квартирі, різним трактуванням меблів, включаючи той факт, що потреба фізичної присутності деяких предметів у квартирі зникне. Вони будуть створюватися у просторі на основі голографії та низки інших сучасних технологій; весь декор кімнат стане цифровим, включаючи види з вікна, для описаних вище форм сімей.

Це нагадує ефект окулярів для спостереження за голографічними ілюзіями, тобто остаточно відриває людину від зовнішньої реальності, переселяючи її у світи ілюзій. Сюди додаються голографічний чоловік чи дружина та все інше.

Вони ж впливають на показники концентрації та деконцентрації населення селітебної зони найбільшого міста. Що, своєю чергою, змінює підходи до принципів розміщення багатоповерхових житлових будинків, будинків середньої поверховості та малоповерхових будинків.

У суспільстві споживання факт появи сімей нових видів пов'язані з економічною нерівністю населення. По суті весь західний світ сьогодні поділений на дві частини. Менша – пул країн «золотого мільярда», що збільшується, перейшли до кейнсіанської економіки успіху [3]. Інші країни продовжують «економити» на зарплаті працівника, що тримає їхню економіку на низькому рівні. В результаті стара проблема надмірного розшарування населення проявляється сьогодні у взаєминах між багатими та бідними регіонами. Між багатими районами у мегаполісах та мегалополісах та їх бідними районами. Вона продовжує впливати на диференціацію селітебних територій щодо якостей будинків. Час переходити на міждержавне та міжрегіональне кейнсіанство. Воно призведе до зміни класифікації міст, зміни їх планувальних структур, зміни їх місії і потенціалу загалом.

Кейнсіанська ідея [3] змінює систему соціальних відносин абсолютно в кожному місті, включаючи Дніпро. Вона вимагатиме «кейнсіанського» мислення, що усуває проблему нерівності, і в цьому будуть, за

даними експертів, зацікавлені і бідні, і багаті. Якщо припустити, що ідея приживеться, зокрема, у Дніпрі, то це означатиме, що відбудеться ще один перегляд форм сімей, описаних вище та, відповідно, типів квартир, типів будинків з ними, типів містобудівних комплексів на основі таких будинків. З'являться нові концепції багатоступеневої системи обслуговування. Якщо зараз в її основі – три ступені, кожен з яких формує свій містобудівний елемент (житлова група, житловий мікрорайон, житловий район), то в змінених умовах виникнуть дисперсно розосереджені, а також нові гібридні містобудівні фармації, що створюються новим укладом життя, новими формами зайнятості населення та новими моделями потреб для яких буде змінене багатоступеневе обслуговування.

Іншими словами, кейнсіанський підхід до структурування селітебної території найбільшого міста є об'єктивним.

Але оскільки цей підхід теж не всеосяжний, його не можна назвати остаточною. Бо зараз швидко змінюється сама структура фізичного світу. Змінюються швидкість ходу часу, щільність та мірність простору. Через швидкий і все швидкий хід соціальної еволюції і внаслідок її фрактальності змінюється природа самої наукової картини світу, вона стає в сприйнятті людини все більш лабільною і багатоваріантною. Вона народжує в селітебних зонах багатоваріантні містобудівні структури, що співіснують одночасно і часто взагалі не показують будь-якої взаємодії один з одним.

У перспективі вона зміниться ще раз і стане максимально жорсткою до людини. Точніше, змусить людину перейти від суб'єктивності до об'єктивності моделей життя у місті. В її основу остаточно увійдуть енергоінформаційні та космічні процеси.

З питань трансформації економічної структури міста, включаючи її зв'язок містоутворюючими підприємствами та об'єктами системи обслуговування населення (для розробки концепції

трансформації діючих виробництв, розміщення нових промислових та обслуговуючих об'єктів, їх людомісткості, зв'язку з селищними утвореннями різних типів, з транспортною та іншими інфраструктурами міста).

Дослідження моделей трансформації економіки України, включаючи економіку її окремих міст, поки що питання відкрите. Його складність обумовлена як впливом мілітарного процесу біля країни, так і низкою кризових явищ як на рівні Євразії, так і на глобальному рівні загалом. Світова криза, що почалася в 2008 році, проходячи через різні стадії, багато з яких важко було передбачати, продовжується.

За його лаштунками стоять його творці – світові транснаціональні олігархічні групи та пов'язані з ними держави – лідери у світовій економіці. За допомогою штучно створюваних криз вони вкотре в історії змінюють світовий політичний та економічний ландшафт на планеті. У тому числі – методами керованого хаосу, одним із інструментів яких є регіональні та світові війни. Процес цей значною мірою закритий. У ньому не посвяченому в такі процеси не розібратися: надто багато факторів та процесів носять прихований, не публічний характер. Його дослідження під силу лише тим фахівцям, які мають доступ до інформації у цій галузі знань. На рівні Дніпра ми лише пожинаємо те, що відбувається на різних рівнях цієї Великої Світової Ігри.

В умовах України криза проявила себе як недосконалість багатьох економічних механізмів у міждержавних і, як наслідок, у внутрішньодержавних економічних та пов'язаних з ними політичних відносинах. Відмінною особливістю кризи цього часу в умовах України, що впливають на забудову міст, стало те, що політика відірвалася від економіки.

У той час, як вона повинна обслуговувати економіку. Виникли й інші проблемні явища. Загалом вони призвели до втрати об'єктивного підходу до забудови Дніпра та інших міст. В тому числі і з точки зору впливу р. Дніпро. Вона почала

контролюватись фінансовими групами, що ігнорують загальні закони містобудування. Міста почали наповнюватися містобудівними помилками. Почали губитися правильні підходи до розміщення містобудівних доміант, підходи до формування силуету міста, його базових глибинних композиційних осей, річковий фасад, планувальні підходи до основних структурних елементів у генеральному плані Дніпра, губитися та інші важливі елементи.

З іншого боку, у Світі вже проявили себе принципово нові моделі економік міст, розраховані на найближчі десятиліття [19]. Проте їх не хочуть вивчати та адаптувати до наших умов як економісти, так і архітектори. Принаймні щодо відкритих публікацій про економічні аспекти трансформації міст України цього не скажеш. Описуються лише дрібні питання, хай і з добрими ідеями та знахідками, але не пов'язані із загальною стратегією управління економікою в цілому, і, як наслідок, з економікою міст, зокрема. У той час як Західний світ уже усвідомив, що ринкова економіка все ж таки має централізовано керуватися державою. Інакше країна загине. У зв'язку з чим усі погляди українських фахівців на розвиток забудови міст, зокрема Дніпра, не спираються на те, що відбувається з фінансовою системою у Світі та в нашій державі, не досліджують наслідки її змін для міста. Так, міська адміністрація має програми розвитку міста. Але при детальному знайомстві з ними видно, що цей матеріал скоріше формальний і поверхневий, аніж теоретично обґрунтований та конструктивно-прикладний чи не в кожному своєму пункті. Включаючи розуміння моделі перетворення містоутворюючої бази міста, розуміння прогнозів зміни соціально-демографічної структури міста, розуміння інших процесів.

На підставі змін економічних парадигм трансформації міст у світі виникли нові типи поселень: ГЛОБАЛЬНІ (СВІТОВІ) МІСТА (на 2025 рік їх 51 місто на всій земній кулі); МЕГАЛОПОЛІСИ (центри канурбацій); МЕГАПОЛІСИ (центри

агломерацій); КРЕАТИВНІ МІСТА; ЕКОЛОГІЧНІ МІСТА; ТЕХНОПОЛІСИ; МІСТА – КУЛЬТУРНІ ЦЕНТРИ (у тому числі: МІСТА – СВІДКИ РОЗЦВЕТУ СТАРОДАВНИХ ЦИВІЛІЗАЦІЙ; СТОЛИЦІ КОЛИШНІХ ВЕЛИКИХ ІМПЕРІЙ); МІСТА-ТРАНСПОРТНІ ВУЗЛИ; МІСТА-ПРОМИСЛОВІ ЦЕНТРИ; МІЛІТАРНІ МІСТА; МІСТА-КУРОРТИ; МІСТА-МУЗЕЇ; МІСТА – РЕЛІГІЙНІ ЦЕНТРИ; МІСТА – ЦЕНТРИ ТУРИЗМУ; МІСТА, ЩО ВИКЛИКАЮТЬ ВСІЙ ІНТЕРЕС на основі наявності будь-яких особливих об'єктів, процесів, якостей; СТОЛИЦІ КРАЇН; МІСТА – НАУКОВІ ЦЕНТРИ; ПРИВАТНІ МАЛІ МІСТА; МІСТА-ДЕРЖАВИ; МІСТА НА ТЕРИТОРІЯХ У ВИГЛЯДІ ПЛАТФОРМ НА АКВАТОРІЯХ; КІНЕМАТИЧНІ МІСТА; МІСТА-МІГРАНТИ (ЯКІ ПЕРЕМІЩУЮТЬСЯ ПО ТЕРИТОРІЯМ МІСТА); САМОСОБІРНІ ЗБІРНО-РОЗБІРНІ МІСТА, СТВОРЮВАНІ НА ЧАС; МІСТА-СКАФАНДРИ; МІСТА-МЕТАБОЛИ, МІСТА-ХАРТІЇ, РОЗУМНІ МІСТА, П'ЯТНАДЦАТИХВИЛИННІ МІСТА, ЗДОРОВІ МІСТА, МІСТА-ХМАРОЧЕСИ, МІСТА В МІСТАХ, ІНКРЕМЕНТАЛЬНІ МІСТА, МІСТА-ШАРЕТТИ, МІСТА НА ОСНОВІ ПРИНЦИПІВ НОВОГО УРБАНІЗМУ; МІСТА НА ОСНОВІ СТІЙКОГО УРБАНІЗМУ, МІСТА ДЛЯ МАРГІНАЛЬНИХ ГРУП СОЦІУМУ, БІОФІЛЬНІ МІСТА, БІОМОРФНІ МІСТА, КІБЕРУРБАНІСТИЧНІ МІСТА. І багато інших типів міст сучасного та майбутнього.

Згідно з іншими класифікаційними ознаками існують такі міста, як: міста урбаністичного типу; міста дезурбаністичного типу; міста урбаністично-технократичного типу; міста мілітарного типу, включаючи поселення на базі перетворення белігеративних ландшафтів; міста-соціобіогеоєкоценози; безгенпланівські міста; космоекологічні міста; кінематико-еволюційні (цикло-еволюційні) міста; антропоекологізовні міста; інші типи неосучасних міст.

Поряд із вже реалізованими вище перерахованими містами є широкий

діапазон розробок по містах майбутнього – підземних, що йдуть наземних, підводних, плаваючих, надземних, літаючих, орбітальних, інопланетних та інших, реалізація яких буде можлива лише майбутньому.

Окремою гілкою міст є так звані міста-привиди, які зараз використовують теж.

Висновки

1. Світова наукова спільнота вважає, що поки що неможливо дати УНІВЕРСАЛЬНЕ ВИЗНАЧЕННЯ МІСТА, хоча міста існують тисячі років. Тому таке явище як трансформація міст методично не визначене, хоча і має окремі ознаки нового етапу містобудування.

2. Визнається, що міста у звичному для нас розумінні (у просторовому та соціальному контексті) виникли лише у ХІХ столітті, після індустріальної революції, оскільки тоді і виникла фізична суть трансформації міст.

3. З метою вивчення уявлень про трансформацію міст потрібно використовувати ряд принципово нових ознак класифікації міст при збереженні невизначення трактування поняття «Місто», які пов'язані з виникненням нових типів поселень.

4. У різних країнах підходи до варіантів класифікації міст і їх трансформації різняться.

5. Досягнення сучасних наук – квантової фізики, квантової теорії петльової гравітації, загальної теорії відносності, знання яких архітектори поки що необачно не транслують на явища архітектури та містобудування, показують, що наш фізичний світ імовірний і феноменальний. Він повністю залежить тільки від свідомості людини. Навіть залишаючись у системі дуальності, яка і поділяє ціле на частини, він завжди був, є і буде ймовірним. Він не постійний, і до нього неможливо застосовувати жорсткі та однозначні визначення. Трансформація міст в минулому, зараз і в майбутньому – явище винятково ймовірнісне. І це одна з головних аксіом містобудування в історії людства.

Будь-які дослідження процесів у галузі трансформації міст дадуть лише ймовірні відповіді, позбавлені жорстких оболонок. Настала ера розробки тільки імовірнісних

генпланів городів. Саме це і було причиною того факту, що генплани ніколи не реалізовувалися більше ніж на 20–30 %.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Бакун К. С., Плешкановська А. М. Математична модель визначення потенційного територіального ресурсу. *Містобудування та територіальне планування*. 2018. № 67.
2. Бармашина Л. М. Універсальний дизайн як складова соціальної екології. *Сучасні проблеми архітектури та містобудування*. 2015. Вип. 40. С. 341–348.
3. Блауг М. Кейнсіанська система. Экономическая мысль в ретроспективе. *Economic Theory in Retrospect*. Вип. XVII. 1994. С. 607–629.
4. Воробьев В. В., Шило О. С. Пространственные рефлексии человека как отражения эниологической структуры среды. *25 лет познания пространственно-волновой субстанции мировоззренческих представлений : XI Междунар. науч.-практ. конф.* (08–09 ноября 2019). Днепр, 2019. С. 83–95.
5. Воробьев В. В., Мерилова И. А. Матрицы предопределенностей в истории архитектуры будущего. *Архитектурный вестник КНУБА*. 2018. Вип. 16. С. 360–367.
6. Вакуленко В. М., Мамонова В. В., Шаров Ю. П. Стратегічне планування на місцевому та регіональному рівнях : навч. посіб. Ужгород : ПАТЕНТ, 2004. 198 с.
7. Воробьев В. В. Экополис. Мир звездного будущего. Книга XXI века. Днепр : Журфонд, 2020. 812 с.
8. Габрель М. М., Наливайко Я. Методологія та рамкові умови просторового планування на внутріобласному рівні. Європейський досвід для практики України. *Науковий вісник Національного аграрного університету*. Вип. 128. 2008. С. 20–30.
9. Демін М. М. Актуальні проблеми сучасної теорії містобудування. *Досвід та перспективи розвитку міст України*. Київ : Укрархбудінформ, 2000. С. 41–45.
10. Денисик Г. І. Антропогенне ландшафтознавство : навч. посіб. Ч. І. Глобальне антропогенне ландшафтознавство. Вінниця : ПП «ТД Видавництво Едельвейс і К», 2012.
11. Доценко А. І. Територіальна організація розселення (теорія та практика). Київ : Фенікс, 2010. 536 с.
12. Директива 2000/60/ЄС Європейського парламенту та Ради «Про встановлення рамок діяльності Співтовариства в галузі водної політики». 2000. [Електронний ресурс]. URL: http://zakon5.rada.gov.ua/laws/show/994_962
13. Досвід та перспективи розвитку міст України. Методичні аспекти міського та регіонального планування. Вип. 5. Київ : Діпромісто, КНУБА, 2003. С. 65–71.
14. Заец Р. Системный подход к инновационному развитию крупного города по пути экоустойчивости. *Досвід та перспективи розвитку міст України*. Вип. 4. Філософські та теоретичні аспекти містобудування. Київ : Дніпромісто, 2003. С. 119–142.
15. Колин Элларт. Среда обитания : как архитектура влияет на наше поведение и самочувствие. Пер. Анастасия Васильева, Елена Корюкина. 2017. 288 с.
16. Повестка дня на XXI век (англ. Agenda 21). ООН (1992). [Електронний ресурс]. URL: <http://www.un.org/ru/documents/declconv/conventions/agenda21.shtml>
17. Тоффлер Э. Шок будущего. Пер. с англ. Э. Тоффлер. 2004. 557 с.
18. Царенко С. О., Литвинов А. І. Адаптація історичної забудови у системі управління розвитком поселень. *Вісник ВПІ*. 1997. № 4. С. 31–35.
19. Чандрен Наїр. Держава сталого розвитку. Майбутнє урядування, економіки та суспільства. *Наш формат*. 2020. 220 с.
20. Шищенко П. Г. Антропогенные преобразования современных ландшафтов. Природная среда и хозяйственная деятельность человека. Киев : КГУ, 1985. С. 114–131.

REFERENCES

1. Bakun K.S. and Pleshkanovska A.M. *Matematychna model vyznachennia potentsiinoho terytorialnoho resursu* [A mathematical model for determining potential territorial resource]. *Mistobuduvannia ta terytorialne planuvannia* [Urban Planning and Territorial Planning]. 2018, no. 67. (in Ukrainian).
2. Barmashyna L.M. *Universalnyi dyzain yak skladova sotsialnoi ekolohii* [Universal design as a component of social ecology]. *Suchasni problemy arkhitektury ta mistobuduvannia* [Modern Problems of Architecture and Urban Planning]. 2015, iss. 40, pp. 341–348. (in Ukrainian).
3. Blaug M. *Keynsianska systema* [The Keynesian system]. *Economic Theory in Retrospect*. Iss. XVII, 1994, pp. 607–629. (in Russian).
4. Vorobiov V.V. and Shylo O.S. *Prostranstvennye refleksii cheloveka kak otrazheny eniologicheskoi struktury sredy* [Human spatial reflections as a reflection of the enological structure of the environment]. *25 let poznaniia*

prostranstvenno-volnovoї substantsii mirovozzrencheskikh predstavlenii : XI Mezhdunarodnaia nauchno-prakticheskaia konferentsiia [25 Years of Understanding the Spatial-Wave Substance of Worldview Representations : XI International Scientific-Practical Conference]. 08–09 November, 2019, Dnipro, pp. 83–95. (in Russian).

5. Vorobiov V.V. and Merylova I.A. *Matrytsy predopredelennosti v istorii arkhitektury budushcheho* [Matrices of predeterminations in the history of the architecture of the future]. *Arkhitekturnyi visnyk KNUBA* [Architectural Bulletin of KNUCEA]. 2018, iss. 16, pp. 360–367. (in Russian).

6. Vakulenko V.M., Mamonova V.V. and Sharov Yu.P. *Stratehichne planuvannia na mistsevomu ta rehionalnomu rivniakh : navch. posib.* [Strategic planning at the local and regional levels : textbook]. Uzhhorod : PATENT, 2004, 198 p. (in Ukrainian).

7. Vorobiov V.V. *Ekopolis. Mir zvezdnoho budushcheho. Kniga XXI veka* [The World of the Starry Future. Book of the 21st Century]. Dnipro : Zhurfond, 2020, 812 p. (in Russian).

8. Habrel M.M. and Nalyvaiko Ya. *Metodolohiia ta ramkovi umovy prostorovoho planuvannia na vnutrioblastnomu rivni. Yevropeyskyi dosvid dlia praktyky Ukrainy* [Methodology and framework conditions of spatial planning at the intra-regional level. European experience for the practice of Ukraine]. *Nauk. visnyk Nats. ahrarnoho un-tu* [Scientific Bulletin of the National Agrarian University]. Iss. 128, 2008, pp. 20–30. (in Ukrainian).

9. Demin M.M. *Aktualni problemy suchasnoi teorii mistobuduvannia* [Current issues in modern urban planning theory]. *Dosvid ta perspektyvy rozvytku mist Ukrainy* [Experience and Prospects for the Development of Cities of Ukraine]. Kyiv : Ukrarkhbuildinform, 2000, pp. 41–45. (in Ukrainian).

10. Denysyk H.I. *Antropohenne landshaftoznavstvo: navchalnyi posibnyk. Chastyna I. Hlobalne antropohenne landshaftoznavstvo* [Anthropogenic Landscape Science : Textbook. Part I. Global Anthropogenic Landscape Science]. Vinnytsia : Edelveis i K., 2012. (in Ukrainian).

11. Dotsenko A.I. *Terytorialna orhanizatsiia rozselennia (teoriia ta praktyka)* [Territorial organization of settlement (theory and practice)]. Kyiv : Fenix, 2010, 536 p. (in Ukrainian).

12. *Dyrektyva 2000/60/Yes Yevropeiskoho parlamentu ta Rady "Pro vstanovlennia ramok diialnosti Spivtovarystva v haluzi vodnoi polityky"* [Directive 2000/60/EC of the European Parliament and the Council "Establishing a framework for Community action in the field of water policy."]. 2000. [Electronic resource]. URL: http://zakon5.rada.gov.ua/laws/show/994_962 (in Ukrainian).

13. *Dosvid ta perspektyvy rozvytku mist Ukrainy. Metodychni aspekty miskoho ta rehionalnoho planuvannia* [Experience and Prospects for the Development of Cities of Ukraine. Methodological Aspects of Urban and Regional Planning]. Iss. 5. Kyiv : Dipromisto, KNUCEA, 2003, pp. 65–71. (in Ukrainian).

14. Zaiets R. *Systemnyi pidkhid do innovatsiinoho rozvytku krupnogo mista na shliakhu ekoustoichyvosti* [A systemic approach to the innovative development of a large city towards eco-sustainability]. *Dosvid ta perspektyvy rozvytku mist Ukrainy* [Experience and Prospects for the Development of Cities of Ukraine]. Iss. 4. Philosophical and Theoretical Aspects of Urban Planning. Kyiv : Dnipromisto, 2003, pp. 119–142. (in Ukrainian).

15. Kolin Ellard. *Sreda obitaniia : Kak arkhitektura vliiaet na nashe povedenie i samochuvstvie* [Habitat : How Architecture Affects Our Behavior and Well-Being]. Translated by Anastasia Vasilieva and Yelena Koriukina. 2017, 288 p. (in Russian).

16. *Povestka dnia na XXI vek (anh. Agenda 21). OON (1992)* [Agenda for the 21st Century (Agenda 21). UN (1992)]. [Electronic resource]. URL: www.un.org/ru/documents/decl_conv/conventions/agenda21.shtml (in Russian).

17. Toffler E. *Shok budushcheho* [Future Shock]. Translated from English E. Toffler. 2004, 557 p. (in Russian).

18. Tsarenko S.O. and Lytvynov A.I. *Adaptatsiia istorychnoi zabudovy u systemi upravlinnia rozvytkom poselen* [Adaptation of historical buildings in the system of settlement development management]. *Visnyk VPI* [VPI Bulletin]. 1997, np. 4, pp. 31–35. (in Russian).

19. Chandran Nair. *Derzhava staloho rozvytku. Maibutnie uriaduvannia, ekonomiky ta suspilstva* [The Sustainable State. The Future of Governance, Economy, and Society]. *Nash format* [Nash Format]. 2020, 220 p. (in Ukrainian).

20. Shyshchenko P.H. *Antropohennye preobrazovaniia sovremennykh landshaftov* [Anthropogenic Transformations of Modern Landscapes]. *Prirodnaia sreda i khoziaistvennaia deiatelnost cheloveka* [The Natural Environment and Human Economic Activity]. Kyiv : KGU, 1985, pp. 114–131. (in Russian).

Надійшла до редакції: 21.02.2025.

УДК 711.11

DOI: 10.30838/UJCEA.2312.270425.77.1178

ПЕРСПЕКТИВИ ПРОМИСЛОВІСТІ МІСТА ДНІПРО ЯК ФАКТОРУ ВПЛИВУ НА ТРАНСФОРМУВАННЯ ЙОГО СЕЛІТЕБНИХ ТЕРИТОРІЙ

ВОРОБІЙОВ В. В.^{1*}, канд. арх., доц.,
ШИЛО О. С.², ст. викл.

^{1*} Кафедра архітектурного проектування та містобудування, Український державний університет науки і технологій, ННІ «Придніпровська державна академія будівництва та архітектури», вул. Архітектора Олега Петрова, 24-а, 49005, Дніпро, Україна, тел. +38 (068) 424-98-19, e-mail: vivavo151151@gmail.com, ORCID ID: 0000-0003-1539-3196

² Кафедра архітектурного проектування та містобудування, Український державний університет науки і технологій, ННІ «Придніпровська державна академія будівництва та архітектури», вул. Архітектора Олега Петрова, 24-а, 49005, Дніпро, Україна, тел. +38 (098) 212-48-80, e-mail: olgashilo2016@gmail.com, ORCID ID: 0000-0002-9869-5474

Анотація. Постановка проблеми. Обставини місця та часу запустили механізми глобальних, регіональних та локальних змін у всіх компонентах природи, соціуму, психології людини, а також інших, генезис яких лежить на перетині ендегенних, екзогенних та антропогенних факторів та процесів. Концепції міст, що раніше виникли, на основі колишніх підходів до їх містоутворювальних баз повсюдно зайшли в глухий кут. Пошук методик виходу з нього впирається в те, що людство постало перед такими трансформаціями, що раніше не існували в природі, суспільстві, психофізіології людини, технологіях і економіці, які ведуть до необхідності переходу на принципово нову парадигму світу, яка говорить про те, що будь-які дії людей носять лише імовірнісний характер і не можуть розглядатися як системи, що мають жорстку оболонку понять у рамках заданого циклу історії. Якщо в минулі століття і тисячоліття еволюція йшла відносно повільно і не все в ній виявлялося відразу, то в ХХІ столітті обсяг інформації та швидкість розвитку технологій зростають за законом геометричної прогресії, не дозволяючи вченим швидко робити будь-які висновки про їх наслідки для планети та людства в тих обсягах, які потрібні та необхідні. «Пізнання речей не повинно випереджати пізнання справедливості», – говорить східне прислів'я. Жоден спеціаліст у світі зараз не зможе відповісти на запитання: чи виживе людство, впоравшись із наслідками своїх діянь, чи загине. У кожній сфері знань відповіді шукають своїх алгоритмів. Включаючи архітектуру і містобудування. Як довго йтиме пошук, питання без відповіді. Тим часом проміжні етапи подальшої трансформації міст позначилися як етапи, пов'язані з остаточним переходом на шостий технологічний спосіб життя. Як і вся економіка в цілому, він, як і раніше, антропоцентричний і продовжує розвивати механізми суспільства споживання. Яка вже вичерпала свої можливості. У результаті міста як би «зависли» між «неправильним майбутнім» та «правильним майбутнім». Що відбувається в цьому контексті з промисловістю міста Дніпро як одним із них і розглядається у цій статті. **Мета статті** – розкрити роль перспективи промисловості міста Дніпро як фактору впливу на трансформування його сільських територій.

Ключові слова: перспективи промисловості; місто Дніпро; трансформування; селітебні території; сучасні умови; технологічний уклад

PROSPECTS OF INDUSTRY IN THE CITY OF DNIPR AS A FACTOR OF INFLUENCE ON THE TRANSFORMATION OF ITS RESIDENTIAL AREAS

VOROBIOV V.V.^{1*}, Cand. Sc. (Arch.), Assoc. Prof.,
SHYLO O.S.², Ass. of Prof.

^{1*} Department of Architectural Design and Urban Planning, Ukrainian State University of Science and Technologies, ESI "Prydniprovsk State Academy of Civil Engineering and Architecture", 24-a, Architect Oleh Petrov St., Dnipro, 49005, Ukraine, tel. +38 (068) 424-98-19, e-mail: vivavo151151@gmail.com, ORCID ID: 0000-0003-1539-3196

² Department of Architectural Design and Urban Planning, Ukrainian State University of Science and Technologies, ESI "Prydniprovsk State Academy of Civil Engineering and Architecture", 24-a, Architect Oleh Petrov St., Dnipro, 49005, Ukraine, tel. +38 (098) 212-48-80, e-mail: olgashilo2016@gmail.com, ORCID ID: 0000-0002-9869-5474

Abstract. Statement of the problem. The circumstances of place and time have triggered mechanisms of global, regional and local changes in all components of nature, society, human psychology, and others, the genesis of which

lies at the intersection of endogenous, exogenous and anthropogenic factors and processes. Previously emerged concepts of cities based on previous approaches to their city-forming bases have everywhere reached a dead end. The search for methods of exiting it rests on the fact that humanity is faced with previously non-existent transformations in nature, society, human psychophysiology, technology and economics, which lead to the need to transition to a fundamentally new paradigm of the world, which speaks of the fact that that any human actions are only probabilistic in nature and cannot be considered as systems that have a rigid shell of concepts within a given cycle of history. If in the past centuries and millennia evolution was relatively slow and not everything in it was immediately apparent, then in the 21st century the volume of information and the speed of technological development are growing according to the law of geometric progression, not allowing scientists to make any conclusions about their consequences for the planet and humanity in the volumes that are necessary and important. “The knowledge of things should not precede the knowledge of justice”, says an Eastern proverb. No specialist in the world can now answer the question: will humanity survive, having coped with the consequences of its actions, or will it perish. In each area of knowledge, answers are sought according to their own algorithms. Including architecture and urban planning. How long the search will last is an unanswered question. Meanwhile, the intermediate stages of further transformation of cities have been identified as stages associated with the final transition to the sixth technological way of life. Like the entire economy as a whole, it is still anthropocentric and continues to develop the mechanisms of consumer society. Which has already exhausted its possibilities. As a result, the cities are sort of “stuck” between the “wrong future” and the “right future”. What is happening in this context with the industry of the city of Dnipro as one of them is considered in this article. **The purpose of the article** to reveal the role of the industrial prospects of the city of Dnipro as a factor influencing the transformation of its residential areas.

Keywords: industry prospects; city of Dnipro; transformation; residential areas; modern conditions; technological structure

«Вибір типів діяльності людей для організації власного життя та необхідних для цього типів будівель з адекватним плануванням та архітектурою, а також типів населених місць із відповідною формою організації генерального плану, завжди був, є і буде пов'язаний із принципами життя у системі зв'язків між людиною, природою регіону та планети в цілому, а також астрономічними циклами».

«Висока етика життя через вищі форми праці визначається міцним зв'язком із духовними світами».

«Праця має бути негентронійною і духовною... Негентронійна духовна праця передбачає повну відсутність втоми від роботи. Чого немає у сучасної ентропійної праці, що поділяє все на частини. Негентронійна праця пробуджує в серці любов – єдиний засіб, що з'єднує частини в ціле і знищує в людині його єго.

Колись Григорій Сковорода використовував замість цих термінів терміни «сродна праця», «сродна архітектура» та «сродне містобудування» як компонент самопізнання».

Постановка проблеми. В умовах повномасштабної війни в Україні, яка розпочалася 24 лютого 2022 року, всю інформацію з сайтів міста Дніпра та інших міст та регіонів про промисловість вилючено відповідно до рішення уряду України про заборону на відкриті публікації про стратегічні об'єкти. Дослідження на цю тему дозволено проводити лише структурам, які мають доступ та право роботи із секретними матеріалами. Підсумки роботи видаються лише певним рівням найвищих ешелонів влади держави. До матеріалів про стратегічні об'єкти входять матеріали, що стосуються всіх аспектів промисловості, транспортної, енергетичної та інших

інфраструктур, а також інших компонентів населених місць, список яких закритий для доступу.

Для всіх інших в інтернеті залишено лише сайти з поверхневою інформацією, за якими неможливо розробити математично доведені методики розвитку містоутворюючих баз кожного з міст. І, як наслідок, неможливо отримати точні моделі розвитку сельбищної території того чи іншого міста, які насамперед потрапили до зони військових дій, або наближених до цієї зони.

Матеріали, що розміщуються на сайтах інтернету, стосуються нових договорів міської організації про співпрацю з бізнесом у сфері створення нових промислових

об'єктів (включаючи індустріальні парки, а також інші форми організації промислового виробництва) поки що не розкривають розрахункові показники, у тому числі – прогнозні, розраховані на перспективу, – не мають необхідної для наукових досліджень з питань розвитку містоутворюючої бази Дніпра інформацію. Як не мають і даних про можливі локації та розміри ймовірнісних промислових об'єктів майбутнього. Проводити дослідження за такої інформаційної невизначеності теж неможливо. Все це є наслідком заборони на оприлюднення матеріалів щодо об'єктів стратегічного характеру.

Війна не закінчено. Прогнози щодо неї суперечливі. Виникає тиск фактора невизначеності, з одного боку і пов'язаного з ним чинника залежності економіки України від країн-союзників та партнерів, які допомагають нам протистояти російській агресії, з другого.

Ще один чинник невизначеності – епізодична зміна поглядів влади країн – партнерів на ситуацію з війною в Україні, і, як наслідок, на розміри, характер та ритміку політичної, економічної, військової, гуманітарної та інших видів допомоги нашій країні.

Наступний негативний чинник – прорахунки вищого військово-політичного керівництва України, а також корупція, що не зникає, на всіх поверхах влади країни, на що нам постійно вказують країни – союзники.

Партнери, спостерігаючи за різними процесами військово-політичного та інших глобальних і регіональних явищ, що лежать навколо них, що вплинули на Україну в 2022, 2023, 2024, 2025-му роках, приходять до своїх трактувань того, що вони бачать. Вони роблять оцінки в першу чергу з позиції глобальних ігор держав – світових лідерів і національних інтересів кожної з країн – наших партнерів у період поточної війни, що випливають з цього.

Всі перелічені, а також процеси, що залишилися «за кадром» (не афішуються відкрито), вказують на одне: поки що ми

можемо говорити про промисловість лише гіпотетично. Та й то – з великою натяжкою.

Серед обставин, що швидко змінюються, для продовження функціонування промисловості міста Дніпра або для припинення життя низки його підприємств може бути втрата сировинних ресурсів на сході країни через його окупацію країною-агресором.

Але головним чинником трансформації промислових територій міста Дніпро є чинник необхідності створення підприємств із завдань шостого технологічного устрою. Шостий технологічний уклад – основа трансформації промислових територій міста Дніпро – головний тезис цього дослідження.

Структурна організація містоутворюючої бази, яка залежить від сировинних і трудових ресурсів, місця та ролі міста в регіональному та національному поділі праці, а також від ряду інших факторів – рівня економіки, соціально-демографічних, виробничо-технологічних, природно-кліматичних, політичних, юридичних та інших завжди визначала моделі функціонально-планувальної організації селітебних територій конкретного міста [3]. Включаючи особливості розміщення житлової забудови щодо промислових територій, транспортного каркасу, орографічної та гідрографічної структури, історико-містобудівної спадщини, поділу на структурно-планувальні одиниці, систему обслуговування, інші характеристики.

Мета даного дослідження полягає в тому, щоб розкрити роль промисловості міста Дніпро як фактора впливу на трансформування міста та його селітебних територій.

Завдання дослідження:

- виявити основні проблеми трансформації промислових зон Дніпра на сучасному етапі його містобудівної історії;
- сформулювати ключові завдання для вирішення проблем трансформації селітебних територій під впливом змін у містоутворюючій базі;

– намітити найбільш імовірні шляхи вирішення проблем щодо подальшої трансформації селітебних територій міста Дніпро.

Аналіз публікацій. За останні десятиліття в Україні для архітекторів не було опубліковано жодного підручника або навчального посібника, який би розглядав питання міського будівництва та промисловості в інтегрованому міждисциплінарному виданні. Підкреслюємо: міждисциплінарному. В тому числі – з урахуванням технологічного укладу. А ті роботи, які здаються виконаними з позиції інтегрального підходу, елементи інтегральності показують фрагментарно, не повно, а багато позицій, обов'язкових в інтегральній схемі, не висвітлюють взагалі.

Трансформація селітебних територій міста завжди була пов'язана з промисловістю, яка дійсно має відношення до поняття «технологічний уклад». Він теж змінюється у зв'язку з розвитком технологій в усьому: у виробництві, у випущених товарах, у транспорті, у логістиці, у формах послуг, в утилізації матеріалів і виробів, що завершили термін експлуатації, в інших питаннях, важливих для суспільства споживання [3; 12; 13].

Зміни у містоутворюючій базі (перехід у новий технологічний уклад) породжували трансформацію структурно-планувальної організації селітебної території.

У історичних умовах Дніпра (світова економічна криза, головна фаза якої почалася в 2008 році, що проходить до теперішнього часу, все нові і нові, раніше не цілком прогнозовані стадії, які змінили та продовжують змінювати економічний статус міст України, включаючи Дніпро; війна, що розпочалася 24 лютого 2022 року, створила трансформацію соціально-демографічної структури населення. Мають значення також: аридизація клімату, що швидко йде; суттєві якісні та кількісні зміни в екосистемах; зміни у психофізіології людини; змінні оцінки ролі України та її окремих регіонів в економіці та політиці країни та у світовій економіці та політиці;

швидкі зміни в інженерно-технологічних питаннях виробництва, що перетворюють колишні підприємства на непотрібні об'єкти; багато інших змін. Тому виникає ситуація невизначеності у питаннях прийняття рішень щодо подальших шляхів трансформації промисловості нашого міста.

Союзники та партнери пропонують Україні своє розуміння її майбутнього, яке не влаштовує нашу країну: стати лише аграрною державою; перетворитися на ринок товарів, вироблених у Європі та США; придбати інші не вигідні якості. З позиції зв'язку з технологічними укладами після ухвалення таких пропозицій країна виявиться відкинута в третій технологічний уклад, з паростками четвертого. Але не більше. У той час як Світ починає розгортати на континентах шостий, а де-не-де і початкові етапи сьомого технологічного укладу.

Це визначає необхідність пошуку власної моделі майбутнього, заснованого на новітніх, інноваційних технологіях у промисловому виробництві та в житті міста загалом [4; 14; 7].

Вона може розроблятися на основі розуміння питання про те, а якою може бути структура шостого технологічного укладу в Україні загалом, та в Дніпрі, зокрема. Тобто функціонально-технологічний профіль промисловості та її зв'язки з економічними процесами різних масштабних рівнів [4]. І, як наслідок, – їхній вплив на розселення, на планувальну організацію селітебної території Дніпра.

Розглянемо в короткій формі складові цього питання. Заявлена проблема має комплексний, міждисциплінарний характер, що вимагає залучення до теми широкого кола інших фахівців. Що, ймовірно, можна буде організувати лише у майбутньому. Коли вплив багатьох чинників або суттєво знизиться, або завершиться.

Хоча потім можуть виникнути й нові чинники. Але у будь-якому разі вони будуть наслідком перших, тому їх можна буде досліджувати із високою точністю. Тоді як зараз доводиться спиратися на умовності, концепції та припущення.

Н. Д. Кондратьєв виявив у історії капіталізму економічні цикли протяжністю в 50–55 років, котрим характерний певний рівень розвитку продуктивних сил – «технологічний уклад». Цикли закінчуються кризами, за якими починається перехід продуктивних сил більш високий рівень розвитку [3; 5].

Існують також цикл Кітчина = 3–4 роки; цикл Жюгляра = 7–11 років; цикл Кузнеця = 15–25 років [3].

Розкриємо суть технологічного укладу, що характеризується наявністю сполучених підприємств, що мають однаковий технічний рівень та синхронний розвиток. Так це трактує Карлота Пересс, провідний спеціаліст Світу з укладів. Зміна технологічних укладів дає нерівномірність перебігу науково-технічного прогресу [15].

Комплекс базисних технологічно сполучених виробництв утворює ядро технологічного укладу, яке формується технологічними нововведеннями, званими ключовим фактором. Галузі, що функціонують на основі ключового фактора, є галузями, що несуть уклад [21].

За К. Перес, технологічний уклад утворюється кількома взаємопов'язаними і послідовно змінюючих одне одного поколіннями техніки, які еволюційно реалізують загальний технологічний принцип.

Чи є станом на 2024 рік у Дніпрі те, що окреслює технологічний устрій, що чітко визначився?

У повністю завершеному вигляді наразі немає. Колишні підприємства, які б входили до цього поняття, зупинені. І навіть частково демонтовані. Хоча раніше вони стійко формували як третій, так і четвертий технологічний уклад. Нові промислові об'єкти та комплекси, здатні у своїй сукупності стати маркером нового технологічного укладу, саме уклад, а не приклад одиночних об'єктів, не будуються. По суті, у місті Дніпро спостерігається закономірності, що відповідають циклам Н. Д. Кондратьєва, одного з найбільших дослідників технологічних укладів, що розкрив їхню структуру.

Поява будь-якого нового, ефективнішого технологічного укладу пов'язані з інноваціями. Йозеф Шумпетер визначив, що розвиток інновацій є процесом, дискретним у часі. Відрізки часу, коли відбувається сплеск інновацій, він назвав «кластерами» (пучками).

У літературі більше використовується термін «хвилі інновацій». Інновації народжують дискретність інженерно-технічних революцій. Цю дискретність у сорокові роки ХХ століття досліджував Саймон Коваль.

Герхард Менш 1975 року ввів термін «технічний спосіб виробництва»; він виявив, що кондратьєвський цикл слід інтерпретувати як життєвий цикл технічного способу виробництва, що описується логістичною кривою [3].

Цікаво, що Менш виконував для досліджень теорію гіперкомплексних систем львівського професора А.Малюти. Її відмінність – відмова від непрацюючого закону переходу кількості в якість. Малюта додав, що цей закон не працює.

У 1978 року ідеї Менша повторив економіст Томас Кучинський [3].

У 1970–1980 роках прихильник ідеї дифузії інновацій Крістофер Фрімен сформулював поняття «техніко-економічної парадигми» [19].

Таким чином, «технологічний уклад» є аналогом понять «хвиль інновацій», «техніко-економічної парадигми» та «технічного способу виробництва» [2; 6].

Нажаль, стосовно міста Дніпро станом на 2025 рік у відкритому доступі немає сталої статистики економічної діяльності і колишніх, і сучасних промислових підприємств. Війна змушує тримати все це у закритому режимі. У ході цього дослідження немає можливості побудувати необхідні графіки, що відбивають роль промислових об'єктів у формуванні технологічного устрою міста.

Коли така можливість з'явиться, слід провести такі дослідження:

1. Встановити для міста базисні інновації (відповідають «підривному інноваціям» Клейтона Крістенсена) [18], що

покращують та псевдопокращують ситуацію.

2. Розрахувати хвилі Кондратьєва, визначальної тимчасові особливості функціонування нового технологічного устрою, місце розташування найбільшої активності базисних інновацій.

При нормальному перебігу інноваційного процесу має бути дві хвилі. Це впливає з досліджень активності базисних інновацій, проведених Масаакі Хіроокі [11]. Однак Україна та наше місто через мілітарний чинник випадає із цієї залежності. Нову залежність належить виявити. Вона і покаже потенції для реалізації вітчизняних та зарубіжних інвестицій, або – чистих капіталовкладень у промисловість міста. І, як наслідок, виведе на розуміння номенклатури нових промпідприємств та моделі їх взаємодій у складі технологічного устрою. Місто Дніпро в цьому процесі цілком залежатиме від якоїсь своєї специфічної схеми споживання патентної продукції, основна маса якої, зважаючи на все, буде зарубіжною хоча б через те, що Західні партнери вже просунулися у цих питаннях досить далеко. Що зумовлено високим рівнем їхньої економіки. Відповідно до сьогоднішнім уявленням, зростання кількості патентів у висхідній фазі довгої хвилі таких країн відбувається; бізнес підтримує інновації і відбиває процес створення нових проривних технологій, а також процес їх впровадження.

У якій фазі стартуватиме і розвиватиметься нова, інноваційна промисловість Дніпра на протязі найближчих десятиліть, треба дослідити. Іншими словами, перспективи становлення нової промисловості міста потребує повномасштабного наукового обґрунтування. Проблемність ситуації й у тому, що запровадження нових фаз ринкової економіки у місті Дніпро і в Україні загалом, у потрібному обсязі відсутнє. Патентно-технічний відділ Дніпропетровської обласної універсальної наукової бібліотеки – один з найкрупніших в регіоні центрів збору інформаційних ресурсів з інтелектуальної власності, в

наслідок війни швидко втирає актуальність фондів, які суттєво відстають від Запада.

В даний час акцент у промисловості міст робиться насамперед на підприємства військової промисловості. І лише небагато – на низку інших галузей. В основному на підприємства місцевих галузей виробництва (харчову, легку та деякі інші).

Немає ясності й у питанні локації трудових ресурсів. Населення міста Дніпро та України скорочується. А від нього залежать розрахунки з трудової зайнятості та споживання продукції, що випускається.

Історично сформовані обставини (війна та інші) такі, що у місті Дніпро не існуватиме так званої ембріональної стадії п'ятого та шостого технологічних укладів. У колишніх фазах становлення таких укладів у містах Західного світу ембріональна фаза технологічного укладу припадала на висхідну фазу хвилі Кондратьєва [6].

Наближення до піку довгої хвилі в цьому режимі супроводжувалося накопиченням великого обсягу вільного капіталу, який у країнах, що вже пройшли такий шлях, прямував не тільки на формування спекулятивних бульбашок, але й на венчурні інвестиції, що сприяють розвитку нових технологій.

Стосовно міста Дніпро фахівці не знайдено жодного повноцінного, за всіма правилами створеного, центру венчурних технологій. Тобто базисного моменту, який підштовхує до старту нового технологічного укладу. Є лише первинні передумови для цього, суть яких – підвищення цін на сировину та енергоносії. Саме таке підвищення цін, а в умовах війни в Україні, постійно присутній ризик із постачанням сировини та енергоносіїв, у тому числі – перебої з електропостачанням, та визначають напрямки застосування венчурного капіталу. А саме – ресурсо- та енергозберігаючі технології. Для чого у Дніпрі потрібно створювати підприємства, які випускають продукцію для вирішення таких завдань.

Стосовно міста Дніпро, як і стосовно всіх країн Миру на деякий час виник

небувалий прецедент, який отримав назву «постіндустріалізм». З його допомогою хотіли зробити свого роду науковий переворот чи революцію проти циклів Кондратьєва. Точніше, проти його чергової хвилі. А ще точніше – проти тієї ділянки на цій хвилі, яка запускала механізм світового економічного спаду. Але не вийшло. Постіндустріалізм, всупереч усім прогнозам теоретиків, що створювали його, не запобіг кризі. І сам його також не пережив.

Кафедра архітектурного проектування та містобудування ПДАБА у 2016–2020 рр. виконала НДР на тему: «Розробка архітектурно-містобудівних методів екологізації населених міст, будівель і споруд в умовах постіндустріального Придніпров'я» (№ держреєстрації 0116U006044).

Робота базувалася на теоріях постіндустріального суспільства та постіндустріальної економіки [1; 22].

Термін «постіндустріалізм» було введено в науковий обіг на початку ХХ століття вченим А. А. Кумарасвами, який спеціалізувався на доіндустріальному розвитку азіатських країн. У сучасному значенні цей термін вперше був застосований наприкінці 1950-х років, а широке визнання концепція постіндустріального суспільства набула в результаті робіт професора Гарвардського університету Деніела Белла, зокрема, після виходу в 1973 р. його книги «Наступне постіндустріальне суспільство».

Зараз постіндустріальними країнами називають ті, у яких на сферу послуг припадає значно більше половини ВВП. На початку століття до постіндустріальних країн відносили США (на сферу послуг припадає 80 % ВВП США, 2002 рік), країни Євросоюзу (сфера послуг – 69,4 % ВВП, 2004 рік), Японію (67,7 % ВВП, 2001 рік).

Близькими до постіндустріальної теорії належать концепції інформаційного суспільства, постеконічного суспільства, постмодернізму, «третьої хвилі», «суспільства четвертої формації», «науково-інформаційного етапу принципу виробництва». Деякі футурологи вважають,

що постіндустріалізм – це лише пролог переходу до постлюдської фази розвитку земної цивілізації.

Пошук моделі постіндустріалізації міста Дніпро поза законами його формування. Наше дослідження викликало багато протиріч та суперечок між фахівцями кафедри архітектурного проектування та містобудування ННІ «ПДАБА» щодо теми. Чи не всі дійшли того, що багато позицій цієї теорії доведеться не пропонувати, місту за принципом невизначеності цілей та не ясності наслідків від таких нав'язувань.

Революція проти кризової фази чергової хвилі Кондратьєва не реалізувалася через те, що насправді у світі будувався не постіндустріалізм, а лише його макет. Хоча і в натуральну величину, і частково чинний. Але, як відомо, макет – це форма без змісту.

Зміст став під питанням, оскільки уявлення про постіндустріальному суспільстві спочатку виникло з очевидно високої швидкості розвитку засобів автоматизації виробництва. Швидкість була така, що цілком природним та логічним чином виникло припущення: рано чи пізно людині взагалі не знадобиться втручатися безпосередньо в процес виробництва – все необхідне робитимуть автоматичні системи, а за людиною залишаться лише обов'язки нагляду за роботою цих систем та розробки нових речей для виробництва на цих автоматичних системах. Саме таке суспільство, де промисловість працює, по суті, без втручання людини, а людина лише займається розробкою чогось нового, назвали постіндустріальною. Але швидкість автоматизації виробництва виявилася помітно нижчою, ніж припускали теоретики постіндустріального суспільства. Тому ефективні менеджери вирішили, що простіше не виключати людину взагалі з процесу виробництва, а переносити виробництво в ті місця, де людина коштує значно дешевше. Строго кажучи, навіть невідомо, що тут є причина, а що – слідство. Сама можливість здешевити робочу силу вже призводить до того, що автоматизація сповільнюється. Тож дуже можливо, що уповільнена автоматизація – саме один із

наслідків того, що виробництво переносять у регіони дешевої робочої сили. Але як би там не було, саме по собі це перенесення йде з досить високою швидкістю і цілком очевидне. Але зараз почався і зворотній процес.

Таким чином, місто Дніпро хвилю постіндустріалізації не проходив. Хоча, луна постіндустріалізації до нього все ж таки увійде у вигляді сучасних інноваційних технологій за участю людини. Всі розробки – закордонні.

У цьому процесі, у процесі створення підприємств п'ятого та шостого технологічних укладів у місті Дніпро важливу роль відіграватиме і облік циклів коливання фінансових ринків. Особливо зараз, коли Україна підключена до мереж електро- та газопостачання іноземних кампаній. Кондратівські цикли показують: щойно відбувається обвал фінансових ринків на початку низхідної фази хвилі, виникає перетікання фінансів у виробництво. Саме цей момент і слід дослідити у місті Дніпро. Саме він покаже, яка, де і в яких обсягах формуватиметься промисловість п'ятого та шостого технологічних укладів. Саме в моменти обвалу фінансових ринків інвестори обирають найефективніші технології промислового виробництва та типи підприємств, тобто включають механізм формування нових технологічних укладів.

Наступні етапи розвитку (зростання) укладів описані у спеціальній літературі. У найбільш узагальненій формі зростання проходить у два етапи, що відповідають двом ритмам Ковалю. На першому етапі йде повільна структурна перебудова економіки. Чи існуватиме ця фаза в умовах Дніпра – поки що не ясно. Скоріш за все, ні. Вливання інвестицій буде форсованим і з різних джерел. Що теж поки що не факт. Потрібні дослідження цього моменту. Проблема в тому, що Дніпро не створює повноцінної ситуації, коли новий етап виростає зі старого. У місті великі старі промислові підприємства майже зникли. Тобто не створює моделей домінування інвестицій у виробництво засобів

виробництва. Отже, в Дніпрі не буде повноцінного другого етапу формування ядра нових укладів-п'ятого і шостого, етапу, коли ядро, що зароджується, само почне пред'являти попит на нові технології. Зазвичай цей момент пов'язаний із підвищувальною фазою довгої хвилі, де домінують інвестиції в підприємства, що випускають предмети споживання. Будуються промислові об'єкти за цими профілями.

У міру насичення попиту включається закон спадної прибутковості. Ефективність нових укладів знижується. Вільні капітали починають йти на фінансовий ринок, що призводить до зростання цін та подальшого зниження ефективності виробництва. Архітекторам-містобудівникам доведеться з нуля вивчити механізм формування різних якостей промисловості міста на ділянках кондратівських хвиль. Після зниження ефективності виробництва розпочнеться новий виток технічного розвитку. Новий виток трансформації промислових територій міста Дніпра.

На жаль, у генеральному плані міста Дніпро 2019 року, немає жодних зв'язків у формуванні «плям» промислових територій з економічними циклами технологічних укладів. Це означає, що ці цикли взагалі не враховувалися. Це означає також і те, що розрахунок площ та поверховості забудови селищної території не є коректним. Генеральний план Дніпра 2019 року не буде реалізований у потрібних обсягах, як це завжди відбувалося і з генеральними планами попередніх років.

Періодизація укладів пов'язується з хвилями чи циклами розвитку науки і техніки, з інноваціями та можливостями їх впровадження.

П'ятий та шостий технологічні уклади, у разі їхньої генерації у місті Дніпро, забезпечать появу сучасної промисловості нового типу, що ґрунтується на останніх науково-технічних та технологічних досягненнях.

Так, зокрема, п'ятий технологічний устрій спирається на досягнення в галузі мікроелектроніки, інформатики, біотехно-

логії, генної інженерії, нових видів енергії, матеріалів, освоєння космічного простору, супутникового зв'язку тощо. З будівництвом промислових підприємств, що забезпечують випускати продукцію на основі використання досягнень у перерахованих сферах.

П'ятий технологічний уклад забезпечить перехід від розрізнених підприємств та фірм до єдиної мережі великих та дрібних компаній, з'єднаних електронною мережею на основі інтернету, які здійснюють тісну взаємодію в галузі технологій, контролю якості продукції, планування інновацій.

У місті Дніпро зараз є перші спроби йти в цьому напрямку. Але поки що вони не настільки виявлені, щоб вважати їх паростками нового укладу.

До ядра п'ятого технологічного укладу входять: електронна промисловість; обчислювальна техніка; оптико-волоконна техніка; програмне забезпечення; телекомунікації; роботобудування; виробництво та переробка газу; інформаційні технології.

Ключовий фактор – мікроелектронні компоненти.

Перевага технологічного укладу, порівняно з попереднім, полягає в індивідуалізації виробництва та споживання, у підвищенні гнучкості виробництва.

Хронологічно у світі п'ятий технологічний уклад сформувався до 1970 року, коли був початок розвитку технологій; початок фази зростання – 1991; а пік динаміки патентів, що видаються – 2010 рік.

Що є шостий технологічний уклад? Ядро технологічного устрою утворюють: інформаційні технології; когнітивні науки; соціогуманітарні технології; нанoeлектроніка; нанохімія; молекулярна та нанофотоніка; наноматеріали та наноструктуровані покриття; наносистемна техніка; адитивні технології; нанобіотехнології; конвергенція нано-, біо-, інфо- та когнітивних технологій (так звана НБІКС-конвергенція, NBIC).

Ключовий фактор: нанотехнології, клітинні технології.

Прогнозована перевага технологічного укладу, порівняно з попереднім – у різкому зниженні енергоємності та матеріаломісткості виробництва, у конструюванні матеріалів та організмів із заздалегідь заданими властивостями.

Старт шостого технологічного укладу відбувся у 2010 році, році початку розвитку технологій укладу. З 2018 року виник період їхнього масового поширення. З 2040 року буде завершено фазу швидкого зростання.

Жодна сучасна теорія не досконала. Але все ж таки навіть у своїй недосконалості вони дають можливість зрозуміти хоча б суть процесів, які вона описує.

Теорія технологічних укладів теж має вади. Але загалом вона працює. Тому хронологія укладів, наведена вище, говорить про те, що новостворена промисловість Дніпра теоретично може формуватись на основі номенклатури інноваційних досягнень, властивих п'ятому та шостому технологічним укладам.

Отже, вважається, що у світі пройдено п'ять технологічних укладів, зараз настає Шостий технологічний уклад. У низці країн йде позитивна провокація і Сьомого технологічного устрою. Лідерами формування шостого технологічного устрою є США, ЯПОНІЯ та КНР.

Передбачаючи розвиток виробничої бази міста Дніпро як бази шостого технологічного устрою, треба орієнтуватися на створення таких виробничих потужностей, які будуть пов'язані з «високими технологіями». Серед таких – біо- та нанотехнології, генна інженерія, мембранні та квантові технології, фотоніка, мікромеханіка, термоядерна енергетика.

Для забезпечення наукового керівництва цих напрямів у Дніпрі є усі необхідні університети та академії. В тому числі ННІ «ПДАБА» в складі УДУНТ. Нині вони переживають важкі часи, але їм за рахунок робіт із шостого технологічного укладу потрібно дати нове життя. Їх необхідно переоснастити за останнім словом науки і техніки, розробити з їхньої основи

галузеві лабораторії необхідних профілів та займатися розвитком шостого технологічного устрою. Так свого часу вчинили, наприклад, у США, де вся наука створюється в університетах.

Інтегральна взаємодія високотехнологічних напрямів пов'язана загалом, як це видно з досвіду інших країн, зі створенням квантового комп'ютера, штучного інтелекту та інших видатних досягнень, що, зрештою, забезпечить вихід на принципово новий рівень у системах управління державою, суспільством, економікою. Місто Дніпро при такому розумінні його перспектив може стати найбільшим центром інновацій не тільки в країні, а й у світі.

Шостий технологічний уклад оформляється протягом 2010–2020 років. У фазу зрілості він вступить у 2040–ті роки. При цьому в 2020–2025 роках у провідних економіках Миру відбувається нова науково-технічна та технологічна революція, основою якої стануть розробки, що синтезують досягнення вищезазначених базових напрямків. Для цього є підстави. У США, наприклад, частка продуктивних сил п'ятого технологічного укладу становить 60 %, четвертого – 20 %. І близько 5 % вже припадають на шостий технологічний устрій.

Як усе це організувати в Україні та в Дніпрі – предмет досліджень для економістів та інших фахівців.

Кафедра АПМ ННІ «ПДАБА» не може вести такі дослідження, оскільки вони не за її профілем. Але інтегруватися в якийсь майбутній центр із завданнями такого дослідження вона б змогла. Також отримавши сучасне обладнання, лабораторії та фінансування наукових розробок, які будуть пов'язані із загальною стратегією створення Шостого технологічного устрою в Україні, яку вестиме Національна Академія наук України.

У США роль центру інновацій відіграє Національний науковий фонд, який знаходиться у віданні Управління з науки та техніки при президенті США, у Франції – Національний центр наукових досліджень

Міжміністерського комітету наукових та технологічних досліджень при президенті Французької Республіки. Президенти США Барак Обама та Дональд Трамп ще в першій своїй каденції поставили завдання зробити США світовим лідером Шостого технологічного укладу.

На жаль, в Україні архітектурно-містобудівне проектування досі взагалі не враховує чергування технологічних укладів. Це не закладено ні в ДБН, ні в інші нормативні документи. У генеральні плани міст України хоч і закладаються розрахунки по промисловим територіям, але вони ґрунтуються на ситуативному підході, без розкриття шляхів переходу таких територій до нових якостей на основі технологічних укладів. У зв'язку з цим перерахуємо основні ознаки колишніх технологічних укладів. У літературі вони мають такий вигляд.

Перша хвиля (1785–1835) сформувала технологічний уклад, заснований на нових технологіях у текстильній промисловості, використанні енергії води.

Друга хвиля (1830–1890) – прискорений розвиток залізничного та водного транспорту на основі парових машин, широке впровадження парових двигунів у промислове виробництво.

Третя хвиля (1880–1940) – використання у промисловому виробництві електричної енергії, розвиток важкого машинобудування та електротехнічної промисловості на основі використання сталевих прокату, нових відкриттів у галузі хімії.

Розповсюдження радіозв'язку, телеграфу, розвиток автомобільної промисловості. Створення великих фірм, картелів, синдикатів та трестів. Панування монополій на ринках. Початок концентрації банківського та фінансового капіталу.

Четверта хвиля (1930–1990) – формування світового укладу, заснованого на подальшому розвитку енергетики з використанням нафти та нафтопродуктів, газу, засобів зв'язку, нових синтетичних матеріалів. Період масового виробництва автомобілів, тракторів, літаків,

різноманітних видів озброєння, товарів народного споживання. Широке поширення комп'ютерів та програмних продуктів. Використання атомної енергії у військових та мирних цілях. Конвеєрні технології стають основою масових виробництв. Освіта транснаціональних та міжнародних компаній, які здійснюють прямі інвестиції у ринки різних країн.

П'ята хвиля (1985–2035) спирається на досягнення в галузі мікроелектроніки, інформатики, біотехнології, генної інженерії, використання нових видів енергії, матеріалів, освоєння космічного простору, супутникового зв'язку тощо. Відбувається перехід від розрізнених фірм до єдиної мережі великих та дрібних компаній, з'єднаних електронною мережею на основі інтернету, що здійснюють тісну взаємодію в галузі технологій, контролю якості продукції, планування інновацій».

З прискоренням науково-технічного прогресу період між змінами технологічних укладів скорочуватиметься. На це вказує вся історія людства. Прискорення підпорядковується геометричній прогресії.

Спираючись на теорію хвильових процесів у фізиці, а її закони апроксимуються на весь Світ, припустимо, що в такій ситуації почнуть накладатися один на одного кілька явищ: цикли Н.Кондратьєва (з усіма вкладеними в них циклами економічного розвитку, у тому числі – К. Жугляра, Д. Кітчина, С. Кузнеця та ін.), з астропланетарними циклами (насамперед, з циклами сонячної активності А. П. Чижевського, та з низкою інших ендегенних, екзогенних та антропогенних циклів) та геометрична прогресія розвитку. Яка, не зважаючи на все, є фрагмент кривої іншого, поки не вивченого циклу космічної генези. Які вказані в стародавніх текстах, але не досліджуються зараз.

Стосовно міста Дніпро при прогнозуванні та плануванні виробничих зон Шостого технологічного устрою ці цикли теж треба врахувати. Не виключається, що в ході дослідження їхньої взаємодії виявляться нові закономірності

просторово-часової трансформації міст. Включно з Дніпро.

Важливо пам'ятати головне: І НА ЗЕМЛІ, І В КОСМОСІ, І В СОЦІУМІ, В УСЬОМУ ДІЮТЬ ЗАКОНИ ЦИКЛІВ. Їхніми наслідками є все нові й нові трансформації селищних територій міських та сільських населених місць.

Якщо подивитися на технологічні уклади з позиції високих узагальнень, які корисно знати у контексті загального розуміння шляху розвитку людства, можна послатися на фахівців, які ведуть дослідження й у даному напрямі. Найбільш масштабно цю еволюцію представив М. Кардашов. Він розробив шкалу, що представляє безперечний пізнавальний інтерес з погляду розуміння шляху, яким ми йдемо. Шкала цікава.

Астрофізик М. Кардашев створив шкалу як метод виміру технологічного розвитку цивілізації, заснований на кількості енергії, яку цивілізація може використовувати для своїх потреб. Тобто шкала відображає ключовий аспект існування життя – співвідношення з необхідною для існування енергією. Шкала була опублікована М. Кардашевим у 1964 році. Вона визначає три категорії, званих відповідно тип I, II та III: цивілізація I типу використовує всі доступні енергетичні ресурси, що є на своїй рідній планеті; цивілізація II типу використовує всю енергію своєї зірки; III типу – своєї галактики. Шкала має продовження і надалі. Вона гіпотетична. Але цілком аргументована.

Є й інші шкали, наприклад, шкала Х. Каутца. По суті, вона лише розширила деякі моменти шкали М. Кардашова. І не більше.

Є шкала біологічної еволюції А. Н. Северцова, яка також виведена з урахуванням витрати енергії, але не людством, а всієї біотою планети [17].

Говорячи про енергію, потрібно автоматично розуміти моделі її автономного колообігу. Колообіги енергії для промислового виробництва та колообіги у невиробничій сфері пов'язані один з одним досить умовно.

У невиробничій сфері є колообіг прав та здібностей. Крім невід'ємних прав – на життя, здоров'я, працю, житло тощо, є права, що набуваються людиною (права по праву): на привілеї, на винагороду за ініціативу тощо. «Права по праву» повинні бути зароблені людиною шляхом розвитку в людині своїх інтелектуальних, психофізичних здібностей, моральних підвалин або своїми соціально значущими діями. Саме такий колообіг примушує рухатись шляхом еволюції. Коли розвиток людини стає метою держави, то еволюція людини перестає бути випадковою і не керованою. У той час як зараз все навпаки. У результаті людство, за дослідженнями Майкла Кремо, почало деволюціонувати. Ентропія у всьому розвивається. Включаючи архітектуру та містобудування.

Селітебні території сучасних міст відчують зміни, що описуються математичними моделями теорії хаосу. Точніше – керованого хаосу, оскільки некерованого хаосу немає в принципі.

З точки зору архітекторів-містобудівників, йде стирання відмінностей між базовими структурно-планувальними, а також деякими функціональними елементами селітебної території як ієрархічних елементів багатоступеневої системи обслуговування населення.

Руйнуються й інші базові компоненти житлової забудови, які завжди існували в історії містобудування: міські ансамблі; локації доміант забудови; формування панорам міста; створення властивих конкретному місту масштабу, метру, ритму та пропорцій у житловій забудові; формування ближніх, середніх та далеких планів сприйняття забудови; створення композиційних вісей у забудові; створення забудови, що підкреслює форми рельєфу та елементів гідрографічної структури місцевості; прив'язка забудови до пропускної спроможності транспортних мереж міста; формування правильних співвідношень між відкритими та закритими просторами; формування необхідної кількості площ та їх взаємозв'язку із селітебними територіями; а також багато

інших якостей, що належать до зони відповідальності архітектора. До цього вели небажані трансформації юридичних функцій головних архітекторів міст, зниження законодавчої відповідальності за композиційні аспекти забудови, та багато – багато інших. Всі вони є відступами від об'єктивних процесів функціонування фізичного світу міста.

Чому ми наполягаємо на вивченні цих явищ містобудівниками? Тому що в основі біологічного прогресу та розвитку людства у дуальній системі лежать глибокі термодинамічні закономірності. Слід їх зрозуміти та по можливості використовувати у нашій професії. Не слід спокушатися надією, що все якось обійдеться – закони природи дуальності неблаганні. Все з точністю до навпаки: незнання законів термодинаміки в архітектурі та містобудуванні та невміння їх врахувати веде все далі до створення міст та будівель – убивць людей.

Ще раз нагадаємо напис у піраміді Хеопса: «Людство загине від незнання законів природи та невміння їх використовувати».

Сценарії майбутнього описані різними людьми. Наприклад, у книзі «Кінець історії та остання людина» – першій книзі американського філософа та політолога Френсіса Фукуями [23]. Публікації говорять про те, що ця книга сильно вплинула на світогляд низки світових лідерів. У тому числі – президентів провідних країн світу. Наприклад, книга Джорджа Буша молодшого, «Кінець історії» фактично став «канонічним текстом» «молодих» неоконсерваторів, оскільки був співзвучний основній меті їхньої зовнішньої політики – активне просування демократії західного стилю та вільного ринку по всьому світові. Книжка не безперечна. Її критикують. Але знову і знову підкреслимо: ідеальних поглядів і теорій не може існувати в принципі. «Теорії всього» немає. Є лише деякі погляди, висловлені найбільш просунутими у якихось питаннях людьми.

Наводимо цей приклад з однією єдиною метою: такі люди-лідери, президенти чи

інші відносяться до персон, які приймають рішення світового рівня. Вони навіть не регіональники. Від їхньої політичної волі залежить наповнення кожного нового технологічного устрою на планеті Земля. Від них залежить, скільки енергії витратить людство під час кожного технологічного укладу.

У зв'язку з тим, що енергія в основі всіх фізичних явищ у Світі, Н. Кардашев провів аналіз витрати енергії людством за роками і дійшов до цікавих висновків: наша людська цивілізація нині ще не досягла типу I, оскільки здатна використовувати лише частину енергії, що є на Землі. Поточний стан людської цивілізації, за шкалою Кардашова, можна назвати типом 0. Карл Саган, один із чи не найвідоміших фахівців з пошуку позаземних цивілізацій у другій половині XX століття, запропонував інтерполяцією та екстраполяцією розширити застосовність шкали Кардашова, перетворивши її з рангової на абсолютну (Карл Саган. Бліда блакитна точка: Погляд на космічне майбутнє людства) [9; 10].

Ось як бачаться М. Кардашовим цивілізації нульового та першого типу [8].

Цивілізації типу 0 є перед-індустріальними або, у кращому випадку, цивілізаціями на першому етапі космічної експансії. Цей тип використовує більшу частину доступних енергетичних ресурсів планети. Найбільш близьким аналогом є людство на початку XXI ст.

Можливо, багато цивілізацій цього типу самознищуються в процесі переходу на новий рівень розвитку. В одному з азіатських буддійських данців лами показали В. В. Воробйову в 1995 році древній текст на манускрипті (переклад робив лама), який розповідає про те, що сучасне людство – 23-е на Землі. Із них 18 людств самознищили себе.

Підкреслимо: під терміном «передіндустріалізація» розуміється не ситуація, коли заводів немає взагалі; ні, вони вже є. Але рівень їх технологічного розвитку і продукція, що отримується в ході виробничого процесу, наприклад, метал, за космічними мірками настільки примітивна,

що поки що не може бути маркером промисловості в повному розумінні цього терміна.

Цивілізація I типу. Планетарна цивілізація використовує ресурси своєї планети повністю. Планети її зоряної системи колонізуються, стаючи частиною ресурсної бази. Дуже часто цей етап стає для цивілізації пасткою.

У зв'язку з цим прагнення міста Дніпро брати участь у міжнародних космічних програмах зі створення поселень на Місяці (а потім – на Марсі) (проект «Артеміда» та інші, що розробляються нині країнами космічного клубу) можна вважати підготовкою до майбутнього переходу до цивілізації I типу.

Національний центр аерокосмічного освіти молоді ім. О. М. Макарова щорічно проводить конференції, спрямовані на відбір та аналіз ідей для реалізації цього замислу. Наприклад, таких як «Людина і космос», «Космічні горизонти» та інші. Проводять конференції та інші організації, пов'язані із космічною тематикою. На VII міжнародній конференції «Космічні технології: сучасне і майбутнє», на базі КБ «Південне» (м. Дніпро), що проходила в 2019 році, вперше працювала секція № 7, присвячена створенню української версії поселення на Місяці, на гребені кратера Шеклтон, на південному полюсі нашого космічного сусіда.

Фахівці ПДАБА взяли в ній участь (М. В. Савицький, С. В. Шатов та В. В. Воробйов), показавши свої розробки на цю тему.

Цивілізація I типу входить у стані самодостатності, спрямовуючи ресурси на віртуальний розвиток, замість подальшої експансії. Багато цивілізацій цього типу припиняють своє існування внаслідок катастрофічних змін рідної зірки – наприклад, перетворення їх у нову чи наднову зірку.

Пропустимо наступні типи цивілізації та завершимо перелік двома останніми.

Цивілізація V типу. Цивілізація, що отримала доступ до всієї доступної енергії Всесвіту. Вона має підтипи. Така цивілізація

буде здатна змінювати деякі аспекти фізики Всесвіту.

Цивілізація VI типу – гіпотетична цивілізація, яка може використовувати енергію кількох всесвітів, змінювати їх фізику і навіть запобігти тепловій смерті рідного всесвіту, щоб існувати вічно.

Тип VI існує поза часом і простором і здатний створювати всесвіт, мульти-всесвіт і знищувати їх так само легко. Це схоже на концепцію божества. Важко чи неможливо уявити собі історію такої цивілізації. Дехто вважає, що Біблійний Господь – БОГ БАТЬКО був одним із її представників. Очевидно, що цивілізація типу Омега, якщо вона справді існує, є відповідальною за створення всіх інших типів. Але це – лише припущення.

Знову наголосимо: шкала Н. Кардашова – гіпотетична. Її неможливо довести. Але їжу для роздумів вона все ж таки дає.

Таким чином, щоб людству дійти до цього рівня, потрібно пройти таку безліч технологічних укладів, яку неможливо уявити.

Поки що людство лише на початку цього шляху. Воно тільки йде до цивілізації першого типу. Воно ще «нульове». Тобто знаходиться в точці початку відліку на цій гіпотетичній лінійці подій майбутнього.

Умовність шкали Кардашова безперечна. Згідно з другою теоремою Геделя, людству неможливо уявити реальний сценарій шляху розвитку в такому віддаленому майбутньому. Не можна коректно описати систему, перебуваючи у цій системі. Оскільки людина є частиною технологічної цивілізації, то опис цивілізації з погляду людини буде явно не коректним. Щоб описати систему, потрібно піднятися над системою.

Розгляд сенсу технологічної цивілізації не перевіряється. Найбільш перевірені та коректні висновки можна отримати лише у разі розгляду технологічної цивілізації зовні.

Куди ж прагнуть цикли Кондратьєва? До чого вони можуть спричинити?

Джон фон Нейман і Станіслав Марцин Улам [20] звернули увагу на те, що

прискорення технічного прогресу, що об'єктивно спостерігається (і інтуїтивно відчувається), рано чи пізно призведе до такого моменту, коли люди перестануть встигати за технологіями. Розвиток технологій обже не розвиток людини. Що й призведе до самознищення людей Землі.

Про це попереджали генії, які жили тисячі років тому. *«Пізнання речей не повинно випереджати пізнання справедливості»* – говорить одна зі східних мудростей.

Про це говорять і сучасні експерти: людство підійшло до такого рівня технологій, які вже зараз можуть його знищити. Більше того, наприкінці січня 2025 року на весь світ оголошено, що час на «Годиннику судного дня» переведено на секунду вперед. Про що йшла трансляція всіма телеканалами Світу, включаючи Україну (ТВ-канал «Інтер»).

Технологічні переходи у розвитку математики називають «сингулярністю». Тільки ось цього разу це буде не особливістю якоїсь фізичної системи, що вивчається, а особливістю всієї історії людства. З іншого боку, історія людства в рамках нашої біосфери є наслідком роботи фізичної системи.

Найвідомішими популяризаторами сингулярності стали Вернон Віндж (написав книгу «Сингулярність») та Реймонд Курцвейл (написав книгу «Сингулярність вже близько»). Курцвейл стверджував у своїй книзі, що в середині XXI століття людство переживе настільки серйозне технологічне зрушення, що створені за багатовікову історію соціальні інститути та суспільні підвалини повністю «перевернуться з ніг на голову» (Рей Курцвейл. *The Singularity is Nearer: When We Merge with AI*).

У контексті поняття технологічної сингулярності існує ще один термін, що позначає підхід до концептуалізації еволюції – «Велика (універсальна) історія» (іноді «Мегаісторія»). (Stearns, Peter N. *Growing Up: The History of Childhood in a Global Context*).

Створюються також інші теорії про майбутнє людства. Оскільки це нова галузь знань, її слід вивчати за межами теми нашого дослідження.

Проте слід зазначити: вже у 2025 році у ЗМІ неодноразово проходила інформація про те, що провідні західні фірми вже відмовляються брати на роботу випускників коледжів та університетів.

Молодих спеціалістів успішно замінює тепер штучний інтелект. Існують проектні бюро, в яких роль архітекторів вже виконує штучний інтелект. І робить це швидко і високоефективно як в технічному, так і у творчому плані. Протягом найближчих кількох десятиріч років потреба в людях чи неповсюдно відпаде. Підприємства будуть автоматизовані. Люди стануть зайвими та непотрібними. Це породить великі проблеми у соціальній організації суспільства.

Нині багато передбачуючих концепцій, створених як тисячоліття тому, так і в наш час, великими, економічно розвиненими державами світу вивчаються ретельно. Вивчаються з метою пошуку математичних залежностей і тематичних напрямів, які можна передбачити. Такі дослідницькі організації (центри) мають закритий характер. У них, на основі спеціальних методів аналізу, відкидаються хибні передбачення, перевіряються частково здійснені передбачення, досліджуються передбачення, що повністю реалізувалися. Найпотужніша з таких структур перебуває у США. Потрібно сказати, їх успіхи досить великі. Вони почали створювати навіть спеціальну фотоапаратуру, яка вже вмє фотографувати події минулого чи майбутнього, що відбуваються у будь-якій точці земної кулі.

У будь-якому конкретному будинку. У відкритій пресі ці матеріали не оприлюднюються. Важливість таких робіт для стратегічного управління процесами на Землі очевидна і не потребує коментарів.

На початку 90-х років XX сторіччя незначна частина результатів таких досліджень, у тому числі за виглядом міст майбутнього, «випадково» потрапила на

сторінки спеціалізованих журналів, але далі такі публікації не тривали.

Іншими словами, все це підкреслює базову тезу, отриману низкою сучасних дослідників: **ВСЕ ВЖЕ Є. ТУТ І ЗАРАЗ. ЧАСУ НЕ ІСНУЄ. ЦЕ – ІЛЮЗІЯ, ПАСТКА, СТОРЕНА РОЗУМОМ. У МІСТОБУДІВНИЦТВІ ТА АРХІТЕКТУРІ ПОТРІБНО ПЕРЕХОДИТИ НА НОВУ ПАРАДИГМУ ЗНАНЬ ПРО ЛЮДИНУ ТА СВІТ. Яка за межами дуальності.**

Цікаво відзначити, що до цих висновків мудреці давніх народів дійшли тисячі років тому, створивши свої унікальні світоглядні теорії, такі як дзен-буддизм, даосизм та інші. Але лише у XXI столітті фізики довели: це – правда.

Схоже не те, що східна думка випередила західну на тисячі років.

Задовго до нашої ери в Європі деякі гілки гностиків почали підходити до схожих поглядів, але вони так і залишилися в теологічних контекстах, не дійшовши до фізики.

Таким чином, з цих теорій для архітектурно-містобудівної проблематики впливає важливий висновок: **ЩОБ ПІЗНАТИ СИСТЕМУ, ПОТРІБНО ВИЙТИ З СИСТЕМИ, ПІДНЯТИСЯ НАД НЕЮ [16].**

Аналіз дисертацій, захищених архітекторами в Україні з 1991 року, показав: ніхто навіть не ставив таке питання. Всі ці роботи – суб'єктивно-внутрішньосистемні.

Таким чином, Шостий технологічний уклад, якого має прагнути і місто Дніпро, – лише ступінь на цьому нескінченному шляху. Ступінь з поміж багатьох інших ступенів у цивілізації нульового типу.

Якщо подивитися на ситуацію в Дніпрі ближче, то в сучасній смузі історії, то ситуація з технологічними устроями поки що виглядає як набір фрагментів різних устроїв. Навіть деякі уклади минулого зараз повністю або частково зруйновані, хоча були раніше сформовані.

Ядра технологічних укладів минулого, наприклад, третього та четвертого, у довоєнному стані не вціліли. Вони були зупинені, або розпалися на дрібні приватні

малі підприємства іншого, ніж початковий, профілю. Після розпаду СРСР вони поетапно деформувалися.

Програми формування підприємств шостого технологічного укладу стосовно умов міста Дніпро в адміністрації міста є, але їх належить розробляти далі.

Це означає, що в рамках цього дослідження поки що немає можливості оцінити площі під промислові території майбутнього. Немає можливості зрозуміти, якою має бути їх потужність, людиноємність та всі інші характеристики, що використовуються для таких об'єктів. Немає можливості визначити місця розміщення нових промислових об'єктів у генеральному плані міста.

Відсутність розуміння шляхів вирішення цих завдань веде до перманентного, некерованого заповнення міста житловими будинками та житловими комплексами, які остаточно перетворюють місто на театр містобудівних помилок. Селітебна територія Дніпра з одного боку, відчуває процеси інтенсифікації своєї забудови, урізноманітнюючи її, але з іншого боку, руйнуючи в ній ідеологію формування своєї структурно-планувальної організації як важливої підсистеми міста. Дніпро поступово перетворюється на місто «містобудівних помилок». Шляхи

трансформації селітебної території Дніпра можна повернути в нормальне русло, але поки що цим ніхто не займається. І, схоже, не хоче, і не може займатися через відомі економічні причини та професійні проблеми.

На даному етапі нашого дослідження відбувається лише реконгносцирування напряму подальших пошуків та подальших наукових досліджень з промислових та житлових територій. А також з пошуку нових планувальних принципів зв'язку промислових територій із селітебними утвореннями. Включно з трансформацією їх планувальної структури.

Зважаючи на те, що наприкінці шостого технологічного укладу переважна більшість виробництв перейде в автоматизований режим функціонування, що й потребує шостий технологічний уклад, ідеологія та принципи структурно-планувальної організації селітебної території Дніпра мають суттєво трансформуватися.

Населення не буде пов'язане у великих масштабах із заводами та іншими промисловими об'єктами. А отже, житлові райони та мікрорайони не орієнтуватимуться на інші форми та місця зайнятості, що змінить і транспортну структуру міста, і систему обслуговування населення та інші системи.



Рис. Фахівці КБ «Південне» та ПДАБА (м. Дніпро), які працюють за програмою «Поселення на Місяці» (2020 рік): О. В. Дегтярьов, генеральний директор «КБ «Південне» ім. М. К. Янгеля; М. В. Савицький, ректор ПДАБА; С. В. Шатов, професор кафедри будівельних та дорожніх машин ПДАБА; В. В. Воробйов, доцент кафедри архітектурного проектування та містобудування ПДАБА.
Шостий технологічний уклад

Висновки

1. В основі трансформації промислових територій Дніпра повинні лежати економічні установки та політичні перетворення громадянського суспільства, що їм відповідають, що диференціюють населення Дніпра на соціально-економічні групи, що забезпечують життєдіяльність шостого економічного укладу;

2. Номенклатура, продуктивність, виробничі технології, локації на місцевості, тривалість функціонування, етапи функціональної гнучкості/варіативності, а також архітектурна типологія промислових об'єктів шостого технологічного устрою

мають бути розраховані на основі окремих наукових досліджень цього питання.

3. Структурно-планувальна організація селітебних територій Дніпра має трансформуватися під умови шостого технологічного укладу, а також під умови зміни природно-кліматичних, екологічних, астропланетарних та соціально-демографічних та інших факторів, сформувавши принципово нові структурні одиниці, що змінюють житлові групи, мікрорайони та райони на інші фармації, що спираються на інноваційні технології життєзабезпечення людей.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Белл Д. Прийде шне постіндустріальне суспільство. Несбіт Дж., Ебурдін П. Мегатенденції 2000. 1994.
2. Бест, Майкл Х. Новая конкуренция : Институты промышленного развития. 2002. 356 с.
3. Василенко В. Технологические уклады в контексте стремления экономических систем к идеальности. *Соціально-економічні проблеми і держава*. 2013. Т. 8, № 1. С. 65–72.
4. Глазьев С. Ю., Львов Д. С., Фетисов Г. Г. Эволюция технико-экономических систем : возможности и границы централизованного регулирования. 1992. 207 с.
5. Гринин Л. Е. Вербальная модель соотношения длинных кондратьевских волн и среднесрочных жоугляровских циклов. История и математика : Анализ и моделирование глобальной динамики. Ред.: А. В. Коротаев, С. Ю. Малков, Л. Е. Гринин. 2010. С. 44–111.
6. Гринин Л. Е., Коротаев А. В. Глобальный кризис в ретроспективе. Краткая история подъемов и кризисов : от Ликурга до Алана Гринспена. 2012. 336 с.
7. Ерзнкян Б. А. Технологическое и институциональное развитие социально-экономической системы в гетерогенной среде. *Journal of Institutional Studies (Журнал институциональных исследований)*. 2012. Т. 4, № 3. С. 79–94.
8. Kardashev N. S. The Search for Extraterrestrial Life : Recent Developments. Dorderch etc. 1985. Pp. 497–504.
9. Кардашев Н. Передача информации внеземным цивилизациям. *Астрономический журнал*. Т. 41, № 2. 1964. С. 282–287.
10. Карл Саган. Блакитна цятка : космічне майбутнє людства. Pale Blue Dot. A Vision of the Human Future in Space. Харків : КСД, 2019. 320 с.
11. Масааки Хирооки. Innovation Dynamism and Economic Growth. A Nonlinear Perspective. Edward Elgar, Cheltenham, UK -Northampton, MA, USA, 2006.
12. Меньшиков С. М., Клименко Л. А. Длинные волны в экономике : когда общество меняет кожу. 2014. 288 с.
13. Механик А. Пузыри, порождающие прогресс. *Експерт*. 2011. № 37 (770).
14. Нанотехнологии как ключевой фактор нового технологического уклада в экономике. Под ред. С. Ю. Глазьева и В. В. Харитоновой. 2009. 304 с.
15. Perez Carlota : Technological Revolutions and Financial Capital : The Dynamics of Bubbles and Golden Ages. Edward Elgar, London, 2002.
16. Рассел Б. Человеческое познание. Его сфера и границы. 1957.
17. Северцов А. Н. Морфологические закономерности эволюции. АН СССР, 1939. 610 с.
18. Christensen, Clayton M. The innovator's dilemma : when new technologies cause great firms to fail. Boston, Massachusetts, USA : Harvard Business School Press, 1997.
19. Systems of Innovation : Selected Essays in Evolutionary Economics. Carlota Perez : Technological Revolutions and Financial Capital : The Dynamics of Bubbles and Golden Ages. Edward Elgar, London, 2002.
20. Станиславов Марцин Улам. Нерешённые математические задачи. *Collection of Mathematical Problems*. Пер. с англ. З. Я. Шапиро. 1964. 168 с.
21. Techno-Economic Paradigms : Essays in Honour of Carlota Perez. Ed. by Wo. Drechsler etc. London : Anthem Press, The Other Canon Foundation, 2011. 442 с.
22. Тоффлер Е. Третья волна. 2004.
23. Fukuyama F. Second Thoughts : The Last Man in a Bottle. The National Interest. Фукуяма Ф. Конец истории? *Вопросы философии*. 1990. № 3. С. 84–118.

REFERENCES

1. Bell D. *Pryideshnye postindustrialne suspilstvo* [The Coming of Post-Industrial Society]. Naisbitt J., Aburdene P. *Mehatendentsii* [Megatrends]. 2000. (in Ukrainian).
2. Best, Michael H. *Novaia konkurentsia : Instituty promyshlennogo razvitiia* [The New Competition : Institutions of Industrial Development]. 2002, 356 p. (in Russian).
3. Vasylenko V. *Tekhnologichni układy v konteksti strimlennia ekonomichnykh system do idealnosti* [Technological paradigms in the context of the pursuit of economic systems toward ideality]. *Sotsialno-ekonomichni problemy i derzhava* [Socio-Economic Problems and the State]. 2013, vol. 8, no. 1, pp. 65–72. (in Ukrainian).
4. Glaziev S.Yu., Lvov D.S. and Fetisov H.H. *Evoliutsiia tekhniko-ekonomicheskikh system : vozmozhnosti i hgranitsy tsentralizovannoho rehulirovaniia* [Evolution of Techno-Economic Systems : Possibilities and Limits of Centralized Regulation]. 1992, 207 p. (in Russian).
5. Hrynin L.Ye. *Verbalna model spivvidnoshennia dlynykh kondratievskykh khvyl i serednostrokovykh zhyuhliarivskykh tsykliv* [Verbal model of the relationship between long Kondratiev waves and medium Juglar cycles]. *Istoriia i matematika : Analiz i modeliuvannia hlobalnoi dynamiky* [History and Mathematics : Analysis and Modeling of Global Dynamics]. Ed. by A.V. Korotaiev, S.Yu. Malkov and L.Ye. Hrynin. 2010, pp. 44–111. (in Ukrainian).
6. Hrynin L.Ye. and Korotaiev A.V. *Hlobalnyi kryzys v retrospektyvi. Korotka istoriia pidniattiv i kryz: vid Lykurha do Alana Hrynspena* [Global Crisis in Retrospective. A Brief History of Booms and Crises : From Lycurgus to Alan Greenspan]. 2012, 336 p. (in Ukrainian).
7. Erzinkian B.A. *Tekhnologichne ta instytutsionalne rozvytok sotsialno-ekonomichnoi systemy v heterohennomu seredovyschi* [Technological and Institutional Development of the Socio-Economic System in a Heterogeneous Environment]. *Journal of Institutional Studies*. 2012, vol. 4, no. 3, pp. 79–94. (in Ukrainian).
8. Kardashev N.S. *The Search for Extraterrestrial Life : Recent Developments*. Dordrecht etc. 1985, pp. 497–504.
9. Kardashev N. *Peredacha informatsii vnezemnym tsivilizatsiiam* [Transmission of Information to Extraterrestrial Civilizations]. *Astronomicheskii zhurnal* [Astronomical Journal]. Vol. 41, no. 2, 1964, pp. 282–287. (in Russian).
10. Carl Sagan. *Blakytna tsiatka : kosmichne maibutnie liudstva* [A Vision of the Human Future in Space]. Pale Blue Dot. Kharkiv : KSD, 2019, 320 p. (in Ukrainian).
11. Masaaki Hirooka. *Innovation Dynamism and Economic Growth. A Nonlinear Perspective*. Edward Elgar, Cheltenham, UK – Northampton, MA, USA, 2006.
12. Menshykov S.M. and Klimenko L.A. *Dlinnye volny v ekonomike : kogda obshchestvo meniaet kozhu* [Long Waves in the Economy : When Society Changes Its Skin]. 2014, 288 p. (in Russian).
13. Mekhanik A. *Puzyri, porozhdaiushchie progress* [Bubbles That Generate Progress]. *Ekspert* [Expert]. 2011, no. 37 (770). (in Russian).
14. *Nanotekhnologii yak kliuchovyi faktor novoho tekhnologichnoho ukladu v ekonomitsi* [Nanotechnologies as a Key Factor of the New Technological Paradigm in the Economy]. Ed. by S.Yu. Glazyev and V.V. Kharitonov. 2009, 304 p. (in Ukrainian).
15. Perez Carlota : *Technological Revolutions and Financial Capital : The Dynamics of Bubbles and Golden Ages*. Edward Elgar, London, 2002.
16. Rassel B. *Chelovecheskoe poznanie. Ego sfera i hgranitsy* [Human Knowledge : Its Scope and Limits]. 1957. (in Russian).
17. Severtsov A.N. *Morfologicheskie zakonomernosti evoliutsii* [Morphological Patterns of Evolution]. USSR Academy of Sciences Publishing House, 1939, 610 p. (in Russian).
18. Christensen, Clayton M. *The Innovator's Dilemma : When New Technologies Cause Great Firms to Fail*. Boston, MA, USA : Harvard Business School Press, 1997.
19. *Systems of Innovation : Selected Essays in Evolutionary Economics*. Carlota Perez : *Technological Revolutions and Financial Capital : The Dynamics of Bubbles and Golden Ages*. Edward Elgar, London, 2002.
20. Stanisław Marcin Ulam. *Nereshionnye matematicheskie zadachi* [Unsolved Mathematical Problems]. Collection of Mathematical Problems. Translated from English by Z.Ya. Shapiro. 1964, 168 p. (in Russian).
21. *Techno-Economic Paradigms : Essays in Honour of Carlota Perez*. Ed. by Wolfgang Drechsler et al. London : Anthem Press, The Other Canon Foundation, 2011, 442 p.
22. Toffler A. *Tretia khvyliia* [The Third Wave]. 2004. (in Ukrainian).
23. Fukuyama F. *Second Thoughts : The Last Man in a Bottle*. The National Interest. 1999. Fukuyama F. *Konets istorii?* [The End of History?]. *Voprosy filosofii* [Issues of Philosophy]. 1990, no. 3, pp. 84–118. (in Russian).

Надійшла до редакції: 07.03.2025.

УДК 624.131.5:004.896:699.8

DOI: 10.30838/UJCEA.2312.270425.95.1179

ДОСЛІДЖЕННЯ ДОЦІЛЬНОСТІ ВИКОРИСТАННЯ РОБОТИЗОВАНОЇ ТЕХНІКИ З ІІІ ДЛЯ ВИЯВЛЕННЯ ДЕФЕКТІВ ПОКРІВЕЛЬ

ДІКАРЕВ К. Б.^{1*}, канд. техн. наук, доц.,

ГРИГОРОВИЧ М. С.², здоб.,

НЕЧЕПУРЕНКО Д. С.³ канд. техн. наук, доц.

ВАРЯНИЧКО М. О.⁴, канд. техн. наук, доц.

^{1*} Кафедра технологій будівельного виробництва, Український державний університет науки і технологій, ННІ «Придніпровська державна академія будівництва та архітектури», вул. Архітектора Олега Петрова, 24-а, 49005, Дніпро, Україна, тел. +38 (056) 756-33-66, e-mail: kdikarev@ukr.net, ORCID ID: 0000-0001-9107-3667

² Кафедра технологій будівельного виробництва, Український державний університет науки і технологій, ННІ «Придніпровська державна академія будівництва та архітектури», вул. Архітектора Олега Петрова, 24-а, 49005, Дніпро, Україна, тел. +38 (056) 756-33-66, e-mail: nik27mil@gmail.com, ORCID ID: 0000-0002-5539-7493

³ Кафедра організації і управління будівництвом, Український державний університет науки і технологій, ННІ «Придніпровська державна академія будівництва та архітектури», вул. Архітектора Олега Петрова, 24-а, 49005, Дніпро, Україна, тел. +38 (056) 756-33-66, e-mail: Nechepurenko.daria@pdaba.edu.ua, ORCID ID: 0000-0002-9292-4790

⁴ Кафедра будівельної і теоретичної механіки та опору матеріалів, Український державний університет науки і технологій, ННІ «Придніпровська державна академія будівництва та архітектури», вул. Архітектора Олега Петрова, 24-а, 49005, Дніпро, Україна, тел. +38 (066) 369-04-13, e-mail: varianichko.mari@pdaba.edu.ua, ORCID ID: 0000-0002-4546-1383

Анотація. Актуальність. Війна в Україні призвела до численних руйнувань, зокрема в Дніпропетровській області, що робить використання роботизованих технологій для обстеження пошкоджених будівель, особливо дахів, важливим і терміновим завданням. Падіння уламків ракет і дронів «Shahed 136», що супроводжуються масштабними руйнуваннями, збільшує потребу в оперативних та точних методах оцінки пошкоджень, зокрема дахів. Застосування роботизованої техніки, оснащеної штучним інтелектом (ІІІ) та тепловізійними камерами для діагностики дефектів покрівель є одним з найперспективніших підходів. Ці технології дозволяють виявляти приховані дефекти та проблеми з мінімальним впливом на експлуатацію будівель, що особливо важливо в умовах післявоєнного відновлення. Оперативна оцінка стану покрівель є необхідною для ефективного управління ремонтними роботами та забезпечення довговічності інфраструктури після війни. **Мета статті.** Метою статті є обґрунтування ефективності використання роботизованої техніки з ІІІ для інспекції покрівель, зокрема для виявлення дефектів і пошкоджень на дахах, а також визначення економічної доцільності та технічного потенціалу таких технологій у сучасному будівництві та відновленні пошкоджених будівель. Стаття досліджує, як ці технології можуть сприяти швидшим, безпечнішим та економічнішим інспекціям. Крім того, розглядаються можливості впровадження цієї технології в контексті післявоєнного відновлення інфраструктури в Україні, особливо в Дніпропетровській області, де зафіксовано значні пошкодження. Результати дослідження також мають важливе значення для адаптації світового досвіду до українських умов та підготовки необхідної нормативної бази для широкого впровадження цих технологій у процес відновлення. **Висновки.** Використання роботизованої техніки з тепловізорами та ІІІ є економічно вигідним, технічно ефективним і безпечним методом для діагностики покрівель. Застосування цієї технології дозволяє значно скоротити час і витрати на інспекції, мінімізувати людські ризики та забезпечити високу точність діагностики. Технологія дозволяє своєчасно виявляти приховані дефекти, такі як волога під покриттям, протікання, втрату теплоізоляції, а також механічні пошкодження матеріалів покрівель, що значно зменшує ймовірність потреби в дорогих ремонтах. У контексті післявоєнного відновлення України ці технології мають потенціал стати стандартом для швидкої та безпечної оцінки пошкоджених будівель. Дослідження є необхідним для адаптації світового досвіду до українських умов і для розвитку нормативної бази, що підтримує використання таких інноваційних технологій у будівництві та ремонті.

Ключові слова: роботизована техніка з ІІІ; інспекція покрівель; відновлення інфраструктури; безпека

RELEVANCE OF RESEARCH ON INNOVATIVE SOLUTIONS FOR DETECTING DEFECTS IN FLAT ROOFS

DIKAREV K.B.^{1*}, Ph.D. (Tech. Sc.), Assoc. Prof.,

HRYNOROVYCH M.S.², Applicant,

NECHEPURENKO D.S.³, *Ph.D. (Tech. Sc.), Assoc. Prof.*,
VARIANYCHKO M.O.⁴, *Cand. Sc. (Tech.), Assoc. Prof.*

^{1*} Department of Organization and Construction Management, Ukrainian State University of Science and Technologies, ESI "Prydniprovsk State Academy of Civil Engineering and Architecture", 24-a, Architect Oleh Petrov St., Dnipro, 49005, Ukraine, tel. +38 (056) 756-33-66, e-mail: kdikarev@ukr.net, ORCID ID: 0000-0001-9107-3667

² Department of Organization and Construction Management, Ukrainian State University of Science and Technologies, ESI "Prydniprovsk State Academy of Civil Engineering and Architecture", 24-a, Architect Oleh Petrov St., Dnipro, 49005, Ukraine, tel. +38 (056) 756-33-66, e-mail: nik27mil@gmail.com, ORCID ID: 0000-0002-5539-7493

³ Department of Organization and Construction Management, Ukrainian State University of Science and Technologies, ESI "Prydniprovsk State Academy of Civil Engineering and Architecture", 24-a, Architect Oleh Petrov St., Dnipro, 49005, Ukraine, tel. +38 (056) 756-33-66, e-mail: Nechepurenko.daria@pdaba.edu.ua, ORCID ID: 0000-0002-9292-4790

⁴ Department of Building and Theoretical Mechanics and Strength of Materials, Ukrainian State University of Science and Technologies, ESI "Prydniprovsk State Academy of Civil Engineering and Architecture", 24-a, Architect Oleh Petrov St., Dnipro, 49005, Ukraine, tel. +38 (066) 369-04-13, e-mail: varianichko.mari@pdaba.edu.ua, ORCID ID: 0000-0002-4546-1383

Abstract. Relevance. The war in Ukraine has led to numerous destructions, particularly in the Dnipropetrovsk region, making the use of robotic technologies for inspecting damaged buildings, especially roofs, an important and urgent task. The falling debris from rockets and "Shahed 136" drones, accompanied by widespread destruction, increases the need for prompt and accurate methods for assessing damage, particularly to roofs. The application of robotic technology equipped with artificial intelligence (AI) and thermal imaging cameras for diagnosing roof defects is one of the most promising approaches. These technologies allow for the detection of hidden defects and problems with minimal impact on the operation of buildings, which is especially important in the context of post-war reconstruction. The rapid assessment of roof conditions is essential for the effective management of repair works and ensuring the long-term durability of infrastructure in the aftermath of the war. **Objective.** The aim of the article is to justify the effectiveness of using robotic technology with AI for roof inspections, specifically for detecting defects and damage to roofs, and to determine the economic feasibility and technical potential of such technologies in modern construction and the restoration of damaged buildings. The article examines how these technologies can contribute to faster, safer, and more cost-effective inspections. Additionally, it discusses the possibilities of implementing this technology in the context of post-war infrastructure recovery in Ukraine, particularly in the Dnipropetrovsk region, where extensive damage has been reported. The findings are also relevant for adapting global experience to Ukrainian conditions and preparing the necessary regulatory framework for widespread adoption of these technologies in the restoration efforts. **Conclusions.** The use of robotic technology with thermal imaging and AI is an economically beneficial, technically efficient, and safe method for roof diagnostics. The application of this technology allows for significant reductions in inspection time and costs, minimizes human risks, and ensures high diagnostic accuracy. The technology enables timely detection of hidden defects such as moisture under the covering, leaks, loss of insulation, and mechanical damage to roofing materials, which significantly reduces the likelihood of costly repairs. In the context of Ukraine's post-war reconstruction, these technologies have the potential to become the standard for fast and safe assessments of damaged buildings. The research is necessary for adapting global experience to Ukrainian conditions and for developing a regulatory framework that supports the use of such innovative technologies in construction and repair.

Keywords: *robotic technology with AI; roof inspection; infrastructure restoration; safety*

Вступ. Розвиток безпілотних технологій відкриває нові можливості для обстеження будівельних конструкцій, зокрема покрівель. Дрони, оснащені штучним інтелектом (ШІ) та тепловізійними камерами, здатні швидко й безпечно виявляти приховані дефекти дахів, які важко помітити традиційними методами. У цьому звіті проаналізовано економічну доцільність використання таких дронів, їхні технічні переваги, розглянуто успішні приклади впровадження у США та Європі, а також описано стан використання технології в Україні (в тому числі у Дніпропетровській області). Наприкінці наведено короткий

огляд альтернативних роботизованих систем з ШІ для моніторингу покрівель.

Економічна доцільність використання дронів. Використання дронів для інспекції покрівель суттєво скорочує витрати та час порівняно з традиційними методами. За даними галузевих досліджень, впровадження дронів дозволяє зменшити тривалість огляду об'єкта до 85 % та скоротити витрати на моніторинг до 70 % [1]. Економія досягається за рахунок відмови від дорогих будівельних риштувань, автовишок та драбин – дрону не потрібне спеціальне обладнання для доступу на дах [2].

Наприклад, один політ дрона займає лише кілька хвилин, тоді як ручний огляд великого даху вимагав би годин роботи на висоті [3]. Це дозволяє виконувати більше інспекцій за той самий час і з меншими трудовими витратами. Безпілотні інспекції значно підвищують безпеку та знижують ризики для персоналу. Працівникам більше не потрібно підніматися на висоту – дрон виконує цю роботу, усуваючи ризик падіння чи травм. За оцінками, застосування дронів знижує травматизм під час огляду дахів приблизно на 35 % [1]. Відповідно, зменшуються витрати на страхування робіт і компенсації: страхові премії можуть бути меншими, оскільки менше людей наражаються на небезпеку [2]. Крім того, дрон мінімізує перерви в роботі об'єкта: огляд можна провести швидко, без евакуації мешканців чи припинення виробничих процесів [6], що опосередковано економить кошти від відсутності простоїв. Економічна ефективність підтверджується практикою. Так, британська житлова асоціація Yorkshire Housing після впровадження дронів оцінила, що цільовий ремонт покрівель (на основі даних аерозйомки) обійдеться у десять разів дешевше, ніж плановий капітальний ремонт,

який спочатку вважався необхідним. Дрони дають змогу перейти від реактивного ремонту до проактивного: регулярний моніторинг і профілактика економлять близько 12–18 % витрат порівняно з ремонтом після аварій. Ще один приклад – рада графства Ренфрушир (Шотландія) повідомила про щорічну економію у кілька мільйонів фунтів завдяки зниженню витрат на інспекції та оптимізації строків експлуатації дахів, що дозволило відстрочити дорогі заміни. Отже, швидка окупність інвестицій є цілком реальною: витрати на придбання дрона та програм ШІ компенсуються за рахунок зменшення трудових ресурсів і уникнення дорогих аварійних ремонтів. Досвід показує, що економія може сягати десятків відсотків бюджету проєкту, а у деяких випадках – забезпечувати багатократне повернення інвестицій [4].

Технічні переваги та можливості. Тепловізійне зображення покрівлі, яке демонструє ділянку прихованої вологи (позначено червоним) рис. Дрони з тепловізорами виявляють такі дефекти, невидимі неозброєним оком, завдяки аналізу температурних аномалій [6].



Рис. Ділянка покрівлі з прихованою вологістю, виявленою тепловізійним методом

Застосування дронів із камерами високої роздільної здатності та тепловізорами забезпечує високу точність

діагностики стану даху. Безпілотник може зробити сотні детальних фотографій покрівлі з різних ракурсів і побудувати

ортофотоплан (мозаїку) всієї покрівлі з прив'язкою до координат. Це дає повну картину поверхні даху, включно з важкодоступними зонами, з точністю до окремої черепиці чи тріщини. На основі цих даних алгоритми комп'ютерного зору (штучного інтелекту) аналізують кожен квадратний сантиметр поверхні і автоматично розпізнають дефекти [5]. Сучасні AI-системи здатні виявляти найпоширеніші проблеми покрівель.

- Протікання та волога під покриттям – тепловізор фіксує зони підвищеної вологості або мокрої теплоізоляції, які мають іншу температуру. Наприклад, дрон помічає вологу, що накопичилася під мембраною плоскої покрівлі, ще до появи явних протікань [6].

Це дозволяє запобігти розвитку пошкодження до стадії, коли потрібний капітальний ремонт.

- Пошкодження покрівельного матеріалу – алгоритми ШІ розпізнають тріщини, відсутні або зламані черепиці, діри в рулонному покритті, здуття мембран тощо. Наприклад, система може автоматично знайти відсутні гонтові елементи на основі порівняння з еталонними зображеннями даху.

- Накопичення води (стояча вода) – для плоских промислових дахів AI-моделі виявляють зони застою води, що вказує на проблеми з дренажем.

Раннє виявлення таких місць допомагає уникнути протікань і пошкодження конструкцій.

- Сліди граду та механічні ушкодження – дрони з високою роздільною здатністю помічають дрібні вм'ятини чи сколи на покрівлі. ШІ-модуль, навчений на базі зображень, здатен розрізнити ушкодження від граду на черепиці чи металічних листах.

Це актуально для оцінки страхових випадків після буревіїв.

- Корозія та іржа на металевих елементах – аналіз кольору і текстури фото дозволяє виділити іржаві фрагменти покрівельного покриття або кріплення.

- Біологічні нарости – AI може класифікувати ділянки з мохом, лишайником або водоростями на даху, що вказує на затримку вологи і потенційно шкодить покриттю.

- Втрата теплоізоляції – тепловізор чітко показує витоки тепла через покрівлю. На термограмі такі місця проявляються нагрітими зонами взимку або прохолодними – влітку. Це дає змогу знайти ділянки з пошкодженням або відсутнім утепленням

Вимірявши температурний градієнт, програмне забезпечення оцінює, де теплоізоляція потребує ремонту чи заміни. Перевагою є комплексність даних: поєднання оптичних зображень і теплових карт дозволяє всебічно оцінити стан даху. За один виліт дрон збирає повний набір даних, який одразу завантажується в систему аналізу. Сертифікований оператор або автоматизований алгоритм може миттєво сформулювати звіт з переліком знайдених дефектів та їхнім точним розташуванням на плані даху. Це скорочує людський фактор при діагностиці і підвищує об'єктивність обстеження. Важливо, що огляд дрона є нерушливим і безконтактним. На відміну від людини, дрон не навантажує покрівлю своєю вагою і не ризикує пошкодити старе покриття під час обходу. Інспекція виконується на відстані, тому не порушується цілісність даху в ході обстеження. Крім того, дрони можуть працювати у важкодоступних місцях, куди людині дістатися важко або небезпечно – наприклад, над скляними дахами, крутонахиленими черепичними покрівлями, у великих цехах зі слабким перекриттям тощо. Вони здатні літати на висоті до 100 м і проводити тепловізійний аналіз без ризику для спеціаліста [1; 2].

Дрони успішно працюють у різних погодних умовах, хоча є оптимальні режими для точних вимірювань. Як правило, тепловізійну зйомку рекомендується проводити вранці або ввечері, коли дах або охолов після сонця, або зберіг достатньо тепла – це підсилює контраст температур і полегшує виявлення вологи. Бажано виконувати польоти в суху погоду (після

дощу покрівля повинна просохнути) та за відсутності сильного вітру, щоб дрон був стабільним. Сучасні моделі дронів оснащені системами стабілізації й можуть літати навіть при помірному повітрі, а також вночі – для цього тепловізору не потрібне видиме світло. Таким чином, інспекцію можна планувати гнучко, підлаштовуючись під погоду і графік власника будівлі, щоб отримати найякісніші дані [6]. В останні роки технічні можливості таких систем зросли, а вартість – зменшилася. Якщо 5–7 років тому обладнання було дорогим і

рідкісним, то тепер дрони та сенсори стали доступнішими для масового використання в будівництві [5]. Зниження цін на тепловізори та камерні модулі спрощує оснащення дронів необхідними сенсорами. Це робить технологію більш економічно виправданою (як згадувалося вище) і технічно здійсненою навіть для невеликих компаній. Для більш наочного представлення порівняння традиційних методів інспекції покрівель і новітніх технологій з дронами та ШІ, представлена таблиця.

Таблиця

Порівняння методів інспекції покрівель

Параметр	Традиційний метод (люди з пристроями)	Метод з дронами та ШІ
Кількість людей	2–4 особи	1 оператор
Час виконання інспекції	4–6 годин	1–2 години
Витрати (кошторис)	Високі (оренда обладнання, зарплати)	Низькі (один політ)
Ризик для здоров'я	Високий (робота на висоті)	Мінімальний (відсутність необх. підніматися на дах)
Точність виявлення дефектів	Залежить від досвіду спеціаліста	Висока (автоматичне виявлення дефектів ШІ)
Доступ до важкодоступних місць	Обмежений (не всі частини покрівлі доступні)	Повний доступ (немає обмежень за умовами)

Приклади впровадження дронів з ШІ.

Американські компанії та муніципалітети активно впроваджують дрони для інспекції покрівель і будівель. Наприклад, компанія Zeitview (DroneBase) розробила AI-платформу, яка аналізує знімки дахів великих комерційних будівель. Вона накладає результати аналізу на двовимірний план даху і точно вказує місця найменших пошкоджень [5] – від слідів граду до ділянок зі скупченням сміття чи відшаруванням мембрани. Це дозволяє обслуговуючим компаніям оперативно планувати ремонт тільки там, де це потрібно. Ще один кейс – енергоаудит будівель за допомогою дронів. У місті Уоррен (штат Міннесота) ще у 2017 році запустили ініціативу тепловізійного картування всього міста з повітря. Студенти місцевого коледжу за допомогою дронів зняли в інфрачервоному діапазоні всі будівлі містечка, щоб виявити, де саме витрачається тепло. Результати були представлені мешканцям – на теплових

картах було чітко видно, які дахи, стіни чи вікна втрачають найбільше енергії [7]. На основі цих даних місто запропонувало програму кредитування утеплення, щоб люди могли усунути проблемні місця і зекономити на опаленні. Цей випадок демонструє масштабованість технології: дрони здатні швидко обстежити навіть сотні будівель, надаючи цінну інформацію для управління цілим містом.

У приватному секторі США дрони з ШІ стали інструментом страхових компаній та покрівельних підрядників. Страхові інспектори використовують дрони після ураганів чи градів, щоб безпечно оцінити збитки на дахах будинків, не чекаючи коли бригади зможуть фізично оглянути кожен будівлю. Це прискорює виплати та ремонт. Покрівельні компанії, своєю чергою, залучають дрони для підготовки кошторисів – автоматизований огляд даху визначає обсяг пошкоджень і навіть може оцінити необхідну кількість матеріалів для ремонту.

За повідомленнями, одна інспекція дроном займає лише кілька годин проти кількох днів ручної роботи, що дає змогу підрядникам обслуговувати більше клієнтів за менший час [8].

У країнах Європи технологія також набуває поширення як серед комерційних структур, так і в публічному секторі. Британський приклад з *Yorkshire Housing* вже згадувався – після пробних польотів керівництво оцінило великий потенціал економії і безпеки. У результаті ця та інші житлові організації почали ширше застосовувати дрони для періодичних оглядів фонду житла. Інший приклад у Великій Британії: муніципалітет *Renfrewshire* завдяки дронам оптимізував планові ремонти дахів, заощадивши значні кошти (понад 2 млн фунтів на рік) [4]. Європейські міста також відзначають, що профілактика витоків за допомогою регулярного моніторингу дешевша, ніж ліквідація наслідків аварій.

Для історичних та громадських будівель дрони стали справжнім порятунком. У Нідерландах, наприклад, постала проблема обстеження даху старовинної залізничної станції початку XX століття. Металеві ферми під дахом викликали підозри у корозії, але дістатися до них було вкрай складно – потрібне було б зведення риштувань, що зупинило б рух потягів через станцію. Замість цього адміністрація залучила спеціалізований дрон *Flyability Elios 3* (обладнаний захисною рамкою для польотів у закритих приміщеннях). Дрон безпечно пролетів у вузькому просторі під дахом і зібрав необхідні дані без жодного простою для станції [9]. Отримані фото та 3D-сканування *LiDAR* дозволили інженерам оцінити стан металевих балок і спланувати ремонтні роботи точково, без “про всяк випадок” заміни всього даху. Цей кейс демонструє, що роботизовані дрони можуть обстежувати навіть складні об’єкти (великі ангари, храми, транспортні вузли), де традиційні методи незручні або небезпечні.

В цілому, у США та Європі сформувався цілий ринок послуг з аеродіагностики дахів. Працюють як великі

корпорації, так і невеликі стартапи, що пропонують аутсорсингові послуги огляду покрівель з допомогою дронів. Це дозволяє навіть невеликим керуючим компаніям або ОСББ замовити таку інспекцію при потребі, не інвестуючи в власний дрон. Досвід впровадження показав високу ефективність: швидкість, точність та безпечність дронів підтверджені численними реальними проектами, що задає новий стандарт у сфері будівельного обстеження.

Стан використання технології в Україні. В Україні застосування дронів для моніторингу покрівель знаходиться на початковому етапі, але демонструє перспективність. Світовий лідер у цій галузі – компанія *DJI* – представлений і на українському ринку, тож необхідне обладнання є доступним [10]. Вже працюють перші спеціалізовані фірми, що надають послуги технічного обстеження будівель з повітря. Наприклад, компанія *Solar-M* заявляє про комплексні рішення з використання дронів для оцінки стану дахів і фасадів, виконання тепловізійних зйомок та 3D-моделювання споруд [11]. Подібні структури пропонують швидке виявлення тепловтрат у житлових і промислових будівлях, що свідчить про попит на енергоаудит дронами і в Україні. У науковій спільноті теж зростає інтерес: з’являються дипломні роботи та дослідження щодо застосування БПЛА в обстеженні будівель. В них зазначається, що за допомогою дронів можна оцінити якість утеплення фасадів і дахів, виявити проникнення вологи та інші дефекти безконтактно. Окремо підкреслюється підвищення безпеки та прискорення оглядів висотних конструкцій. Тобто, фахівці усвідомлюють переваги цієї технології і працюють над її впровадженням у вітчизняну практику. Втім, широке впровадження дещо стримується рядом факторів. По-перше, регуляторна база. Станом на початок 2020-х в українських нормах з технічного обстеження будівель не було прямих згадок про використання дронів [10].

Відповідно, інженерам часто доводиться діяти на власний розсуд, не маючи чітких

стандартів виконання та оформлення таких оглядів. Це питання поступово вирішується – наприклад, у 2022 році була затверджена методика обстеження будівель, пошкоджених внаслідок бойових дій, де допускається використання фото- та відеофіксації з дронів як додаткового джерела даних. Очікується, що з часом будівельні ДБН будуть оновлені із врахуванням нових технологій. По-друге, інтеграція в повітряний простір. Пільоти дронів регулюються авіаційними правилами, і в містах, зокрема в Дніпропетровській області потрібні дозволи для польотів, аби гарантувати безпеку і невтручання в роботу аеропортів тощо. Це організаційне питання, яке вирішується завчасним плануванням польоту та координацією з органами управління повітряним рухом [9].

В Україні вже є приклади такої координації – зокрема, при зйомках дронами великих об'єктів у містах операторам доводиться отримувати дозволи від Державіаслужби. З розвитком “Армії дронів” в умовах війни 2022–2023 років законодавство щодо БПЛА зазнало змін, але переважно у військовій сфері; у цивільному секторі стандарти польотів для інспекцій ще формуються. По-третє, війна в Україні створила особливий контекст для використання дронів. У Дніпропетровській області, як і в інших прифронтових регіонах, головним пріоритетом є застосування безпілотників у воєнних цілях. Водночас, на жаль, бойові дії призвели до масових пошкоджень будівель, зокрема покрівель, і виникла потреба швидко їх обстежувати. Тут дрони могли б стати в пригоді для фіксації наслідків обстрілів (без ризику для життя інженерів) і оцінки стану конструкцій. На державному рівні вже розроблені методики обстеження зруйнованих об'єктів, які передбачають застосування фотофіксації з БПЛА як частину процедури [10]. Деякі волонтерські та комерційні ініціативи допомагають громадянам обстежити пошкоджені будинки – зокрема, використовуються дрони для огляду дахів після ракетних ударів. Хоча це

не завжди висвітлюється публічно, можна очікувати, що найближчим часом технологія отримає більше поширення саме для відновлення інфраструктури. У самому ж мирному будівництві України дрони поки застосовуються переважно для геодезії та моніторингу буд майданчиків, але інтерес до інспекції існуючих будівель зростає. Великі будівельні компанії починають брати приклад з Заходу: за останні 5 років використання дронів у будівництві виросло на 239 % у світі, і понад 65 % великих будівельних фірм вже застосовують дрони для моніторингу та оглядів [1].

В Україні цей тренд також поступово проявляється. У Дніпропетровській області, зокрема, є промислові підприємства і ЖКГ, які цікавляться повітряною діагностикою своїх об'єктів. Наразі інформація про масове використання саме у Дніпрі чи області обмежена, але поодинокі проекти реалізуються (наприклад, енергоаудит кількох громадських будівель з тепловізійною зйомкою, приватні замовлення на огляд дахів перед ремонтом тощо). Можна прогнозувати, що після завершення війни та з відновленням економіки попит на такі послуги різко зросте – адже доведеться обстежити та відремонтувати величезну кількість пошкоджених будівель, і безпілотні технології тут стануть у великій пригоді.

Інші роботизовані технології з ШІ для моніторингу покрівель. Окрім дронів, існують інші роботизовані рішення для інспекції дахів, що використовують штучний інтелект. Наприклад, роботизовані краулери (гусеничні або колісні) оснащені камерами та сенсорами, які здатні пересуватися по поверхні даху чи інших конструкціях. Ці роботи ефективно працюють у важкодоступних місцях, таких як старі будівлі, де простір обмежений для польоту дронів. Вони можуть автоматично передавати зображення та зберігати дані огляду, а алгоритми ШІ допомагають аналізувати наявність тріщин та аномалій. Іншим варіантом є чотириногі роботи (робопси), які здатні пересуватися сходами та нерівними поверхнями, несе різні сенсори

(камери, тепловізори). Вони можуть автономно оглядати великі плоскі дахи, фіксуючи різноманітні аномалії, такі як втрата тепла або волога на поверхні. Отримані дані аналізуються ШІ для виявлення відхилень [12]. Крім того, існують стаціонарні системи моніторингу, що складаються з камер або сенсорів, встановлених на будівлі, що забезпечують безперервний контроль стану даху. Ці системи можуть виявляти зміни в стані покрівлі та автоматично сигналізувати про протікання.

Попри це, дрони, завдяки своїй здатності швидко охоплювати великі площі та надавати повну картину, залишаються найбільш ефективним та універсальним рішенням для моніторингу дахів. Технології роботизованих краулерів, робопсів та стаціонарних систем доповнюють використання дронів, що формує тенденцію до автоматизації та роботизації будівельного моніторингу.

Висновки

Дослідження показує, що застосування роботизованих дронів, оснащених штучним інтелектом та тепловізорами, є цілком доцільним і вигідним для виявлення дефектів покрівель. Економічні переваги включають суттєве зниження вартості та тривалості інспекцій, зменшення потреби в робочій силі та підйомному обладнанні, підвищення безпеки і скорочення ризиків для людей [1]. На практиці це приводить до

скорочення аварійних витрат і подовження строку служби дахів завдяки вчасному ремонту [4]. Технічно дрони забезпечують високу точність і повноту обстеження: вони виявляють приховані проблеми (вологу під покриттям, тепловтрати, дрібні пошкодження) та охоплюють навіть важкодоступні зони [5]. Штучний інтелект автоматизує аналіз даних, що підвищує об'єктивність і швидкість отримання результатів. Зарубіжний досвід (США, ЄС) підтверджує ефективність технології – накопичено багато успішних кейсів, де дрони дозволили зекономити кошти і покращити управління об'єктами [7]. В Україні ця технологія тільки починає впроваджуватися, але має великі перспективи. В контексті післявоєнного відновлення попит на швидкі та безпечні обстеження будівель буде надзвичайно високим, і дрони з ШІ можуть стати незамінним інструментом для оцінки стану покрівель. Очікується, що з удосконаленням нормативної бази та появою успішних місцевих проектів, довіра до технології зростатиме, а її використання стане поширеним і в нашій країні. Таким чином, роботизовані дрони з тепловізорами – це сучасний, ефективний і економічно виправданий підхід до моніторингу покрівель, який уже сьогодні приносить користь і має всі шанси стати стандартом у найближчому майбутньому.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Інноваційні підходи до будівельного моніторингу : дрони, економія та безпека. URL: <https://learn.ztu.edu.ua>
2. 5 причин використовувати дрони для інспекції дахів. URL: <https://info.qii.ai>
3. Тепловізор FLIR для повітряної термографії. URL: <https://dsystems.com.ua>
4. Технологія дронів для обслуговування житла : звіти Yorkshire Housing та Renfrewshire Council. URL: <https://cp-catapult.s3.amazonaws.com>
5. Використання новітніх технологій : інспекція дахів з ШІ. URL: <https://roofingelementsmagazine.com>
6. 7 основних переваг тепловізійної інспекції дахів дронами у 2025 році. URL: <https://www.linkedin.com>
7. Як тепловізійні дрони сприяють енергетичній революції міст. URL: <https://enterprise-insights.dji.com>
8. Трансформація покрівельної галузі за допомогою ШІ : від інспекції до кошторису. URL: <https://dev.to>
9. Дрони Elios підвищують ефективність огляду покрівель залізничної станції у Нідерландах. URL: <https://flyability.com>
10. Застосування БПЛА для енергоаудиту та обстеження будівель. URL: <https://elartu.tntu.edu.ua>
11. Послуги дронів : геодезія, 3D-моделювання, енергоаудит. URL: <https://drones.solar-m.com.ua>
12. TOBOR X-BOT Xplorer – робот для інспекції. URL: <https://inspectoroutlet.com>

REFERENCES

1. *Innovatsiyni pidkhody do budivel'noho monitorynhu : drony, ekonomiya ta bezpeka* [Innovative approaches to construction monitoring : drones, cost savings, and safety]. URL: <https://learn.ztu.edu.ua> (in Ukrainian).
2. *5 prychyn vykorystovuvaty drony dlya inspektsiyi dakhiv* [5 Reasons Why You Should Use Drones for Roof Inspections]. URL: <https://info.qii.ai> (in Ukrainian).
3. *Teplovizor FLIR dlya povitryanoyi termohrafiyi* [FLIR thermal camera for aerial thermography]. URL: <https://dsystems.com.ua> (in Ukrainian).
4. *Tekhnolohiya droniv dlya obsluhovuvannya zhytla : zvity Yorkshire Housing ta Renfrewshire Council* [Drone Technology for Housing Maintenance : Reports from Yorkshire Housing and Renfrewshire Council]. URL: <https://cp-catapult.s3.amazonaws.com> (in Ukrainian).
5. *Vykorystannya novitnikh tekhnolohiy : inspektsiya dakhiv z SHI* [Leveraging New Tech : Roof Inspection Gets an AI Upgrade]. URL: <https://roofingelementsmagazine.com> (in Ukrainian).
6. *7 osnovnykh perevah teplovizyynoyi inspektsiyi dakhiv dronamy u 2025 rotsi* [The 7 Major Benefits of Drone Thermal Roof Inspections in 2025]. URL: <https://www.linkedin.com> (in Ukrainian).
7. *Yak teplovizyyni drony spryyayut' enerhetychniy revolyutsiyi mist* [How Thermal Drone Roof Inspections Are Key to a City's Energy Revolution]. URL: <https://enterprise-insights.dji.com> (in Ukrainian).
8. *Transformatsiya pokrivel'noyi haluzi za dopomohoyu SHI: vid inspektsiyi do koshtorysu* [AI Transforming the Roofing Industry: From Drone Inspections to Cost Estimation]. URL: <https://dev.to> (in Ukrainian).
9. *Drony Elios pidvyshchuyut' efektyvnist' ohlyadu pokrivel' zaliznychnoyi stantsiyi u Niderlandakh* [Elios Drones Enhance Efficiency for Netherlands Train Station Roof Inspections]. URL: <https://flyability.com> (in Ukrainian).
10. *Zastosuvannya BPLA dlya enerhoaudytu ta obstezhennya budivel'* [Application of UAVs for energy audits and building inspections]. URL: <https://elartu.tntu.edu.ua> (in Ukrainian).
11. *Posluhy droniv : heodeziya, 3D-modelyuvannya, enerhoaudyt* [Drone services : geodesy, 3D modeling, energy audit]. URL: <https://drones.solar-m.com.ua> (in Ukrainian).
12. *TOBOR X-BOT Xplorer – robot dlya inspektsiyi* [TOBOR X-BOT Xplorer Inspection Crawler Robot]. URL: <https://inspectoroutlet.com> (in Ukrainian).

Надійшла до редакції: 12.04.2025.

УДК 69.059.25:620.91

DOI: 10.30838/UJCEA.2312.270425.104.1180

ПРОПОЗИЦІЇ ЗМІН ДО БУДІВЕЛЬНИХ НОРМ І ПРАВИЛ ДЛЯ СТИМУЛЮВАННЯ БУДІВНИЦТВА ЕНЕРГОЕФЕКТИВНИХ БУДИНКІВ В УКРАЇНІ

ДІКАРЕВ Б. М.¹, канд. фіз.-мат. наук, проф.,
ПАПІРНИК Р. Б.^{2*}, канд. техн. наук, доц.,
СТЕЦЮК Я. О.³, асп.,
КУЦЕНКО-СКОКОВА А. О.⁴, канд. техн. наук, доц.,
НЕЧЕПУРЕНКО Д. С.⁵, канд. техн. наук, доц.

^{1*} Кафедра фундаментальних і природничих наук, Український державний університет науки і технологій, ННІ «Придніпровська державна академія будівництва та архітектури», вул. Архітектора Олега Петрова, 24-а, 49005, Дніпро, Україна, тел. +38 (056) 756-33-51, e-mail: dikarevboris47@gmail.com, ORCID ID: 0000-0002-0235-9573

² Кафедра технології будівельного виробництва, Український державний університет науки і технологій, ННІ «Придніпровська державна академія будівництва та архітектури», вул. Архітектора Олега Петрова, 24-а, 49005, Дніпро, Україна, тел. +38 (056) 756-33-51, e-mail: ruslan.b.papirnyk@pdaba.edu.ua, ORCID ID: 0000-0001-7153-9378

³ Кафедра технології будівельного виробництва, Український державний університет науки і технологій, ННІ «Придніпровська державна академія будівництва та архітектури», вул. Архітектора Олега Петрова, 24-а, 49005, Дніпро, Україна, тел. +38 (056) 756-33-51, e-mail: varon27@ukr.net, ORCID ID: 0009-0007-3614-6756

⁴ Кафедра технології будівельного виробництва, Український державний університет науки і технологій, ННІ «Придніпровська державна академія будівництва та архітектури», вул. Архітектора Олега Петрова, 24-а, 49005, Дніпро, Україна, тел. +38 (056) 756-33-51, e-mail: skokova.pgasa@gmail.com, ORCID ID: 0000-0002-0443-0222

⁵ Кафедра організації і управління будівництвом, Український державний університет науки і технологій, ННІ «Придніпровська державна академія будівництва та архітектури», вул. Архітектора Олега Петрова, 24-а, 49005, Дніпро, Україна, тел. 38 (056) 756-33-66, e-mail: Nechepurenko.daria@pdaba.edu.ua, ORCID ID: 0000-0002-9292-4790

Анотація. *Постановка проблеми.* У контексті сучасних екологічних викликів та необхідності підвищення енергоефективності будівель, зміни до будівельних норм і правил стають надзвичайно актуальними для України. Сьогодні енергоефективне будівництво є важливим фактором забезпечення стійкості енергетичного сектора, зменшення витрат на енергію та покращення якості життя населення. Актуальність теми зумовлена необхідністю адаптації будівельних норм до сучасних вимог сталого розвитку, а також сприянням інвестицій у енергоефективні проекти. Основними напрямками державної політики мають бути: оновлення існуючих будівельних норм з урахуванням енергоефективності, встановлення стимулів для забудовників через податкові пільги та субсидії, впровадження нових технологій у будівництві, а також розробка механізмів фінансування термомодернізації житлових будинків. Крім того, важливо забезпечити громадське усвідомлення переваг енергоефективності через інформаційні кампанії та освітні програми. **Мета статті** полягає в аналізі необхідності змін до будівельних норм і правил, які можуть стимулювати будівництво енергоефективних будинків в Україні, а також виявлення ефективних заходів для підтримки цієї ініціативи. **Висновок.** Зміни до будівельних норм і правил є критично важливими для стимулювання будівництва енергоефективних будинків в Україні. Реалізація комплексних заходів, спрямованих на адаптацію будівельних стандартів до нових вимог енергоефективності, залучення інвестицій та впровадження нових технологій, стане основою для розвитку сталого будівництва. Систематичний підхід до оновлення норм і правил, разом із підтримкою забудовників та популяризацією енергоефективності серед населення, забезпечить стійкість будівельного сектору в Україні та відповідь на виклики енергетичної безпеки.

Ключові слова: будівельні норми; енергоефективність; сталий розвиток; інвестиції; термомодернізація; будівельні технології; державна політика; соціальна відповідальність; екологічні стандарти; підтримка забудовників

PROPOSALS FOR CHANGES TO BUILDING CODES AND REGULATIONS TO STIMULATE THE CONSTRUCTION OF ENERGY-EFFICIENT HOMES IN UKRAINE

DIKAREV B.M.¹, Ph.D. (Phys.-Math.), Prof.,
PAPIRNYK R.B.^{2*}, Ph. D. (Tech.), Assoc. Prof.,
STETSIUK Ya.O.³, Postgrad. Stud.,

KUTSENKO-SKOKOVA A.O.⁴, *Ph. D. (Tech.), Assoc. Prof.*,
NECHEPURENKO D.S.⁵, *Cand. Sc. (Tech.), Assoc. Prof.*

¹ Department of Fundamental and Natural Sciences, Ukrainian State University of Science and Technologies, ESI "Prydniprovsk State Academy of Civil Engineering and Architecture", 24-a, Architect Oleh Petrov St., Dnipro, 49005, Ukraine, tel. +38 (056) 756-33-51, e-mail: dikarevboris47@gmail.com, ORCID ID: 0000-0002-0235-9573

^{2*} Department of Construction Technologies, Ukrainian State University of Science and Technologies, ESI "Prydniprovsk State Academy of Civil Engineering and Architecture", 24-a, Architect Oleh Petrov St., Dnipro, 49005, Ukraine, tel. +38 (056) 756-33-51, e-mail: ruslan.b.papirnyk@pdaba.edu.ua, ORCID ID: 0000-0001-7153-9378

³ Department of Construction Technologies, Ukrainian State University of Science and Technologies, ESI "Prydniprovsk State Academy of Civil Engineering and Architecture", 24-a, Architect Oleh Petrov St., Dnipro, 49005, Ukraine, tel. +38 (056) 756-33-51, e-mail: varon27@ukr.net, ORCID ID: 0009-0007-3614-6756

⁴ Department of Construction Technologies, Ukrainian State University of Science and Technologies, ESI "Prydniprovsk State Academy of Civil Engineering and Architecture", 24-a, Architect Oleh Petrov St., Dnipro, 49005, Ukraine, tel. +38 (056) 756-34-22, e-mail: skokova.pgasa@gmail.com, ORCID ID: 0000-0002-0443-0222

⁵ Department of Organisation and Management in Construction, Ukrainian State University of Science and Technologies, ESI "Prydniprovsk State Academy of Civil Engineering and Architecture", 24-a, Architect Oleh Petrov St., Dnipro, 49005, Ukraine, tel. +38 (056) 756-33-66, e-mail: Nechepurenko.daria@pdaba.edu.ua, ORCID ID 0000-0002-9292-4790

Abstract. Problem statement. In the context of modern environmental challenges and the need to enhance the energy efficiency of buildings, changes to building codes and regulations are becoming critically important for Ukraine. Today, energy-efficient construction is a key factor in ensuring the resilience of the energy sector, reducing energy costs, and improving the quality of life for the population. The relevance of the topic is driven by the necessity to adapt building codes to contemporary sustainable development requirements, as well as to promote investments in energy-efficient projects. The main directions of state policy should include: updating existing building codes to incorporate energy efficiency, establishing incentives for developers through tax benefits and subsidies, introducing new technologies in construction, and developing financing mechanisms for the thermal modernization of residential buildings. Additionally, it is essential to raise public awareness of the advantages of energy efficiency through information campaigns and educational programs. **The purpose** of the article is to analyze the necessity of changes to building codes and regulations that can stimulate the construction of energy-efficient homes in Ukraine, as well as to identify effective measures to support this initiative. **Conclusion.** Changes to building codes and regulations are critically important for stimulating the construction of energy-efficient homes in Ukraine. The implementation of comprehensive measures aimed at adapting building standards to new energy efficiency requirements, attracting investments, and introducing new technologies will form the basis for sustainable construction development. A systematic approach to updating standards and regulations, along with support for developers and promoting energy efficiency among the population, will ensure the resilience of the construction sector in Ukraine and address energy security challenges.

Keywords: *building codes; energy efficiency; sustainable development; investments; thermal modernization; construction technologies; state policy; social responsibility; environmental standards; support for developers*

Постановка проблеми. В умовах глобальних екологічних викликів та зростаючого споживання енергоресурсів Україні терміново необхідні зміни до будівельних норм і правил, які сприятимуть впровадженню енергоефективних технологій у будівництві. Чинні будівельні кодекси не завжди враховують сучасні методи й інноваційні рішення, здатні суттєво зменшити енергоспоживання житлових і комерційних об'єктів. Відсутність відповідних нормативних вимог гальмує поширення новітніх технологій, що негативно позначається на енергетичному балансі країни.

Низька енергоефективність будівель призводить до зростання витрат на опалення, охолодження та

електропостачання, що має суттєві економічні наслідки як для населення, так і для держави. Високі енергетичні витрати не лише знижують фінансову стабільність громадян, а й збільшують залежність країни від імпорту енергоносіїв. Це, своєю чергою, створює додатковий тиск на державний бюджет і зменшує конкурентоспроможність економіки.

Крім того, сучасні будівельні норми повинні відповідати принципам сталого розвитку, передбачаючи не тільки енергоефективність, а й екологічну безпеку. Використання відновлювальних джерел енергії, екологічно чистих будівельних матеріалів та інтеграція інноваційних рішень мають стати невід'ємною частиною будівельного регулювання. Відсутність чітких вимог у

цих сферах створює бар'єри для залучення інвестицій, що могло б сприяти розвитку технологій екологічного будівництва.

З огляду на це необхідно здійснити комплексний аналіз чинних будівельних норм, виявити застарілі положення та адаптувати їх відповідно до сучасних стандартів енергоефективності. Особливу увагу слід приділити розробці нормативних вимог, які б не лише сприяли підвищенню якості будівництва, але й стимулювали застосування інноваційних енергозберігаючих технологій.

Оновлення будівельних норм повинно супроводжуватися підтримкою з боку держави для забудовників і інвесторів, що дозволить створити сприятливі умови для розвитку енергоефективного будівництва. Зокрема, варто впроваджувати механізми фінансового стимулювання, такі як пільгові кредити та гранти на реалізацію енергоощадних проєктів. Такий підхід сприятиме не лише економічному зростанню, а й формуванню комфортного та екологічно безпечного життєвого середовища.

Аналіз публікацій. Дослідження даного питання викладені у працях українських дослідників, де значну увагу приділено проблемам державного регулювання. Зокрема, досліджується вплив нормативно-правових актів на розвиток будівельної галузі, ефективність механізмів стимулювання інвестицій у будівництво та роль державної підтримки у відновленні інфраструктури. Окремо аналізуються питання оптимізації дозвільних процедур, боротьби з корупційними ризиками в будівельній сфері, а також необхідність адаптації українського законодавства до сучасних європейських стандартів. Увага приділена і аспектам фінансування будівництва в умовах економічної нестабільності, шляхи залучення міжнародних інвестицій і впровадження новітніх технологій для підвищення ефективності будівельного сектору.

Дослідження даного питання можна спостерігати у працях таких українських дослідників, таких як Н. Бондарьова, Д. Ісаєнко, Г. Возняк, В. Воськало,

В. Гейця, Т. Левку, значну увагу приділено проблемам державного регулювання.

Виклад матеріалу. Енергоефективність стала невід'ємною складовою сучасного розвитку людства, що має вирішальне значення для забезпечення сталого майбутнього. Вона не тільки дозволяє зменшити витрати на енергетичні ресурси, а й сприяє загальному підвищенню рівня життя, оскільки ефективне використання енергії зменшує фінансове навантаження на населення та підприємства. Завдяки застосуванню сучасних технологій у сфері енергозбереження вдається досягти значної економії, що є важливим фактором для економічного розвитку держав. Водночас зменшення споживання енергії допомагає скоротити залежність від імпортованих енергоресурсів, що підвищує енергетичну безпеку країни.

Енергоефективність також сприяє екологічній стійкості, що є особливо важливим у контексті глобальних кліматичних змін. Рациональне використання енергоресурсів дозволяє знизити рівень шкідливих викидів у атмосферу, що позитивно впливає на стан довкілля та здоров'я населення. У ХХІ столітті енергоефективність перетворилася на необхідну умову, яка не лише допомагає кожному домогосподарству жити економніше, а й сприяє формуванню відповідального ставлення до природних ресурсів. Завдяки ефективному використанню енергії можна не лише покращити якість життя людей, а й забезпечити збереження навколишнього середовища.

Енергоефективність полягає у раціональному використанні енергетичних ресурсів, що дозволяє зменшити споживання енергії без втрати комфортності в житлових і комерційних приміщеннях, а також у технологічних процесах. Це веде до значного зниження комунальних витрат для домогосподарств і заощадження ресурсів на рівні держави. В результаті, це позитивно впливає на продуктивність промисловості та конкурентоспроможність економіки в цілому. Крім того, енергоефективні будівлі

є менш витратними в експлуатації і наносять менше шкоди навколишньому середовищу [1, с. 23–29].

В Україні у 2017 році було прийнято Закон «Про енергоефективність будівель», який заклав правові, соціально-економічні та організаційні основи для забезпечення енергетичної ефективності будівель. Цей закон має на меті зменшення енергоспоживання в будівлях і окреслює ключові принципи державної політики в цій області. Серед цих принципів можна виділити забезпечення відповідного рівня енергоефективності відповідно до технічних регламентів, національних стандартів та норм, стимулювання зниження енергоспоживання, скорочення викидів парникових газів, а також залучення інвестицій для підвищення енергоефективності.

В цілому, енергоефективність відіграє важливу роль не лише в економічному розвитку країни, а й у покращенні загальної якості життя населення, сприяючи створенню комфортного, безпечного та екологічно стійкого середовища для проживання. Раціональне використання енергоресурсів забезпечує зниження фінансового навантаження на домогосподарства та підприємства, що особливо актуально в умовах зростаючих тарифів на комунальні послуги та необхідності оптимізації витрат. Крім того, ефективне управління енергоспоживанням сприяє підвищенню рівня енергетичної незалежності держави, зменшуючи залежність від імпорту енергоносіїв і стабілізуючи енергетичний ринок.

Переходячи до енергоефективних технологій і впроваджуючи їх на практиці, Україна має можливість не лише досягти суттєвих економічних вигод, а й забезпечити довгострокову стійкість національної економіки в умовах глобальних викликів. Використання сучасних матеріалів та технологій у будівництві, модернізація житлового фонду та активне впровадження альтернативних джерел енергії сприятимуть зменшенню енергетичних витрат і оптимізації витрат. Водночас скорочення викидів парникових газів, що

супроводжує зниження рівня енергоспоживання, дозволить Україні зробити вагомий внесок у глобальну боротьбу зі змінами клімату. Це, своєю чергою, сприятиме зміцненню міжнародного іміджу країни та залученню інвестицій у розвиток інноваційних та екологічно безпечних технологій.

В Україні також затверджено ряд Державних будівельних норм (ДБН), що регулюють аспекти енергетичної ефективності будівель. Наприклад, ДБН В.2.5-23:2010 «Будинки житлові. Основні положення» містить специфікації, що стосуються теплоізоляції, систем опалення та вентиляції. Ці вимоги є вкрай важливими для створення комфортних умов проживання, а також для зменшення загального споживання енергії.

Крім того, на урядовому рівні функціонують державні програми, які сприяють модернізації житлового фонду та впровадженню новітніх енергоефективних технологій. Ці програми передбачають фінансову підтримку та субсидії, що робить процес переходу на енергоефективні рішення доступнішим для забудовників і мешканців. Екологічні норми, що контролюють викиди парникових газів, також стимулюють забудовників до впровадження енергоефективних рішень, оскільки це знижує негативний вплив на навколишнє середовище.

В Україні також було запроваджено системи сертифікації енергетичної ефективності, які дозволяють оцінювати та порівнювати рівень енергоефективності різних будівель. Це свідчить про зростаючу увагу до проблем енергозбереження та стійкого розвитку в будівельному секторі.

Проте, незважаючи на наявність зазначених законів та норм, українське законодавство все ще має суттєві прогалини. Для того щоб законодавчі акти мали реальний вплив на зростання кількості енергоефективних будівель, необхідно внести зміни до будівельних норм і правил. Важливо переглянути існуючі вимоги до енергоефективності та адаптувати їх до сучасних європейських

стандартів і кращих практик, які функціонують в інших країнах. Це допоможе забезпечити більш ефективний підхід до енергетичної безпеки та стійкості, а також суттєво покращить якість життя населення, зменшуючи витрати на енергію та знижуючи екологічний слід будівельного сектору.

У світлі швидкого економічного зростання, а також соціальних і екологічних змін, Україні терміново потрібно внести корективи до будівельних норм і правил, які б заохочували будівництво енергоефективних будинків. Ці зміни не тільки відповідають сучасним вимогам, але й сприяють сталому розвитку суспільства в умовах глобальних викликів. Екологічні проблеми, такі як зміна клімату і підвищений рівень забруднення, вимагають від нас більш усвідомленого підходу до будівельної діяльності. Серед ключових завдань — зменшення викидів парникових газів і покращення якості повітря. Внесення змін до будівельних норм може стати важливим інструментом для досягнення цих цілей, закріплюючи обов'язкові вимоги щодо екологічної безпеки нових об'єктів. Наприклад, можуть бути введені норми, які зобов'язують забудовників використовувати матеріали, що не завдають шкоди навколишньому середовищу, а також встановлені обмеження на викиди забруднюючих речовин під час будівництва.

Адаптація до новітніх технологій та інновацій у будівництві є ще одним критично важливим аспектом. Сучасні технологічні рішення дозволяють значно знизити енергоспоживання, проте для їх ефективного впровадження необхідно оновити існуючі норми і стандарти. Пропозиції до нових вимог можуть включати впровадження систем автоматизованого управління енергоспоживанням в будинках, що дозволить більш ефективно контролювати використання енергії [3, с. 332–339]. Введення вимог щодо обов'язкового використання сонячних панелей або вітрових установок у нових житлових проектах є ефективним заходом для

зменшення загального споживання енергії та зниження залежності від традиційних енергоресурсів.

Використання відновлюваних джерел енергії не лише сприятиме економії коштів у довгостроковій перспективі, а й зменшить негативний вплив на навколишнє середовище, знижуючи рівень викидів парникових газів. Застосування таких технологій у будівництві відповідає міжнародним тенденціям сталого розвитку, що робить його важливим кроком у модернізації житлового фонду.

Крім того, важливим аспектом удосконалення будівельних норм є обов'язкове використання вдосконалених теплоізоляційних матеріалів, які сприяють значному підвищенню енергоефективності будівель. Сучасні ізоляційні технології дозволяють мінімізувати теплові втрати, що суттєво зменшує потребу в опаленні взимку та кондиціонуванні влітку. Зниження рівня енергоспоживання безпосередньо впливає на зменшення витрат домогосподарств і водночас сприяє зниженню навантаження на енергосистему країни.

Не менш важливим елементом впровадження нових стандартів є розробка ефективних механізмів фінансового стимулювання для власників житла, які прагнуть модернізувати свої будівлі відповідно до нових вимог. Надання субсидій, податкових пільг та пільгових кредитів сприятиме залученню більшої кількості громадян до програм енергомодернізації. Фінансове заохочення є ключовим фактором для активного впровадження енергоефективних технологій, оскільки значна частина власників житла може не мати достатніх фінансових ресурсів для здійснення модернізації без додаткової підтримки.

Впровадження обов'язкових енергоаудитів для всіх нових будівель та комплексів також допоможе оцінити їхню енергетичну ефективність ще на етапі проектування, що дозволить виявити потенційні слабкі місця і внести корективи [2, с. 8–18].

Оновлення та чітке визначення будівельних норм є важливим чинником

стимулювання інвестицій у будівельний сектор. Прозорість і стабільність регуляторних вимог сприяють підвищенню довіри з боку інвесторів і забудовників, що, своєю чергою, сприяє активному розвитку ринку. Адаптація будівельних стандартів до сучасних реалій є ключовою умовою для залучення капіталовкладень, необхідних для модернізації житлового фонду та впровадження новітніх технологій.

Зміни в будівельних нормах мають не лише регулювати технічні аспекти, а й сприяти підвищенню енергоефективності та екологічності житла. Важливим компонентом цього процесу є проведення інформаційних кампаній, що дозволить громадянам краще розуміти переваги енергомодернізації. Підвищення рівня обізнаності населення стимулюватиме активне впровадження енергоощадних технологій, що сприятиме формуванню комфортного, безпечного та екологічно чистого середовища проживання..

Висновок

У сучасних умовах, коли енергетична ефективність стає невід'ємною частиною сталого розвитку, внесення змін до будівельних норм і правил є критично важливим для стимулювання будівництва енергоефективних будинків в Україні. Оновлення вимог до проєктування та будівництва сприятиме підвищенню рівня енергоефективності нових споруд, що, своєю чергою, допоможе значно зменшити споживання енергоресурсів на етапі експлуатації будівель. Такі зміни є необхідними з огляду на зростаючі тарифи на енергоносії, а також потребу в оптимізації енергоспоживання як у житловому, так і в комерційному будівництві.

Запровадження нових вимог, що включають поліпшення теплоізоляції,

використання відновлюваних джерел енергії та автоматизованих систем управління енергоспоживанням, дозволить суттєво зменшити енергоспоживання, що в свою чергу сприятиме економії фінансових ресурсів населення. Утеплення стін, дахів та підлог, застосування сучасних матеріалів із високими теплоізоляційними характеристиками зменшить тепловтрати будівель, що матиме позитивний ефект у довгостроковій перспективі. Використання інноваційних технологій у системах опалення та вентиляції сприятиме оптимізації споживання енергії та підвищенню рівня комфорту для мешканців.

Окрім цього, активізація інформаційних кампаній та підтримка інвестицій у модернізацію житлового фонду створить умови для більш свідомого підходу до енергозбереження серед населення. Населення повинно бути належним чином поінформоване про переваги та можливості використання енергоефективних технологій, а також про наявні програми державної підтримки. Інформування громадян про способи раціонального використання енергії сприятиме формуванню культури енергозбереження, що в майбутньому дозволить значно скоротити витрати на утримання житла.

Врахування всіх цих аспектів у будівельних нормах і правилах допоможе комплексно вирішити проблеми, пов'язані з неефективним використанням енергоресурсів, а також сприятиме підвищенню рівня комфорту житлових і громадських будівель. Це дозволить не лише економити кошти на енергоресурсах, а й значно зменшити негативний вплив на навколишнє середовище, що є важливим фактором сталого розвитку суспільства.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Заяць Т. Проблеми державного регулювання інноваційної діяльності в будівництві. *Економічний простір*. 2020. № 162. С. 23–29.
2. Бахтін Д. Впровадження енергоефективних технологій при будівництві нової комерційної нерухомості в Україні. *Вісник Національного університету «Львівська політехніка»*. Серія : *Архітектура*. 2020. № 2 (4). С. 8–18.

3. Білоцький С. Д. Сучасний стан міжнародно-правового регулювання енергоефективності. *Науковий вісник Академії муніципального управління. Серія : Право*. 2012. Вип. 2. С. 332–339.

REFERENCES

1. Zayats T. *Problemy derzhavnoho rehulyuvannya innovatsiynoyi diyal'nosti v budivnytstvi* [Problems of state regulation of innovative activities in construction]. *Ekonomichnyy prostir* [Economic Space]. 2020, no. 162, pp. 23–29. (in Ukrainian).
2. Bakhtin D. *Vprovadzhennya enerhoefektyvnykh tekhnolohiy pry budivnytstvi novoyi komertsiiynoyi nerukhomosti v Ukrayini* [Implementation of energy-efficient technologies in the construction of new commercial real estate in Ukraine]. *Visnyk Natsional'noho universytetu "L'vivs'ka politekhnika". Seriya : Arkhitektura* [Bulletin of Lviv Polytechnic National University. Series : Architecture]. 2020, no. 2 (4), pp. 8–18. (in Ukrainian).
3. Bilotskyi S.D. *Suchasnyy stan mizhnarodno-pravovoho rehulyuvannya enerhoefektyvnosti* [Current state of international legal regulation of energy efficiency]. *Naukovyy visnyk Akademiyyi munitsypal'noho upravlinnya. Seriya : Pravo* [Scientific Bulletin of the Academy of Municipal Management. Series : Law]. 2012, no 2, pp. 332–339. (in Ukrainian).

Надійшла до редакції: 15.04.2025.

УДК 331.45

DOI: 10.30838/UJCEA.2312.270425.111.1181

ДІЯЛЬНІСТЬ ДСНС УКРАЇНИ В УМОВАХ ВІЙНИ : ВИКЛИКИ ТА РИЗИКИ ДЛЯ САПЕРІВ

ДОЛЖЕНКОВА О. В.^{1*}, канд. техн. наук, с. н. с.,
РУСАКОВА Т. І.², докт. техн. наук, проф.,
ЗОЛОТЬКО О. В.³, канд. техн. наук, доц.,
ЛЕВИЦЬКА О. Г.⁴, канд. техн. наук, доц.,
ВОЙТЕНКО Ю. В.⁵, канд. техн. наук

^{1*} Кафедра безпеки життєдіяльності, Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара, пр. Науки, 72, 49000, Дніпро, Україна, тел. +38 (050) 908-59-89, e-mail: dolena2017@gmail.com, ORCID ID: 0000-0002-7970-8110

² Кафедра безпеки життєдіяльності, Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара, пр. Гагаріна, 72, 49000, Дніпро, Україна, e-mail: rusakovati1977@gmail.com, ORCID ID: 0000-0001-5526-3578

³ Кафедра безпеки життєдіяльності, Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара, пр. Гагаріна, 72, 49000, Дніпро, Україна, e-mail: zltkelen@gmail.com, ORCID ID: 0000-0003-2482-7574

⁴ Кафедра безпеки життєдіяльності, Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара, пр. Гагаріна, 72, 49000, Дніпро, Україна, e-mail: LLevi@ukr.net, ORCID ID: 0000-0002-2598-3651

⁵ Кафедра безпеки життєдіяльності, Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара, пр. Гагаріна, 72, 49000, Дніпро, Україна, e-mail: Juliya.voytenko.1983@gmail.com, ORCID ID: 0000-0003-0819-3794

Анотація. Постановка проблеми. З приходом російського агресора на захист України поряд з військом стали підрозділи ДСНС, тільки на відміну від звичайної зброї вони використовували інженерну та пожежно-рятувальну техніку. Кількість небезпек, пов'язаних зі звичайною повсякденною роботою, значно підвищилась, змінився їх характер, різко зросли психологічні навантаження на рятувальників. Мінування значних територій країни потребувало залучення до розмінування, в тому числі, піротехнічних підрозділів ДСНС. **Мета роботи** – виявлення ризиків та викликів, які постають перед піротехнічними підрозділами ДСНС під час обстеження замінованих територій та знешкодження вибухонебезпечних предметів, для подальшого прийняття заходів щодо їх зменшення. **Методика.** Застосування описової статистики для аналізу динаміки зміни кількості НС за роками. Оцінка сумарних втрат від руйнувань інфраструктури. Порівняння інтенсивності діяльності ДСНС за видами. Визначення причин ризику та їх наслідки для рятувальників піротехнічних підрозділів ДСНС. **Наукова новизна.** Проаналізовано діяльність ДСНС, пов'язана з ліквідацією НС, основні ризики для працівників піротехнічних підрозділів ДСНС та можливі наслідки їх прояву. Усвідомлення цих ризиків має стати основою в підготовці спеціалістів в цій сфері діяльності, що допоможе вберегти численні життя. **Практична значущість.** Зменшення рівня ризику рятувальників піротехнічних підрозділів за запропонованою концепцією. **Висновки.** Розвиток сучасних технологій, які спрямовані на виявлення та знешкодження ВВП необхідно підтримувати на державному рівні та співпрацювати з країнами, що можуть передати практичний досвід з цього виду діяльності. Залучення фінансової допомоги від Європейських партнерів дозволить значно скоротити строки розмінування. Зважаючи на ті небезпеки, які пов'язані з війною взагалі і вибухонебезпечними предметами зокрема, слід проводити широку роз'яснювальну роботу серед населення всіма можливими способами. Під час викладання безпекових дисциплін у навчальних закладах обов'язково слід виділяти час для розгляду видів ВВП та дій у разі їх виявлення. Підготовка спеціалістів-піротехніків з урахуванням розвитку сучасних видів засобів протидії ВВП може суттєво скоротити строки загального очищення країни від небезпек.

Ключові слова: цивільний захист; безпека життєдіяльності; надзвичайна ситуація, піротехнічні підрозділи; концепція зменшення ризику

SES OF UKRAINE IN WAR CONDITIONS : CHALLENGES AND RISKS TO SAPPERS

DOLZHENKOVA O.V.^{1*}, Cand. Sc. (Tech.), Sen. Res.,
RUSAKOVA T.I.², Dr. Sc. (Tech.), Prof.,
ZOLOTKO O.V.³, Cand. Sc. (Tech.), Assoc. Prof.,
LEVYTSKA O.H.⁴, Cand. Sc. (Tech.), Assoc. Prof.,
VOYTENKO J.V.⁵, Cand. Sc. (Tech.)

^{1*} Department of Life Safety, Oles Honchar Dnipro National University, 72, Haharin Ave., Dnipro, 49010, Ukraine, tel. +38 (050) 908-59-89, e-mail: dolena2017@gmail.com, ORCID ID: 0000-0002-7970-8110

² Department of Life Safety, Oles Honchar Dnipro National University, 72, Haharin Ave., Dnipro, 49010, Ukraine, e-mail: rusakovati1977@gmail.com, ORCID ID: 0000-0001-5526-3578

³ Department of Life Safety, Oles Honchar Dnipro National University, 72, Haharin Ave., Dnipro, 49010, Ukraine, e-mail: zltkelena@gmail.com, ORCID ID: 0000-0003-2482-7574

⁴ Department of Life Safety, Oles Honchar Dnipro National University, 72, Haharin Ave., Dnipro, 49010, Ukraine, e-mail: LLevi@ukr.net, ORCID ID: 0000-0002-2598-3651

⁵ Department of Life Safety, Oles Honchar Dnipro National University, 72, Haharin Ave., Dnipro, 49010, Ukraine, e-mail: Juliya.voytenko.1983@gmail.com, ORCID ID: 0000-0003-0819-3794

Abstract. Problem statement. With the arrival of the Russian aggressor in defense of Ukraine, the SES units became, only unlike conventional weapons, they used engineering and fire and rescue equipment. The number of dangers associated with ordinary daily work has increased significantly, their character has changed, and psychological loads on rescuers have increased sharply. Minging large territories of the country needed to be involved in mine, including pyrotechnic units of the SES. **The purpose of the article.** The purpose of the work is to identify the risks and challenges facing the Pyrotechnical Units of the SES during the survey of replaced territories and the disposal of explosive objects, to further take measures to reduce them. **Methodology.** Application of descriptive statistics to analyze the dynamics of changing the number of NA by years. Assessment of total losses from infrastructure destruction. Comparison of intensity of activity of SES by species. Determining the causes of risk and their consequences for the rescuers of the Pyrotechnical Divisions of the SES. **Scientific novelty.** The activities of the SES, related to the elimination of the emergency, the main risks for employees of pyrotechnic units of the SES and the possible consequences of their manifestation are analyzed. Awareness of these risks should be the basis in the training of specialists in this area of activity, which will help to protect numerous lives. **Practical significance.** Reducing the risk of rescuers of pyrotechnic units under the proposed concept. **Conclusions.** The development of modern technologies aimed at identifying and neutralizing GNP should be maintained at the state level and cooperate with countries that can convey practical experience in this type of activity. Involvement of financial assistance from European partners will significantly shorten the duty. Given the hazards that are related to war in general and explosive objects in particular, wide explanatory work should be carried out among the population in all possible ways. When teaching security disciplines in educational institutions, it is imperative to take the time to consider GNP and actions if they are detected. The training of specialists-pyrotechnics, taking into account the development of modern types of counteraction to GNP, can significantly shorten the terms of general purification of the country from dangers.

Keywords: *civil protection; life safety; emergency; pyrotechnic units; risk reduction concept*

Постановка проблеми. У мирні часи діяльність Державної служби з надзвичайних ситуацій (ДСНС) була спрямована на захист населення від надзвичайних ситуацій, в основному, техногенного та природного походження, тому що кількість НС іншого характеру була незначною. Підрозділи ДСНС працювали в режимі повсякденної діяльності, а в разі істотного погіршення обстановки, чи в умовах виникнення НС – відповідно в режимах підвищеної готовності чи надзвичайної ситуації.

Все змінилось, коли 24 лютого 2022 року країну було переведено на воєнні рейки внаслідок вторгнення російської федерації, і настав той самий особливий час, про який йшлося у визначенні поняття цивільного захисту у статті 4 Кодексу Цивільного захисту.

Поряд з військами підрозділи ДСНС почали боронити країну від надзвичайних

ситуацій, спричинених війною, тільки на відміну від звичайної зброї вони використовували інженерну та пожежно-рятувальну техніку. Кількість небезпек, пов'язаних зі звичайною повсякденною роботою, значно підвищилась, змінився їх характер, різко зросли психологічні навантаження на рятувальників. Одна річ ліквідувати масові руйнування інфраструктури, а зовсім інша – робити це коли підходи до об'єктів усіяні вбитими людьми і навіть їх фрагментами. Евакуацію населення підрозділи ДСНС проводили під обстрілами стрілецькою зброєю та за умов атак дронів. Вороги будували численні захисні укріплення на території України, при цьому застосовували метод наступального мінування. Міни вони встановлювали задля загрози національній безпеці, знищення економіки нашої країни, а також залякування населення, тому об'єктами мінування ставали не тільки

стратегічні цілі, а й сільськогосподарські угіддя, покинуте житло, предмети вжитку, загиблі свійські тварини, тому виникала потреба в залученні до розмінування, піротехнічних підрозділів ДСНС, а також необхідність у збільшенні кількості фахівців-піротехніків та удосконалення їх фахової підготовки під час знешкодження сучасних видів вибухонебезпечних предметів (ВНП).

Аналіз публікацій. Над висвітленням питань роботи ДСНС під час війни працювали наукові школи, авторські колективи і окремі дослідники. У роботі [1] детально розглянуто дії підрозділів ДСНС в умовах воєнного стану. Аналітична команда Київської школи економіки (KSE) представила звіт, в якому оцінені прямі збитки України («damages» згідно з методологією Світового банку) за період з лютого 2022 року по листопад 2024 року, вони склали 170 млрд. доларів [2]. Багато завдань, що постали перед працівниками ДСНС у воєнний час, не мали чіткого визначення, розширилось коло стрес-факторів впливу, з'явилися нові виклики, на які необхідно було реагувати без наявного досвіду на фоні високого психологічного навантаження [3]. На допомогу населенню в Білій книзі Цивільного захисту представлено інформацію про чат-бот «ДСНС», за звернення до якого користувачі можуть отримати достовірну інформацію та корисний контент з відповідями на важливі питання: що робити у надзвичайній ситуації (НС), за виявлення ВНП, як діяти під час обстрілів, куди звертатись по допомогу [4].

Екстремальні умови праці рятувальників, і пов'язані з цим високі ризики для життя та здоров'я є характерною ознакою для рятувальників і в першу чергу це стосується пожежно-рятувальних та піротехнічних підрозділів ДСНС. Піротехніки знешкоджували залишки від крилатих ракет та ракет реактивних систем залпового вогню (43,6 %), заряди касетних частин ракет (30,8 %), снаряди різних артилерійських систем (15,1 %), пошкоджені авіаційні бомби (6,7 %) та інші види ВНП – 8,4 % [5]. Всі ВНП

представляли велику загрозу як для мирного населення так і для піротехніків, до того ж вороги застосовували їх у неймовірних кількостях.

Мета статті – виявлення ризиків та викликів, які постають перед підрозділами ДСНС, зокрема піротехнічними, під час обстеження замінованих територій та знешкодження вибухонебезпечних предметів, для подальшого прийняття заходів щодо їх зменшення.

Опис об'єкта. Поставлена задача дослідити можливі ризики під час виконання різних завдань підрозділами ДСНС.

Методи дослідження. Для вивчення нормативно-правових документів, офіційних звітів ДСНС України, публікацій у ЗМІ та міжнародних організацій щодо діяльності служби в умовах війни був застосований контент-аналіз. В процесі порівняльного аналізу зіставляли досвід ДСНС з аналогічними структурами інших країн, що працювали в умовах воєнного конфлікту, зокрема щодо протимінної діяльності. Обробку відкритих даних щодо кількості залученого персоналу, інцидентів, поранень та загибелі серед саперів проводили методом статистичного аналізу.

Методика дослідження. Для аналізу використані дані довідок, які ДСНС щорічно представляє в інформаційно-аналітичному звіті [6]. В 2022 році крім подолання наслідків надзвичайних ситуацій (НС) природного, техногенного та соціального характеру ДСНС долучилась до робіт, пов'язаних з ситуацією воєнного характеру, спричиненої вторгненням російського агресора в Україну. В той же час продовжувалась робота з ліквідації НС, які не були зумовлені воєнними діями (рис. 1) [6]. Під час детального аналізу в динаміці виникнення надзвичайних ситуацій зазначено рекордне зниження їх загальної кількості у 2022 році до рівня, якого не було протягом 25 попередніх років (з 1997 р.) і подальше їх невелике зростання у 2023 та 2024 рр. [6].

За воєнний час збільшилась кількість ситуацій природного характеру у 2024 р.

(зросло число випадків виявлення небезпечних інфекційних захворювань тварин й птиці) та соціальних НС внаслідок нехтування людьми правилами безпеки. Загальна кількість НС «мирного» характеру не перебільшувала середньостатистичних показників, починаючи з 2019 р. Саме це дало можливість більш ефективно задіяти сили ДСНС у ліквідації наслідків руйнувань інфраструктури у воєнний період.

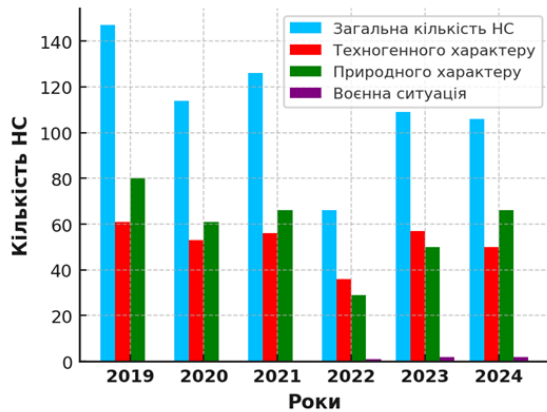


Рис.1. Динаміка прояву надзвичайних ситуацій протягом 2019–2024 рр.



Рис.2. Оцінка прямих втрат інфраструктури станом на листопад 2024 року

В дослідженні [2] встановлено, що найбільших руйнувань серед інфраструктурних об'єктів зазнали житловий фонд та транспортна інфраструктура, сумарні збитки яких перевищили 56,8 % загальних втрат (рис. 2). В Україні з'явилися місця-привиди – Северодонецьк, Попасна, Рубіжне, Щастя, Кременна та інші, які настільки зруйновані, що взагалі незрозуміло чи колись відродиться у них життя. Ракета «Іскандер» влучила у автопідприємство у Дніпрі і призвела до одночасного знищення біля

100 одиниць автотранспорту. Кожного дня то в одному, то в іншому місті населення переживає з приводу влучань, загибелі людей та руйнувань житла. До 2024 року вороги нещадно нищили об'єкти енергетики: повністю зруйновані Трипільська ТЕС та Харківська ТЕС-5, суттєвих руйнувань зазнав Дніпрогес.

В 2025 р. «мішенями» для нападу стало мирне населення – завжди пам'ятатимемо про одночасну загибель 20 людей, в тому числі 9 дітей і поранення 33 осіб на дитячому майданчику у Кривому Розі, влучання балістики по центру Сум, де загинуло 35, поранено 117 людей, з них 15 дітей і інші злочини, які стали доказами повного ігнорування міжнародного гуманітарного права з боку російського агресора.

Зважаючи на те, що станом на 31 грудня 2024 року окупантами зруйновано та пошкоджено понад 227 900 об'єктів інфраструктури [6], стає зрозумілим, що ДСНС зайняла ключові позиції на внутрішньому фронті країни, тому що без її підготовлених спеціалістів і техніки неможливо було б рятувати людей з-під завалів, знищувати боєприпаси, що не розірвались, гасити пожежі, розмінювати території і проводити відновлювальні роботи.

Під час аналізу діяльності ДСНС протягом воєнного часу (табл. 1) визначено значне зростання ворожої активності, яка потребувала втручання діяльності рятувальників щодо захисту мирного населення [6]. Від початку війни настільки збільшилась інтенсивність обстрілів населених пунктів, що число виїздів рятувальників на їх ліквідацію у 2024 році зросло у 2,5 рази. Продовжувалось мінування наших територій і з'являлась необхідність їх обстеження. З 2022 по 2024 рр. площа обстеження зросла у 2,19 рази, в той же час площа розмінованих територій змінювалась залежно від обстановки на фронтах. І в усіх перелічених ситуаціях рятувальники думали про інших людей, здійснювали майже на

межі людських можливостей щоденну роботу, яка кожного разу була подвигом.

Таблиця 1

Види діяльності підрозділів ДСНС за роками

Діяльність ДСНС	Рік			Зростання разів
	2022	2023	2024	
Здійснено виїздів на ліквідацію наслідків обстрілів населених пунктів	75 215	131 721	191 148	2,54
Врятовано, осіб	3 800	4 522	5 702	1,50
Ліквідовано пожеж, одиниць	13 600	17 391	23 040	1,69
Обстежено на наявність вибухонебезпечних предметів (ВНП), га	77 300	113 506	169 610	2,19
Знешкоджено вибухонебезпечних предметів, од.	315 068	153 859	86 536	Зменшення в 3,6 рази
Площа території, яка очищена від ВНП, га	78 180	36 145	55 914	Зменшення в 1,4 рази
Підвезено продуктів харчування, т	7 600	14 160	14 747	1,94
Підвезено питної та технічної води, т	45 400	139 860	175 430	3,86
Надано психологічну допомогу осіб	194 800	233 667	273 656	1,4
Евакуйовано, осіб.	2 300 000	2 800 000		1,2

Значна частина роботи ДСНС полягала у розмінуванні території та очищенні від вибухонебезпечних предметів. На кінець 2023 р. за даними Міністерства внутрішніх справ було заміновано 174 тис. км² території України, а на кінець 2024 р. такими залишались 139 тис. км². Безумовно, темпи розмінування були не дуже значними, але ж продовжувались бойові дії і одночасно зростала площа мінування. Нашу територію «визволителі» перетворили на випробувальний полігон і застосовували неймовірну кількість вибухонебезпечних предметів, основними з яких були протипіхотні фугасні міни, протипіхотні міни осколкової дії, ручні гранати, мінометні міни, артилерійські снаряди, касетні боєприпаси, балістичні ракети, авіаційні ракети, авіаційні бомби, реактивні снаряди, мінні пастки, протитанкові керовані ракети, протитранспортні міни дистанційного керування.

Зараз Україна забруднена також залишками тих ВНП, що не розірвались, що знешкоджуються тільки підривом, бо мають додаткові пристрої, які унеможливають вилучення, замінованими оборонними укріпленнями [7]. Росіяни створили на сході та півдні України багаторівневу систему укріплень довжиною 2 000 км, яка захищена мінними полями, що є найбільшими у Європі з часів Другої світової війни.

За даними Укрінформ наразі від російських мін постраждали 1088 цивільних осіб, 319 з яких загинули. Близько 10 % потерпілих становили діти (рис. 3).

Задля недопущення втрат серед населення і гуманітарного розмінування до праці ставали сапери, кропітка робота яких супроводжувалась ризиками для їх життя та здоров'я. Рятувальникам приходилось працювати в надскладних умовах під постійною загрозою обстрілів та авіаударів, що значно ускладнювало виконання завдань і в той же час вимагало гнучкості та оперативності.

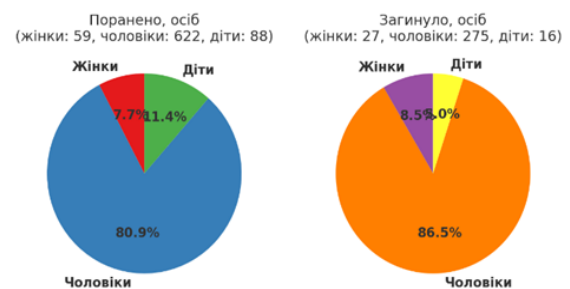


Рис 3. Розподіл цивільних осіб, які постраждали від російських мін

З початку повномасштабного вторгнення Росії в Україну загинули 100 працівників ДСНС, ще 430 осіб отримали поранення. Загрози постійно зростають, тому що ворог дедалі частіше використовує тактику «подвійних ударів», крім того, він

свідомо атакує і знищує рятувальні станції ДСНС. В таблиці 2 представлені наслідки прояву дії факторів ризику різного

походження на рятувальників піротехнічних підрозділів ДСНС [4; 9].

Таблиця 2

Причини ризику фахівців піротехнічних підрозділів і наслідки їх дії

Причини ризику	Наслідки для рятувальників
Вплив чинників фізичного характеру	Мінно-вибухові ураження комплексного та множинного характеру в результаті впливу вибухової хвилі, високої температури та полум'я, уламків і часток вибухового пристрою, баро- та акустичних травм, виникнення пожеж
Робота в прифронтових районах і в умовах окупації	Високий рівень небезпеки та обмежений доступ до допомоги; можливість будь-якої миті потрапити під ворожий обстріл
Ускладнене дистанційне мінування, установка додаткових елементів невилучення мін чи розміщення у складній комбінації з іншим мінами, застосування мін-пасток, знешкодження нерозірваних боєприпасів	Недостатній кваліфікаційний рівень не дає можливості здійснювати безпечну остаточну ліквідацію великої номенклатури боєприпасів, безпечного поводження з якими ця особа була навчена
Хімічні фактори впливу	Токсична дія газоподібних продуктів вибуху, інтоксикація ґрунтів
Недостатня комплектація підрозділів сучасними засобами безпечного проведення робіт (роботизованими комплексами для проведення розвідки та дистанційного знешкодження боєприпасів, підливними машинками, системами дистанційного ініціювання) відсутність або дефіцит ресурсів та технічного забезпечення внаслідок пошкодження або знищення обладнання, нестачею пального та інших ресурсів	Підвищення строку перебування в зоні небезпеки, обмеження ефективності роботи
Порушення правил транспортування ВНП	Наслідки, які характерні для чинників фізичного характеру
Психологічний вплив НС	Великі психологічні навантаження, посттравматичний стрес, вигорання серед персоналу
Скорочені терміни навчання фахівців-піротехніків	Збільшення нещасних випадків під час розмінування, тому що для якісної підготовки необхідно 4 роки навчання, а вона відбувається в скорочені строки за 3–4 місяці

За досвідом країн з мінною проблематикою один рік війни тягне за собою 30 років розмінування. Але Україна не має значного часу для вирішення цієї проблеми, тому шукає можливості скорочення такого умовного терміну, а поки що через міни та вибухонебезпечні залишки війни, економіка країни щороку втрачає 11,2 мільярда доларів, що становить 5,6 % довоєнного ВВП [7]. Така сумна статистика, в той же час, є потужним стимулом для виявлення та залучення до пошукових робіт талановитих винахідників і розробки новітніх технологій в піротехнічній діяльності.

Для проведення очищення територій від мін та ВНП необхідні великі кошти (розмінування 1 квадратного метра землі може вартувати 3-4 \$), тривалий час та спеціалісти з протимінної діяльності. З початку війни в країні кількість сертифікованих спеціалістів з протимінної діяльності зросла з 10 до 84 осіб. На

підтримку гуманітарного розмінування Кабінет Міністрів України прийняв Національну стратегію протимінної діяльності на період до 2033 року та Операційний план на її виконання у 2024–2026 рр. Є великі сподівання на те, що всупереч всім прогнозам, розмінування буде проходити набагато швидше і безпечніше, бо сучасні технології дали змогу для розмінування використовувати дрони та роботизовані системи, виготовлення яких швидко зростає.

Суттєву підтримку отримали сапери для проведення обстеження замінованих територій від ТОВ Юадемедж, яке розробило програмне забезпечення, за допомогою якого ті дані, що отримують під час зйомки дрони та інше обладнання, опрацьовує штучний інтелект. Результатом такої роботи стає чітка картина мінного забруднення території обстеження. У Посад-Покровському на Херсонщині лише за 40 хвилин роботи вдалося обстежити 5 км²

території населеного пункту [8]. Оснащення дронів високоточними камерами та георадарними сенсорами за висновком спеціалістів Європейського центру з розмінування (EOD Center), дає змогу проводити швидку розвідку і зводити до мінімуму ризики для фахівців з протимінної діяльності. Потім на мінне поле можна запускати машини для розмінування.

На початку 2023-го в країні взагалі не було машин з розмінування, тепер їх понад 150. Не можна навіть порівнювати таку організацію робіт з виходом сапера на мінне поле з металошукачем, переваги очевидні. В дослідженні [9] представлено таблицю, застосування даних якої дозволяє обирати необхідне обладнання з врахуванням локальних особливостей замінованої місцевості, кліматичних умов, типу ґрунтів та рослинності. Такий підхід веде не лише до зменшення ризиків для людей, але й до оптимізації витрат та прискорення очищення територій.

У подальшому для зменшення або усунення ризиків, пов'язаних із ВНП, можна запропонувати таку концепцію у сфері протимінної діяльності:

- удосконалення методів підготовки фахівців у сфері протимінної діяльності з фокусуванням на безпекових моментах;
- збільшення кількості підготовлених спеціалістів-піротехніків, які володіють знаннями в області розробки та вдосконалення програмного забезпечення;
- розширення знань спеціалістів в галузі розробки нових роботехнічних систем;
- проведення досліджень, які спрямовані на виявлення заглибленого розміщення ВНП та вибухонебезпечних залишків війни;

- робота з населенням – інформування про ризики та навчання безпечній поведінці;
- проведення роботи з сертифікації спеціалістів;

- підтримка з боку держави щодо визначення пріоритетів у діяльності та координація робіт.

Наукова новизна та практична цінність. Проаналізовано діяльність ДСНС, пов'язану з ліквідацією НС, основні ризики для працівників піротехнічних підрозділів ДСНС та можливі наслідки їх прояву. Усвідомлення цих ризиків має стати основою в підготовці спеціалістів в цій сфері діяльності, що допоможе вберегти численні життя. Запропоновано концепцію подальшого зменшення ризику.

Висновки

Розвиток сучасних технологій, які спрямовані на виявлення та знешкодження ВНП необхідно підтримувати на державному рівні та співпрацювати з країнами, що можуть передати практичний досвід з цього виду діяльності. Залучення фінансової допомоги від Європейських партнерів дозволить значно скоротити строки розмінування. Зважаючи на ті небезпеки, які пов'язані з війною взагалі і вибухонебезпечними предметами зокрема, слід проводити широку роз'яснювальну роботу серед населення всіма можливими способами. Під час викладання безпекових дисциплін у навчальних закладах обов'язково слід виділяти час для розгляду видів ВНП та дій у разі їх виявлення. Підготовка спеціалістів-піротехніків з урахуванням розвитку сучасних видів засобів протидії ВНП може суттєво скоротити строки загального очищення країни від небезпек.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Дії підрозділів ДСНС в умовах воєнного стану : навч. посіб. За ред. М. Ковалю. Львів : ЛДУ БЖД, 2023. 306 с. URL: <https://sci.ldubgd.edu.ua/jspui/handle/123456789/12959>
2. Андрієнко Д., Горюнов Д., Грудова В., Маркуц Ю., Маршалок Т., Нейтер Р., Піддубний І., Студеннікова І., Топольськов Д. Звіт про прямі збитки інфраструктури від руйнувань внаслідок військової агресії Росії проти України станом на листопад 2024 року. 2025. URL: https://kse.ua/wp-content/uploads/2025/02/KSE_Damages_Report-November-2024-UA.pdf
3. Платонов В. Психологічний аналіз професійної діяльності піротехнічних підрозділів ДСНС під час військових дій. *Проблеми екстремальної та кризової психології*. 2022. № 1 (3). С. 51–62.

4. Біла книга цивільного захисту України: інформаційне видання ДСНС за заг. ред. П. Б. Волянського. Київ, 2023. 272 с. URL: <https://omeka.nibu.kyiv.ua/s/nibu/media/5446>
5. Гуцул Т. В., Ткач В. О., Хобзей М. М. Класифікація та особливості методів гуманітарного розмінування територій на сучасному етапі. Чернівці : Чернівець. нац. ун-т ім. Ю. Федьковича, 2024. 240 с. URL: <https://archer.chnu.edu.ua/xmlui/handle/123456789/10515>
6. Державна служба України з надзвичайних ситуацій. Довідка за рік. URL: <https://dsns.gov.ua/operational-information/nadzvicaini-situaciyi-v-ukrayini-2/dovidka-za-rik>
7. Безкоровайний І. Безпечні території: хто розмінує українські поля та чому важливо звертатися до сертифікованих операторів. URL: <https://epravda.com.ua/experts/bezpechni-teritoriji-hto-rozminovuye-ukrajinski-polya-ta-chomu-vazhlyvo-zvertatisya-do-sertifikovanih-operatoriv-801093/>
8. Свириденко Ю. Україна підтримуватиме інновації та вітчизняне виробництво в сфері гуманітарного розмінування. Міністерство економіки України. URL: <https://me.gov.ua/News/Print/e8ead6c3-5769-432c-968b-f7605c7fbfa1?lang=uk-UA>
9. Колосов В., Чепела О. Пристосування військової інженерної техніки для підвищення ефективності процесу гуманітарного розмінування. *Випробування та сертифікація*. 2024. № 4 (6). С. 90–96. URL: <https://doi.org/10.37701/ts.06.2024.11>

REFERENCES

1. *Diyi pidrozdiliv DSNS v umovakh voyennoho stanu : navch. posibnyk. Za red. M. Kovalya* [Actions of SES units in martial law : textbook. manual. Ed. by M. Koval]. Lviv : LSU BDD, 2023, 306 p. URL: <https://sci.ldubgd.edu.ua/jspui/handle/123456789/12959> (in Ukrainian).
2. Andrienko D., Goryunov D. and Groupova V. *Zvit pro pryami zbytky infrastruktury vid ruynuvan' vnaslidok viys'kovoyi ahresiyi Rosiyi proty Ukrayiny stanom na lystopad 2024 roku* [Report on direct loss of infrastructure from destruction as a result of Russia's military aggression against Ukraine as of November 2024]. 2025. URL: https://kse.ua/wpcontent/uploads/2025/02/KSE_Damages_Report-November-2024-UA.pdf (in Ukrainian).
3. Platonov V. *Psykhologichnyy analiz profesiynoyi diyal'nosti pirotekhnichnykh pidrozdiliv DSNS pid chas viys'kovykh diy* [Psychological analysis of professional activity of pyrotechnic units of the SES during hostilities]. *Problemy ekstremal'noyi ta kryzovoyi psykhologii* [Problems of Extreme and Crisis Psychology]. 2022, pp. 51–62. (in Ukrainian).
4. *Bila knyha tsyvil'noho zakhystu Ukrayiny : informatsiyne vydannya DSNS za zah. red. P.B. Volyans'koho* [The White Book of Civil Protection of Ukraine : Information Edition of the SES for the total. ed. by P.B. Volyansky]. Kyiv, 2023, 272 p. URL: <https://omeka.nibu.kyiv.ua/s/nibu/media/5446> (in Ukrainian).
5. Hutsul T.V., Tkach V.O. and Hobzey M.M. *Klasyfikatsiya ta osoblyvosti metodiv humanitarnoho rozminuvannya terytoriy na suchasnomu etapi* [Classification and features of methods of humanitarian demining of territories at the present stage]. Chernivtsi : Chernivtsi Nat. Univ. Publ., 2024, 240 p. URL: <https://archer.chnu.edu.ua/xmlui/handle/123456789/10515> (in Ukrainian).
6. *Derzhavna sluzhba Ukrayiny z nadzvychaynykh sytuatsiy. Dovidka za rik* [The State Service of Ukraine for Emergency Situations. Help for the year]. URL: <https://dsns.gov.ua/operational-information/nadzvicaini-situaciyi-v-ukrayini-2/dovidka-za-rik> (in Ukrainian).
7. Bezkorovaynyi I. *Bezpechni terytoriyi : khto rozminovuye ukrajins'ki polya ta chomu vazhlyvo zvertatisya do sertyfikovanykh operatoriv* [Safe territories : who exchanges Ukrainian fields and why it is important to contact certified operators]. URL: <https://epravda.com.ua/experts/bezpechni-teritoriji-hto-rozminovuye-ukrajinski-polya-ta-chomu-vazhlyvo-zvertatisya-do-sertifikovanih-operatoriv-801093/> (in Ukrainian).
8. Svyridenko Yu. *Ukrayina pidtrymuvatyme innovatsiyi ta vitchyznyane vyrobnytstvo v sferi humanitarnoho rozminuvannya* [Ukraine will support innovations and domestic production in the field of humanitarian demining]. Ministry of Economy of Ukraine. URL: <https://me.gov.ua/news/print/e8ead6c3-5769-432c-968b-f7605c7fbfa1?lang=uk-ua> (in Ukrainian).
9. Kolosov V. and Chepela O. *Prystosuvannya viys'kovoyi inzhenernoyi tekhniki dlya pidvyshchennya efektyvnosti protsesu humanitarnoho rozminuvannya* [Adaptation of military engineering equipment to improve the efficiency of the humanitarian demining process]. *Vyprobuvannya ta sertyfikatsiya* [Testing and Certification]. 2024, no. 4 (6), pp. 90–96. URL: <https://doi.org/10.37701/ts.06.2024.11> (in Ukrainian).

Надійшла до редакції : 21.04.2025.

УДК 624.05

DOI: 10.30838/UJCEA.2312.270425.119.1182

ОРГАНІЗАЦІЯ ЖИТЛОВОГО БУДІВНИЦТВА НА ОСНОВІ ПРИНЦИПІВ СТАЛОГО РОЗВИТКУ

КРАВЧУНОВСЬКА Т. С.^{1*}, докт. техн. наук, проф.,
ДІГТЯР К. В.², асп.

^{1*} Кафедра організації і управління будівництвом, Український державний університет науки і технологій, ННІ «Придніпровська державна академія будівництва та архітектури», вул. Архітектора Олега Петрова, 24-а, 49005, Дніпро, Україна, тел. +38 (056) 756-33-66, e-mail: t.s.kravchunovska@ust.edu.ua, ORCID ID: 0000-0002-0986-8995

² Кафедра організації і управління будівництвом, Український державний університет науки і технологій, ННІ «Придніпровська державна академія будівництва та архітектури», вул. Архітектора Олега Петрова, 24-а, 49005, Дніпро, Україна, тел. +38 (050) 452-08-19, e-mail: degtyar.kirill@gmail.com, ORCID ID: 0009-0009-5568-1249

Анотація. Постановка проблеми. Задля досягнення спільного кращого майбутнього необхідно дотримуватися принципів концепції сталого розвитку, зокрема виявляти відповідальне ставлення до довкілля в усіх сферах життєдіяльності людини. Це зокрема передбачає забезпечення доступним, безпечним і недорогим житлом, екологічно стійку урбанізацію, сприяння будівництву екологічно стійких і міцних будівель із використанням місцевих матеріалів. Тобто стале будівництво – це процес створення будівель, які є екологічно чистими та ресурсоефективними протягом усього життєвого циклу (проектування, будівництво, експлуатація, ремонт, реконструкція, ліквідація). Такий підхід до будівництва житлових будинків розширює і доповнює традиційний підхід до проектування і спорудження будівель із точки зору їх економічності, корисності, довговічності та комфортності. Але на сьогодні відсутнє вичерпне наукове обґрунтування прогнозованих техніко-економічних показників проєктів створення сталих малоповерхових житлових будівель, яке б враховувало вплив визначальних організаційно-технологічних, технічних, економічних, соціальних та управлінських факторів. **Мета статті.** Аналіз чинників, які визначають сталість будівель, зокрема їх інклюзивність, безпечність, життєстійкість та збалансованість. **Висновок.** Для прийняття науково обґрунтованих рішень, які забезпечуватимуть ефективне використання ресурсів, скорочення тривалості виробництва робіт і зниження вартості будівельної продукції, необхідно здійснити формалізацію визначальних організаційно-технологічних, технічних, економічних, соціальних та управлінських факторів, які характеризують особливості створення сталих малоповерхових житлових будівель та впливають на техніко-економічні показники проєктів.

Ключові слова: сталий розвиток; стале будівництво; житлове будівництво; життєвий цикл будівлі; ефективність

ORGANISATION OF RESIDENTIAL CONSTRUCTION BASED ON THE PRINCIPLES OF SUSTAINABLE DEVELOPMENT

KRAVCHUNOVSKA T.S.^{1*}, Dr. Sc. (Tech.), Prof.,
DIHTIAR K.V.², Postg. Stud.

^{1*} Department of Organisation and Management in Construction, Ukrainian State University of Science and Technologies, ESI “Prydniprovsk State Academy of Civil Engineering and Architecture”, 24-a, Architect Oleh Petrov St., Dnipro, 49005, Ukraine, tel. +38 (056) 756-33-66, e-mail: t.s.kravchunovska@ust.edu.ua, ORCID ID: 0000-0002-0986-8995

² Department of Organisation and Management in Construction, Ukrainian State University of Science and Technologies, ESI “Prydniprovsk State Academy of Civil Engineering and Architecture”, 24-a, Architect Oleh Petrov St., Dnipro, 49005, Ukraine, tel. +38 (050) 452-08-19, e-mail: degtyar.kirill@gmail.com, ORCID ID: 0009-0009-5568-1249

Abstract. Problem statement. To achieve a shared better future, it is essential to adhere to the principles of sustainable development, particularly by demonstrating a responsible attitude toward the environment in all areas of human activity. This also involves ensuring accessible, safe, and affordable housing, promoting environmentally sustainable urbanization, and encouraging the construction of eco-friendly and durable buildings using local materials. In other words, sustainable construction is the process of creating buildings that are environmentally friendly and resource efficient throughout their life cycle (design, construction, operation, repair, reconstruction, and demolition). This approach to residential building construction expands and complements the traditional approach to the design and construction of buildings in terms of their efficiency, usefulness, durability, and comfort. However, there is currently no

comprehensive scientific justification for the projected technical and economic indicators of sustainable low-rise residential building projects, which would take into account the impact of key organizational, technological, technical, economic, social, and managerial factors. **Purpose of the article.** Analysis of the factors determining the sustainability of buildings, specifically their inclusivity, safety, resilience, and balance. **Conclusion.** To make scientifically grounded decisions that will ensure the efficient use of resources, reduce the duration of work and lower the cost of building production, it is necessary to formalize the key organizational, technological, technical, economic, social and managerial factors. These factors characterize the specifics of creating sustainable low-rise residential buildings and influence the technical and economic indicators of the projects.

Keywords: sustainable development; sustainable construction; residential construction; building life cycle; efficiency

Постановка проблеми. Задля досягнення спільного кращого майбутнього необхідно дотримуватися принципів концепції сталого розвитку, зокрема виявляти відповідальне ставлення до довкілля в усіх сферах життєдіяльності людини.

Згідно з [1], однією зі складових сталого розвитку є сталий розвиток міст і громад. Це, зокрема, передбачає забезпечення доступним, безпечним і недорогим житлом, екологічно стійку урбанізацію, сприяння будівництву екологічно стійких і міцних будівель із використанням місцевих матеріалів.

Відповідно до [2], однією з основних цілей сталого розвитку України є забезпечення відкритості, безпеки, життєстійкості та екологічної стійкості міст.

Зважаючи на це, одним із напрямків розвитку міст є будівництво доступного житла, заснованого на принципах сталості, тобто створення екологічно дружніх, енергоефективних та міцних будівель із використанням місцевих матеріалів.

Аналіз публікацій. У світовій практиці не існує загальноприйнятого визначення терміну «сталість будівель». Тому розглянемо різні підходи до визначення змісту терміну «сталість будівель» (табл.).

Таблиця

Підходи до визначення змісту терміну «сталість будівель»

№ з/п	Джерело	Тлумачення
1	Sustainable Development Commission [3]	Сталий розвиток – це розвиток, який задовольняє потреби сьогодення, не ставлячи під загрозу здатність майбутніх поколінь задовольняти свої власні потреби. Концепцію сталого розвитку можна інтерпретувати по-різному, але в її основі лежить підхід до розвитку, який прагне збалансувати різні, часто конкуруючі потреби з усвідомленням екологічних, соціальних та економічних обмежень, із якими стикається суспільство.
2	Mind Scope [4]	Сталість будівель – це властивість споруди витримувати вплив часу, забезпечуючи її довговічність та стійкість до зносу. Сталість передбачає створення будівель, які залишатимуться функціональними та естетично привабливими протягом тривалого періоду, з мінімальною потребою в обслуговуванні та ремонті. Для забезпечення сталості будівель використовуються високоякісні та довговічні матеріали, які мають мінімальний негативний вплив на довкілля. Окрім того, враховуються аспекти енергоефективності та зменшення викидів CO ₂ під час будівництва, що сприяє підвищенню сталості будівель та зменшенню їхнього впливу на кліматичні зміни.
3	Hari Srinivas [5]	Сталість будівлі – це її здатність підтримувати або покращувати якість життя та гармоніювати з місцевим кліматом, навколишнім середовищем, зберігати енергію, ресурси та матеріали для вторинного перероблення, а також підтримувати таку систему протягом усього життєвого циклу будівлі.
4	ДСТУ ISO 15392:2022 [6]	Сталість будівлі – це здатність забезпечувати необхідну продуктивність та функціональність із мінімальним несприятливим впливом на навколишнє середовище, одночасно сприяючи покращенню економічних та соціальних аспектів.

Таким чином, можемо констатувати, що представлені в таблиці 1 підходи до визначення змісту терміну «сталість будівель» не є суперечливими, а радше взаємодоповнюючими [7; 8].

Реалізація принципів сталого розвитку у житловому малоповерховому будівництві потребує системного підходу, за якого досягається баланс між усіма взаємопов'язаними складовими. Наприклад, використання енергоефективних технологій (технологічна складова) не лише дозволяє скоротити витрати на етапі експлуатації (економічний чинник), але й забезпечує скорочення викидів (екологічний чинник) та поліпшує комфортність (соціальний чинник) [9–14].

Тобто стале будівництво – це процес створення будівель, які є екологічно чистими та ресурсоефективними протягом усього життєвого циклу (проектування, будівництво, експлуатація, ремонт, реконструкція, ліквідація). Такий підхід до будівництва житлових будинків розширює і доповнює традиційний підхід до проектування і спорудження будівель із точки зору їх економічності, корисності, довговічності та комфортності.

Згідно з [15; 16], проектування і будівництво сталих будівель коштує

дорожче, ніж традиційних будівель. Проте вигоди, отримувані на етапі експлуатації сталих будівель, є суттєво більшими за різницю у вартості будівництва традиційних і сталих будівель.

Вигоди від створення та експлуатації сталих будівель включають не лише матеріальні вигоди (економію завдяки підвищенню енергоефективності, зменшенню споживання ресурсів, переробленню відходів), а також нематеріальні вигоди (покращення комфорту в житлових приміщеннях, поліпшення здоров'я мешканців тощо).

Проте на сьогодні відсутнє вичерпне наукове обґрунтування прогнозованих техніко-економічних показників проєктів створення сталих малоповерхових житлових будівель, яке б враховувало вплив визначальних організаційно-технологічних, технічних, економічних, соціальних та управлінських факторів.

Метою статті є аналіз чинників, які визначають сталість будівель, зокрема їх інклюзивність, безпечність, життєстійкість та збалансованість.

Результати досліджень. Сталість будівель формується на етапі проектування та будівництва і споживається на етапі експлуатації (рис. 1).



Рис. 1. Складові забезпечення сталості житлових будівель протягом їх життєвого циклу

Виконаний аналітичний огляд літературних джерел [4; 5; 7–17] та проєктів малоповерхового житлового будівництва дозволив встановити, що до основних чинників, які здійснюють вплив на

тривалість виробництва робіт та вартість будівництва сталих малоповерхових житлових будівель, належать такі: технічні, технологічні, економічні, екологічні та соціальні (рис. 2).

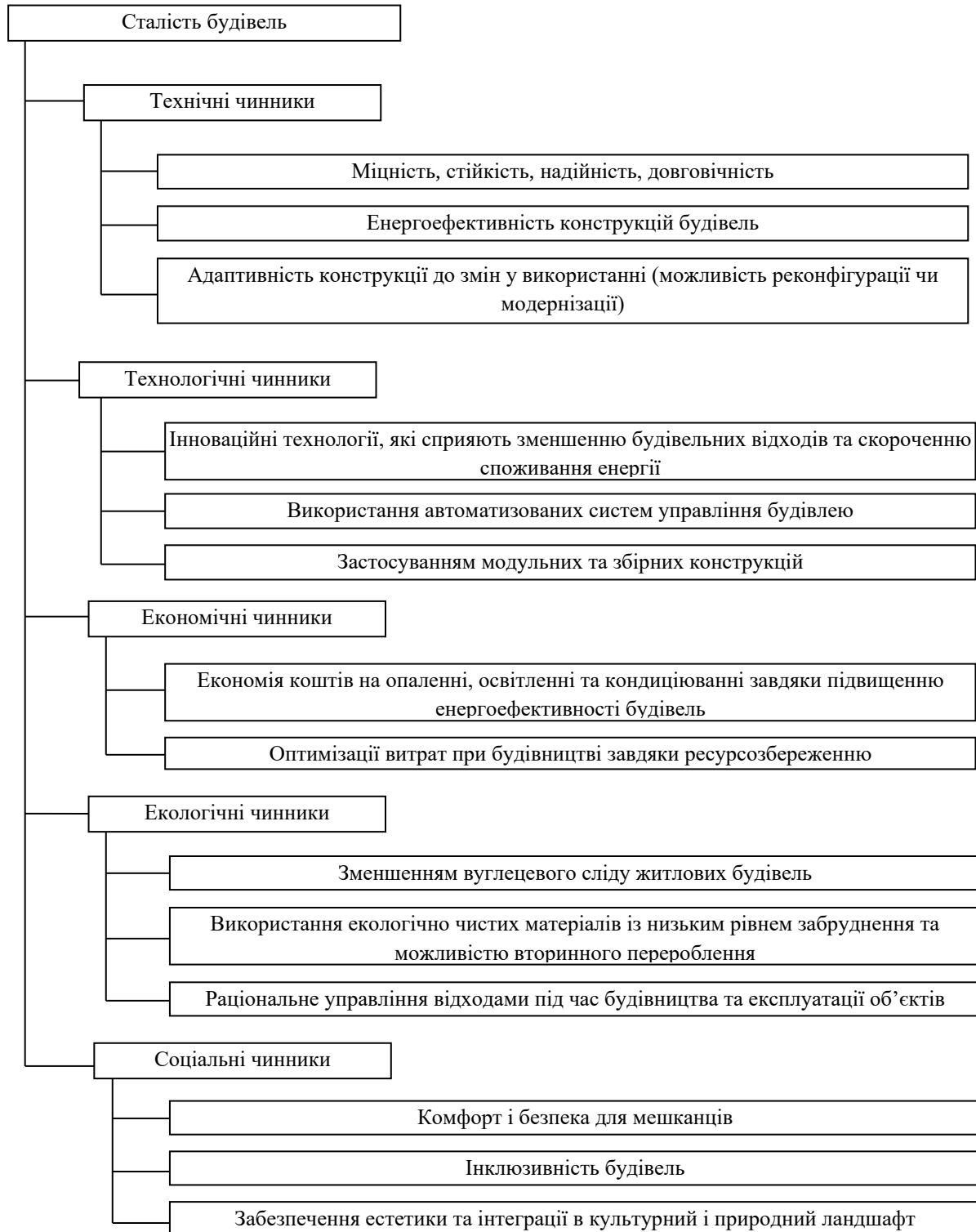


Рис. 2. Чинники, що характеризують сталість будівель

Тому розглянемо детальніше чинники сталості на кожному з етапів життєвого циклу малоповерхових житлових будівель.

Сталість малоповерхових житлових будівель на етапі їх проєктування передбачає створення економічного та комфортного середовища для людей при зменшенні негативного впливу на довкілля.

Технічними складовими сталості будівель на етапі їх проєктування є довговічність та надійність, які передбачають:

- міцність та стійкість матеріалів до зовнішніх впливів (корозія, вологість, температурні коливання тощо);
- енергоефективність конструкцій будівель (мінімізація тепловтрат);
- адаптивність конструкцій до змін у використанні (можливість реконфігурації чи модернізації).

Технологічні аспекти сталості малоповерхових житлових будівель на етапі їх проєктування пов'язані з впроваджуваними інноваційними рішеннями:

- інноваційними технологіями, які сприяють зменшенню будівельних відходів та скороченню споживання енергії;
- використанням автоматизованих систем управління будівлею («розумні» будівлі);
- застосуванням модульних та збірних конструкцій, що дозволяє знизити витрати матеріалів і часу.

Економічні аспекти сталості будівель на етапі їх проєктування асоціюються з орієнтацією на зниження витрат протягом усього життєвого циклу будівлі, насамперед завдяки:

- підвищенню енергоефективності, що забезпечує економію коштів на опаленні, освітленні та кондиціонуванні;
- оптимізації витрат при будівництві (використання місцевих матеріалів та ресурсів).

З екологічної точки зору сталість будівель на етапі їх проєктування пов'язана зі збереженням природних ресурсів і зменшенням негативного впливу будівництва на довкілля, що забезпечується:

– зменшенням вуглецевого сліду житлових будівель завдяки впровадженню енерго- та ресурсозберігальних рішень (термомодернізація, використання відновлюваних джерел енергії, зокрема сонячних панелей, теплових насосів тощо);

– використання екологічно чистих матеріалів із низьким рівнем забруднення та можливістю вторинного перероблення;

– раціональне управління відходами під час будівництва та експлуатації об'єктів.

Соціальні аспекти сталості будівель на етапі їх проєктування пов'язані з забезпеченням задоволення потреб людей і покращення якості їх життя, а саме:

- комфорт і безпека для мешканців (захист від шуму, якість повітря, природне освітлення);
- створення інклюзивних будівель;
- забезпечення естетики та інтеграції в культурний і природний ландшафт.

Дотримання вимог щодо сталості житлових будівель ще на етапі їх проєктування забезпечить не лише збереження ресурсів, але й створить сприятливі умови для людей, що в них житимуть. Адже це є одним із перспективних напрямів сучасного будівництва, реалізація якого забезпечить розвиток суспільства та збереження планети для майбутніх поколінь.

Сталість малоповерхових житлових будівель на етапі їх будівництва пов'язана з забезпеченням ефективного використання обмежених ресурсів із дотриманням балансу між технічними, технологічними, економічними, екологічними та соціальними чинниками.

Технічні складові сталості будівель на етапі їх будівництва пов'язані з забезпеченням довговічності та надійності будівель:

- довговічність матеріалів: використання таких, що мають тривалий термін служби, стійкі до зовнішніх впливів (вологість, температурні перепади, корозія);
- енергоефективність конструкцій: утеплення стін, використання енергоефективних вікон, герметизація стиків;

- ресурсозберігальні інженерні системи: застосування сучасних систем опалення, вентиляції та кондиціювання;

- міцність і сейсмостійкість;

- гнучкість конструкцій: можливість модифікації чи адаптації будівлі до змін у її функціональному призначенні.

Технологічні складові сталості будівель на етапі їх будівництва пов'язані з застосуванням новітніх технологій, які відіграють ключову роль у скороченні негативного впливу процесу будівництва на навколишнє природне середовище:

- технології 3D-друкування для створення як окремих елементів, так і будівлі в цілому;

- будівельного інформаційного моделювання тощо.

Економічні чинники сталості будівель на етапі їх будівництва пов'язані з раціональним використанням ресурсів та отриманням вигоди в довгостроковій перспективі:

- використання місцевих ресурсів для зменшення витрат на транспортування;

- застосування природних та перероблених матеріалів;

- зниження витрат на енергоспоживання через встановлення сучасних систем утеплення, освітлення та опалення тощо.

Екологічні чинники сталості будівель на етапі їх будівництва орієнтовані на мінімізацію негативного впливу на довкілля та сприяння раціональному використанню природних ресурсів:

- використання відновлюваних джерел енергії;

- застосування екологічно чистих матеріалів;

- мінімізація кількості будівельних відходів завдяки вторинному переробленню та повторному використанню.

Соціальна сталість будівель на етапі їх будівництва пов'язана зі створенням комфортного середовища для людей, зокрема шляхом створення просторів для відпочинку, зелених зон тощо.

Сталість будівель на етапі їх експлуатації визначається їх здатністю

функціонувати безпечно, екологічно та економічно. Це означає мінімізацію негативного впливу на довкілля, зниження витрат на утримання, забезпечення комфортного середовища для користувачів та соціальну відповідальність.

Технічні складові сталості будівель на етапі їх експлуатації пов'язані з безвідмовною роботою всіх конструкцій і систем будівлі без значних витрат на їх обслуговування:

- проведення профілактичних оглядів і, за потреби, ремонтів;

- впровадження систем моніторингу для контролю стану конструкцій, температури, вологості та інших параметрів тощо.

Технологічні складові сталості будівель на етапі їх експлуатації забезпечується інноваційними рішеннями, які полегшують ефективну експлуатацію:

- застосування розумних систем освітлення;

- застосування приладів обліку споживання ресурсів;

- використання технологій рекуперації повітря тощо.

Економічні складові сталості будівель на етапі їх експлуатації орієнтовані на:

- зниження комунальних витрат;

- мінімізацію витрат на ремонт завдяки регулярному технічному обслуговуванню;

- зростання ринкової вартості об'єкту завдяки отриманню сертифікату LEED / BREEAM, наявність якого збільшує привабливість будівлі на ринку житлової нерухомості.

Екологічні складові сталості будівель на етапі їх експлуатації пов'язані з:

- впровадженням системи сортування і перероблення сміття;

- ощадливим споживанням ресурсів;

- використанням системи збирання та використання дощової води;

- застосуваннях відновлюваних джерел енергії тощо.

Соціальні складові сталості будівель на етапі їх експлуатації пов'язані з забезпеченням комфорту і добробуту мешканців будівлі.

Сталий підхід до експлуатації будівель не лише зберігає ресурси та скорочує витрати, а й створює комфортні умови для життя, сприяючи гармонії між людиною, технологіями та природою.

Висновки

Житлове будівництво, засноване на принципах сталого розвитку, дозволяє створювати якісні простори для життя, мінімізувати негативний вплив на навколишнє природне середовище та сприяє економічному зростанню.

При створенні сталих малоповерхових житлових будівель необхідно приймати науково обґрунтовані рішення, які

забезпечуватимуть ефективне використання ресурсів, скорочення тривалості виробництва робіт і зниження вартості будівельної продукції.

Для цього передусім необхідно здійснити відбір визначальних організаційно-технологічних, технічних, економічних, екологічних і соціальних факторів, які характеризують особливості створення сталих малоповерхових житлових будівель та впливають на техніко-економічні показники таких проєктів із застосуванням методів експертного оцінювання з подальшою формалізацією цих факторів.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. 17 Цілей сталого розвитку. URL: <https://globalcompact.org.ua/tsili-stijkogo-rozvytku/>
2. Про Цілі сталого розвитку України на період до 2030 року. Указ Президента України від 30 вересня 2019 р. № 722/2019. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/722/2019#Text>
3. Sustainable Development Commission. URL: <https://www.sd-commission.org.uk/pages/what-is-sustainable-development.html#:~:text=%22Sustainable%20development%20is%20development%20that,to%20meet%20their%20own%20needs.%22>
4. Mind Scope. Вплив зеленої архітектури на сталість та екологічність будівель. URL: <https://mindscope.biz.ua/vplyv-zelenoyi-arhitektury-na-stalist-ta-ekologichnist-budivel/>
5. Srinivas H. What is a green or sustainable building? URL: <https://www.gdrc.org/uem/green-const/1-what.html>
6. ДСТУ ISO 15392:2022 (ISO 15392:2019, IDT). Сталість в будівлях та будівельних роботах. Загальні принципи. URL: https://online.budstandart.com.ua/catalog/doc-page.html?id_doc=98250
7. Green Building. Basic Information. URL: <https://archive.epa.gov/greenbuilding/web/html/about.html>
8. Yeang K., Spector A. Green design : from theory to practice. London : Black Dog, 2011. 144 p.
9. Horvath A. Construction Materials and the Environment. *Annual Review of Environment and Resources*. 2004. Vol. 29. Pp. 181–204. DOI: <https://doi.org/10.1146/annurev.energy.29.062403.102215>
10. Поколенко В. О., Рижакова Г. М., Приходько Д. О. Запровадження інструментарію вибору альтернатив реалізації будівельних проєктів за функціонально-технічною надійністю організацій-виконавців. *Управління розвитком складних систем*. 2014. Вип. 19. С. 108–114.
11. Turner C., Frankel M. Energy Performance of LEED® for New Construction Buildings. Final Report. March 4, 2008. <https://s3.amazonaws.com/legacy.usgbc.org/usgbc/docs/Archive/General/Docs3930.pdf>
12. U.S. Department of Energy. Energy Saver. Home Comfort. Home Heating Systems. Furnaces and Boilers. URL: <https://www.energy.gov/energysaver/furnaces-and-boilers>
13. Characterization of Building-Related Construction and Demolition Debris in the United States. URL: https://www.epa.gov/sites/default/files/2016-03/documents/character_bulding_related_cd.pdf
14. Коссе І. Перероблення будівельних відходів : виклики та можливості для України. URL: <https://www.ukrinform.ua/rubric-technology/3826490-pereroblenna-budivelnih-vidhodiv-vikliki-ta-mozlivosti-dla-ukraini.html>
15. Henderson J., Fowler K. Assessing Green Building Performance. A Post Occupancy Evaluation of 14 Air Force Buildings. PNNL-23426 Pacific Northwest National Laboratory, Richland, Washington. https://www.pnnl.gov/main/publications/external/technical_reports/PNNL-23426.pdf
16. Costs and Financial Benefits of Undertaking Green Building Assessments. Final Report. URL: <https://core.ac.uk/download/pdf/61012785.pdf>
17. The social benefits of lowering carbon. URL: <https://www.usgbc.org/articles/social-benefits-lowering-carbon>

REFERENCES

1. 17 Tsilei staloho rozvytku [17 Sustainable Development Goals]. URL: <https://globalcompact.org.ua/tsili-stijkogo-rozvytku/> (in Ukrainian).

2. *Pro Tsili staloho rozvytku Ukrainy na period do 2030 roku: Ukaz Prezidenta Ukrainy vid 30 veresnia 2019 r. № 722/2019* [On the Sustainable Development Goals of Ukraine for the period up to 2030: Decree of the President of Ukraine of 30 September 2019, № 722/2019]. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/722/2019#Text> (in Ukrainian).
3. Sustainable Development Commission. URL: <https://www.sd-commission.org.uk/pages/what-is-sustainable-development.html#:~:text=%22Sustainable%20development%20is%20development%20that,to%20meet%20their%20own%20needs.%22>
4. *Mind Scope. Vplyv zelenoi arkhitektury na stalist ta ekolohichnist budivel* [The impact of green architecture on the sustainability and environmental friendliness of buildings]. URL: <https://mindscope.biz.ua/vplyv-zelenoyi-arhitektury-na-stalist-ta-ekologichnist-budivel/> (in Ukrainian).
5. Srinivas H. What is a green or sustainable building? URL: <https://www.gdrc.org/uem/green-const/1-what-is.html>
6. DSTU ISO 15392:2022 (ISO 15392:2019, IDT). *Stalist v budivliakh ta budivelnnykh robotakh. Zahalni pryncypy* [Sustainability in buildings and construction work. General principles]. URL: https://online.budstandart.com.ua/catalog/doc-page.html?id_doc=98250 (in Ukrainian).
7. Green Building. Basic Information. URL: <https://archive.epa.gov/greenbuilding/web/html/about.html>
8. Yeang K., Spector A. Green design: from theory to practice. London : Black Dog, 2011. 144 p.
9. Horvath A. Construction Materials and the Environment. Annual Review of Environment and Resources. 2004, vol. 29, pp. 181–204. DOI: <https://doi.org/10.1146/annurev.energy.29.062403.102215>
10. Pokolenko V.O., Ryzhakova H.M. and Prykhodko D.O. *Zaprovdzhennia instrumentarii vyboru alternatyv realizatsii budivelnnykh proektiv za funktsionalno-tekhnichnoi nadiinistiu orhanizatsii-vykonavtsiv* [Introduction of a toolkit for selecting alternatives for the implementation of construction projects based on the functional and technical reliability of implementing organizations]. *Upravlinnya rozvytkom skladnykh system* [Management of Development of Complex Systems]. 2014, iss. 19, pp. 108–114. (in Ukrainian).
11. Turner C. and Frankel M. Energy Performance of LEED® for New Construction Buildings. Final Report. March 4, 2008. <https://s3.amazonaws.com/legacy.usgbc.org/usgbc/docs/Archive/General/Docs3930.pdf>
12. U.S. Department of Energy. Energy Saver. Home Comfort. Home Heating Systems. Furnaces and Boilers. URL: <https://www.energy.gov/energysaver/furnaces-and-boilers>
13. Characterization of Building-Related Construction and Demolition Debris in the United States. URL: https://www.epa.gov/sites/default/files/2016-03/documents/characterization_of_building_related_cd.pdf
14. Kosse I. *Pereroblennia budivelnnykh vidkhodiv : vyklyky ta mozhlyvosti dlia Ukrainy* [Recycling of construction waste : challenges and opportunities for Ukraine]. URL: <https://www.ukrinform.ua/rubric-technology/3826490-pereroblenna-budivelnnykh-vidkhodiv-vyklyki-ta-mozhlyvosti-dla-ukraini.html> (in Ukrainian).
15. Henderson J. and Fowler K. Assessing Green Building Performance. A Post Occupancy Evaluation of 14 Air Force Buildings. PNNL-23426 Pacific Northwest National Laboratory, Richland, Washington. https://www.pnnl.gov/main/publications/external/technical_reports/PNNL-23426.pdf
16. Costs and Financial Benefits of Undertaking Green Building Assessments. Final Report. URL: <https://core.ac.uk/download/pdf/61012785.pdf>
17. The social benefits of lowering carbon. URL: <https://www.usgbc.org/articles/social-benefits-lowering-carbon>

Надійшла до редакції: 19.04.2025.

УДК 658.5:005.591.6

DOI: 10.30838/UJCEA.2312.270425.127.1183

АНАЛІЗ ОРГАНІЗАЦІЇ КОНТРОЛЮ ЯКОСТІ БУДІВЕЛЬНИХ РОБІТ У КАРКАСНО-МОНОЛІТНОМУ БУДІВНИЦТВІ

ПАХОМОВ М. В.^{1*}, асп.,

ЗАЯЦЬ Є. І.², докт. техн. наук, проф.

^{1*} Кафедра організації і управління будівництвом, Український державний університет науки і технологій, ННІ «Придніпровська державна академія будівництва та архітектури», вул. Архітектора Олега Петрова, 24-а, 49005, Дніпро, Україна, тел. +38 (056) 756-33-66, e-mail: maximPGS@gmail.com, ORCID ID: 0009-0007-2620-3358

² Кафедра організації і управління будівництвом, Український державний університет науки і технологій, ННІ «Придніпровська державна академія будівництва та архітектури», вул. Архітектора Олега Петрова, 24-а, 49005, Дніпро, Україна, тел. +38 (056) 756-33-66, e-mail: zei83dici@gmail.com, ORCID ID: 0000-0002-7382-919X

Анотація. *Постановка проблеми.* На сьогоднішній день питання підвищення якості будівництва залишається актуальним. Особливо це стосується періоду після завершення бойових дій, коли можливе очікування значного зростання обсягів будівництва у зв'язку з необхідністю відновлення критичної інфраструктури та забезпечення житлом внутрішньо переміщених осіб. У цьому контексті каркасно-монолітне будівництво є одним із найефективніших і найшвидших способів вирішення зазначеної проблеми. Однак разом із збільшенням обсягів будівництва постає питання забезпечення належного рівня якості виконання робіт. Проблема полягає в складності забезпечення належного рівня контролю цих двох залежних параметрів системи. Цю проблему майже неможливо усунути, але її можна та необхідно врахувати. Дослідження спрямоване на виявлення можливих шляхів вдосконалення системи контролю якості, враховуючи потенційне зростання темпів будівельного виробництва. Висока інтенсивність будівельного процесу вимагає вдосконалення системи контролю, що дозволить оперативно реагувати на можливі відхилення від будівельних норм та проектних вимог. У статті проаналізовано підхід до організації оперативного контролю виконання робіт у каркасно-монолітному будівництві із залученням функціоналу технічного нагляду. Основна увага приділяється вдосконаленню поопераційного контролю якості будівельних процесів, що забезпечує можливість оперативного оновлення інформації про статус виконання робіт у реальному часі. Такий підхід спрямований на підвищення прозорості будівельного виробництва, покращення координації між учасниками проекту та забезпечення належного рівня контролю якості робіт, що виконуються. У сучасних дослідженнях цього напрямку накопичено значний обсяг наукових праць, однак ми бачимо, що впровадження оперативного контролю демонструє закономірність яка проявляється в наявності залежності між управлінням інформацією у реальному часі та зниженням ризиків невідповідності графіку виконання робіт. Крім того, оперативне виявлення потенційних недоліків дозволяє мінімізувати потребу в усуненні дефектів на завершальних стадіях, що є важливим аспектом оптимізації технологічного процесу щодо якості будівельних робіт. Водночас, можна відзначити необхідним зосередитись на удосконаленні елементів системи контролю якості, так як використовуючи сучасні засоби моніторингу та аналізу якості будівельних робіт не завжди можливо своєчасно виявити дефекти на початкових стадіях. Така недосконалість підвищує ймовірність виникнення відхилень від початково затвердженого графіка, що може спричинити затримки, додаткові витрати на усунення дефектів, а також збільшення матеріальних витрат і залучення додаткових людських ресурсів. Хоча існують численні підходи до управління тривалістю та якістю будівельних робіт, але на практиці їх використання часто не дозволяє забезпечити ефективний контроль над процесами. **Мета статті** – аналіз підходів до організації оперативного контролю, пов'язаного із технічним наглядом у каркасно-монолітному будівництві. Основна увага зосереджена на удосконаленні впровадження поопераційного контролю якості будівельних процесів, а також визначенні його впливу на ефективність будівельного виробництва. Розгляд цього напрямку має на меті виявити закономірності, які полягають у залежності між оперативним оновленням інформації у реальному часі, своєчасним реагуванням та зниженням ризиків відхилень від графіка виконання робіт. **Висновки.** У ході подальших досліджень планується проаналізувати вплив оперативного контролю на якість каркасно-монолітного будівництва. Очікується, що вдосконалення системи контролю сприятиме своєчасному виявленню дефектів, зниженню ризиків відхилень від графіку та оптимізації будівельного процесу. Основна увага буде зосереджена на впровадженні сучасних засобів моніторингу та удосконаленні механізмів застосування автоматизації контролю якості. Отримані результати дозволять підвищити ефективність управління будівельними роботами та покращити координацію між учасниками проекту.

Ключові слова: оперативний контроль; каркасно-монолітне будівництво; технічний нагляд; управління будівельними проектами; якість будівництва; моніторинг виконання робіт; управлінські рішення

ANALYSIS OF QUALITY CONTROL ORGANIZATION IN FRAME-MONOLITHIC CONSTRUCTION

PAKHOMOV M.V.^{1*}, *PhD Stud.*,
ZAIATS Ye.I.², *Dr. Sc. (Tech.), Prof.*

^{1*} Department of Organization and Management of Public Works, Ukrainian State University of Science and Technologies, ESI "Prydniprovsk State Academy of Civil Engineering and Architecture", 24-a, Architect Oleh Petrov St., Dnipro, 49005, Ukraine, tel. +38 (056) 756-33-66, e-mail: maximPGS@gmail.com, ORCID ID: 0009-0007-2620-3358

² Department of Organization and Management of Public Works, Ukrainian State University of Science and Technologies, ESI "Prydniprovsk State Academy of Civil Engineering and Architecture", 24-a, Architect Oleh Petrov St., Dnipro, 49005, Ukraine, tel. +38 (056) 756-33-66, e-mail: zei83dici@gmail.com, ORCID ID: 0000-0002-7382-919X

Abstract. Problem statement. Today, the issue of improving construction quality remains highly relevant. This is especially true in the post-conflict period when a significant increase in construction volumes is expected due to the urgent need to restore critical infrastructure and provide housing for internally displaced persons. In this context, frame-monolithic construction is one of the most efficient and fastest methods to address these challenges. However, alongside the increase in construction volumes, the challenge of ensuring an adequate level of work quality arises. The core problem lies in the complexity of ensuring proper control over these two interdependent parameters of the system. This problem is almost impossible to eliminate entirely, but it can and must be taken into account. The study focuses on identifying possible ways to improve the quality control system considering the potential acceleration of construction processes. The high intensity of the construction process requires enhancing the control system enabling quick responses to potential deviations from building codes and design requirements. The article analyzes the approach to organizing operational quality control in frame-monolithic construction with the involvement of technical supervision functions. The main focus is on improving operational (step-by-step) quality control of construction processes ensuring real-time updates on work progress. This approach aims to enhance transparency in construction processes improve coordination among project participants and ensure an appropriate level of quality control for the work being performed. Modern research in this area has accumulated a significant body of scientific work however it is evident that the implementation of operational control reveals a clear trend: a direct dependence between real-time information management and reduced risks of schedule deviations. Moreover, the early identification of potential defects minimizes the need for defect correction at the final stages of construction which is a critical aspect of optimizing construction processes in terms of quality. At the same time attention should be focused on improving elements of the quality control system as even with the use of modern monitoring and quality analysis tools it is not always possible to detect defects at the initial stages. Such shortcomings increase the likelihood of deviations from the initially approved schedule leading to delays additional defect correction costs increased material consumption and the need to involve additional human resources. Although numerous approaches to managing construction duration and quality exist their practical application often fails to ensure effective process control. **Purpose of the article.** The purpose of this article is to analyze approaches to the organization of operational quality control associated with technical supervision in frame-monolithic construction. The main focus is on improving the implementation of step-by-step quality control of construction processes and determining its impact on construction process efficiency. Exploring this aspect aims to identify key patterns particularly the relationship between real-time information updates timely responses and reduced risks of schedule deviations. **Conclusions.** Further research will focus on analyzing the impact of operational control on the quality of frame-monolithic construction. It is expected that improvements in the control system will contribute to the timely identification of defects reduced risks of schedule deviations and overall process optimization. The primary focus will be on implementing modern monitoring tools and improving mechanisms for automated quality control. The results obtained will enhance the efficiency of construction management and improve coordination among project participants.

Keywords: *operational control; frame-monolithic construction; technical supervision; construction project management; construction quality; work progress monitoring; management decisions*

Постановка проблеми. В період після завершення бойових дій, коли необхідне швидке відновлення інфраструктури та забезпечення житлом внутрішньо переміщених осіб каркасно-монолітне будівництво є одним із найбільш ефективних методів розв'язання цієї задачі,

проте зростання обсягів робіт потребує вдосконалення системи контролю якості. Висока інтенсивність будівельного процесу вимагає оперативного реагування на можливі відхилення від норм і проєктних вимог.

Попри сучасні засоби контролю, не всі дефекти можна виявити на ранніх етапах, що підвищує ймовірність затримок, додаткових витрат та залучення додаткових ресурсів. Наявні підходи до управління якістю та термінами робіт на практиці не завжди гарантують ефективний контроль, тому їх удосконалення залишається ключовим завданням для підвищення ефективності будівельного виробництва.

Мета статті – аналіз підходів до організації оперативного контролю, пов'язаного із технічним наглядом у каркасно-монолітному будівництві. Основна увага зосереджена на удосконаленні впровадження поопераційного контролю якості будівельних процесів, а також визначенні його впливу на ефективність будівельного виробництва. Розгляд цього напрямку має на меті виявити закономірності, які полягають у залежності між оперативним оновленням інформації у реальному часі, своєчасним реагуванням та зниженням ризиків відхилень від графіка виконання робіт.

Аналіз публікацій. У сучасних умовах каркасно-монолітного будівництва організація контролю якості будівельних робіт виступає одним з ключових факторів успішної реалізації проєкту. Проте, незважаючи на значний обсяг наукових досліджень, присвячених управлінню якістю в будівництві, питання оперативного контролю та його впливу на ефективність будівельного виробництва залишаються недостатньо вивченими. Зокрема, існуючі підходи часто не враховують необхідність об'єднання функції технічного нагляду з поопераційним контролем у режимі реального часу, що призводить до несвоєчасного виявлення дефектів та відхилень від графіків робіт. На практиці виявлення дефектів відбувається вже за фактом виконаних робіт та наданні виконавцю робіт припису з зауваженнями про цих робіт. Далі розробляються заходи по усуненню цих дефектів.

У сучасному будівництві автоматизований моніторинг виконання робіт стає важливим інструментом

зниження впливу людського фактору та підвищення точності контролю якості. Дослідження Yang X., Zhao Y. & Li J. присвячене застосуванню алгоритмів комп'ютерного зору для автоматизованого контролю будівельного процесу, зокрема YOLOv8, що дозволяє розпізнавати та відстежувати будівельні елементи за зображеннями та відео.

Традиційні методи контролю, такі як лазерне сканування та BIM-технології, є складними та дорогими, тоді як алгоритми комп'ютерного зору забезпечують ефективність при менших витратах. Автоматизація процесу усуває суб'єктивність і зменшує ризик помилок, що критично для складних будівельних проєктів. Створення спеціалізованих датасетів для навчання алгоритмів підвищує точність контролю, дозволяючи оперативно виявляти дефекти, мінімізувати вплив людського фактору та поєднувати систему з цифровими платформами управління будівництвом.

Попри переваги, існують обмеження: проблеми з якістю зображень, слабе освітлення, динамічні зміни умов будівельного майданчика та необхідність регулярного оновлення датасетів. Також алгоритми можуть мати труднощі з розпізнаванням дрібних або частково прихованих елементів. Додаткові дослідження необхідні для покращення адаптації технології до специфічних умов будівництва [1].

Одним з викликів є відсутність єдиної комплексної системи цифрового моніторингу, що гальмує впровадження автоматизованих рішень. Також залишається проблема координації автоматичного моніторингу з традиційними методами технічного нагляду, що потребує гібридного підходу до контролю якості. Удосконалення механізмів збору та аналізу даних, а також їх включення в систему управління будівельними процесами є критичними для підвищення ефективності реалізації проєктів.

У сучасному будівництві якісне управління інформаційними потоками є

ключовим фактором ефективного контролю якості. Дослідження Zeng G., Liu W. & Chen X. акцентує увагу на необхідності розробки ефективних каналів інформаційного обміну для менеджменту багатопроектних систем. Попри широке впровадження стандартів ISO 9001, багато компаній стикаються з проблемами управління інформацією. Основні бар'єри – дисбаланс даних між підрядниками, субпідрядниками та постачальниками, а також недостатня взаємодія між внутрішніми відділами компаній і зовнішніми партнерами.

Серйозною проблемою є обмежений зворотний зв'язок: інформація легко передається керівництву, але її повернення від виконавців до центральних підрозділів є ускладненим, що затримує реагування на дефекти. Автори пропонують переглянути підходи до інформаційного обміну через єдині цифрові системи, які мінімізують затримки в ухваленні управлінських рішень.

Ефективний інформаційний менеджмент передбачає створення культури відкритого обміну даними та автоматизованих систем збору й аналізу інформації. Впровадження цифрових платформ покращує контроль якості, а використання веб-орієнтованих систем дозволяє залучати всі зацікавлені сторони до процесу моніторингу. Водночас існують проблеми: відсутність стандартизованих методів обміну даними між учасниками проєкту, складність горизонтальної взаємодії у багаторівневих компаніях та недостатня автоматизація, що обмежує ефективність новітніх інформаційних систем [2].

Попри увагу до інформаційного менеджменту, у дослідженні недостатньо розглянуто питання об'єднання цифрових систем з механізмами оперативного контролю якості у реальному часі. Використання інформаційних технологій без їхнього зв'язку з поопераційним моніторингом може зменшувати ефективність запропонованих рішень. Для підвищення результативності слід модернізувати системи управління інформацією, розширювати стандарти

контролю якості та розробляти цифрові рішення для автоматизації обробки даних. Це дозволить знизити ризики дисбалансу інформації та підвищити загальну ефективність будівельного виробництва.

Організація і управління будівництвом об'єктів передбачає прийняття раціональних проєктних, організаційно-технологічних та управлінських рішень для досягнення визначених в проєкті результатів щодо складу і обсягу робіт, вартості, часу та якості.

Якість будівельної продукції формується на етапі проєктування, реалізується на етапі будівництва і споживається на етапі експлуатації.

Дослідження, висвітлені в [3], присвячені виявленню закономірностей впливу організаційно-технологічних, технічних та управлінських факторів на показники ефективності організаційно-технологічних рішень реконструкції промислових будівель зі зміною їх функціонального призначення, зокрема впливу фактору якості будівлі на тривалість і вартість реконструкції. Проте автором не досліджувались питання контролю якості.

Попри переваги, дослідження зазначає певні обмеження. Ефективність коефіцієнта якості залежить від точності даних, що надають спеціалісти технічного нагляду, адже недостатня кваліфікація персоналу або недобросовісне ведення документації можуть спотворювати результати оцінки. Також необхідна адаптація методології до конкретних умов будівельного процесу, що потребує гнучких механізмів її коригування.

Загалом використання кількісних показників оцінки якості є перспективним напрямом удосконалення контролю будівельного виробництва. Проте для ефективного впровадження цього підходу необхідні стандартизовані процедури збору та аналізу даних, підвищення кваліфікації інженерів технічного нагляду та забезпечення прозорості процесу оцінки якості на всіх етапах будівництва.

Цифровізація процесів технічного нагляду та стандартизація документування є перспективним напрямом удосконалення

контролю якості. Дослідження Hussamadin R., Jansson G. & Mukkavaara J. аналізує запровадження цифрової системи контролю якості (DQCS) для підвищення надійності перевірок та документації на будмайданчиках. Автори зазначають, що традиційний контроль часто зосереджений на виявленні дефектів після їх виникнення, що веде до додаткових витрат. Впровадження цифрових технологій дозволяє перейти до проактивного підходу, запобігаючи дефектам ще на ранніх стадіях.

Однією з проблем традиційного контролю є суб'єктивність оцінки та відсутність стандартизованих процедур збору даних. Це призводить до неповноти записів, невідповідності термінології та складнощів у зберіганні інформації. Автоматизація документації та стандартизація процесів покращує якість даних і їхню практичну цінність для аналізу. Автори пропонують централізовану систему контролю, що відповідає за підготовку даних для інспекцій, автоматизацію перевірок та зменшення навантаження на інженерів технічного нагляду, сприяючи підвищенню відповідальності виконавців.

Важливим аспектом цифрової системи контролю є впровадження єдиних цифрових шаблонів для фіксації результатів перевірок, що мінімізує помилки у документації та покращує аналіз даних. Централізоване зберігання інформації забезпечує доступність даних для всіх учасників будівництва, що підвищує ефективність взаємодії між підрядниками, технічним наглядом і замовниками [4].

Попри переваги, дослідження наголошує на викликах, пов'язаних із навчанням персоналу, включенням цифрових інструментів у чинні системи та необхідністю адаптації до специфіки кожного будівельного проєкту. Недостатньо розглянуто питання каркасно-монолітного будівництва, де складна послідовність технологічних процесів може ускладнювати застосування універсальних цифрових рішень. Також відсутня методика адаптації системи до динамічних умов будмайданчика

та поєднання з оперативним оновленням даних у реальному часі.

Результати дослідження підтверджують, що цифровий контроль якості підвищує точність і надійність будівельного нагляду. Проте для його ефективного застосування в каркасно-монолітному будівництві необхідне вдосконалення методів оперативного аналізу та адаптація цифрових інструментів до змінних умов будівельного майданчика.

Дослідження Fang J., Li Y., Liao Q., Ren Z. & Xie B. присвячене методам контролю та управління будівельним прогресом, що є критично важливим для якості та своєчасності виконання робіт. Автори наголошують, що ефективний контроль графіка сприяє мінімізації відхилень від плану, підвищенню продуктивності та оптимізації витрат. Впровадження динамічного моніторингу дозволяє виявляти відхилення та вчасно запроваджувати коригувальні заходи.

Серед основних методів оцінки прогресу будівництва автори виділяють S-криву, метод Ганта та порівняльний аналіз списків завдань. S-крива дозволяє визначати рівень відхилень від початкового плану, що підвищує точність прогнозування можливих затримок. Використання таких інструментів є важливим для управління складними будівельними проєктами.

Фактори, що впливають на дотримання графіка, включають людський фактор, недостатній рівень кваліфікації персоналу, проблеми з постачанням матеріалів, збої у роботі обладнання та фінансові труднощі. Автори підкреслюють необхідність своєчасного постачання ресурсів, оптимізації організації будівельного майданчика та ефективного управління фінансовими потоками.

Також наголошується на впливі нормативно-правового регулювання на контроль будівництва. Недосконалість законодавчої бази та нечіткі вимоги до дотримання графіка створюють додаткові труднощі. Розвиток чітких стандартів контролю та методів оцінки відхилень є

необхідним для підвищення ефективності управління будівельними процесами [5].

Попри переваги запропонованих підходів, дослідження зазначає обмеження традиційних методів контролю. Вони не завжди враховують динамічні зміни у процесі виконання робіт, а їхня негнучкість може призводити до неефективного розподілу ресурсів. Сучасні методи прогнозування також не завжди передбачають зовнішні ризики, такі як погодні умови чи зміни у вимогах замовника.

Дослідження підтверджує, що ефективний контроль за графіком виконання робіт є необхідним для успішної реалізації будівельних проєктів. Для підвищення його ефективності необхідно вдосконалювати методи оцінки прогресу, активніше використовувати цифрові технології та підвищувати адаптивність управлінських рішень.

Сучасні підходи до забезпечення якості у будівництві змінюються під впливом нових управлінських парадигм. Традиційна модель Quality I орієнтована на запобігання помилкам через жорстке дотримання нормативів, що не завжди ефективно в умовах складних будівельних систем. Дослідження Love P. E. D., Matthews J. & Fang W. запропонувало концепцію Quality II, яка визнає неминучість помилок та спрямована не лише на їх запобігання, а й на адаптацію та навчання на їх основі. Запровадження цього підходу сприяє підвищенню продуктивності та зменшенню переробок через формування культури управління помилками, що включає активне виявлення дефектів, їх аналіз та швидке усунення.

Ключовим аспектом концепції є створення безпечного психологічного середовища, де працівники можуть відкрито повідомляти про проблеми без страху покарання. Це особливо важливо у каркасно-монолітному будівництві, де взаємозалежність процесів вимагає гнучкого підходу до контролю якості.

Попри переваги, впровадження Quality II стикається з викликами. Формування

культури управління помилками потребує змін у внутрішніх процесах, що може викликати опір персоналу, звиклого до традиційних підходів. Крім того, адаптація до помилок потребує ретельного документування та аналізу, що вимагає додаткових ресурсів. Не всі дефекти можна усунути без впливу на строки та витрати, що створює суперечності між якістю, швидкістю виконання та фінансовими обмеженнями.

Розвиток методів оперативного контролю та впровадження концепції Quality II можуть суттєво покращити якість будівельного виробництва. Проте їх ефективне застосування потребує подальших досліджень та адаптації до специфіки організації будівельних процесів [6].

Впровадження концепцій Total Quality Management (TQM) та сертифікації ISO 9001 є важливим напрямом управління якістю у будівництві. Як зазначають Tan H. S. & Abdul-Rahman H. якісне управління будівельними процесами підвищує конкурентоспроможність компаній. Запровадження TQM передбачає не лише стандартні процедури контролю, а й включення якості у всю організаційну культуру.

Проте сучасні системи контролю якості стикаються з викликами. Дослідження у будівельній галузі Малайзії показало, що сертифікація ISO 9001 часто використовується для маркетингових цілей, а не як ефективний інструмент управління якістю. Традиційні методи, такі як регулярні перевірки та контроль матеріалів, домінують, тоді як сучасні аналітичні підходи, зокрема статистичний контроль процесів або аналіз витрат на якість, застосовуються рідко [7].

Проблеми також виникають у взаємодії з субпідрядниками, які не завжди дотримуються встановлених вимог і не мають мотивації для покращення якості робіт. Відсутність гнучких підходів, низька автоматизація та недостатня участь керівництва у реалізації програм контролю є

ключовими факторами, що перешкоджають ефективному управлінню якістю.

Для покращення системи контролю якості у каркасно-монолітному будівництві необхідно не лише впроваджувати сертифікаційні стандарти, а й розробляти адаптивні методи управління, що враховують специфіку взаємодії між учасниками проєкту, можливості оперативного контролю та підвищення відповідальності виконавців за якість робіт.

Дослідження Muria F., Rosas R. & Santiago J. аналізує організаційно-технічні рішення у будівництві монолітних залізобетонних будівель та їх вплив на якість робіт. Автори зазначають, що ефективність будівельного процесу залежить від належної організації та координації всіх етапів проєкту. Для забезпечення якості необхідно враховувати фактори як на стадії проєктування, так і під час виконання робіт. На етапі проєктування важливими є якість геологічних і геодезичних досліджень, відповідність документації технічним нормам та сучасні методи проєктування. На етапі будівельно-монтажних робіт ключовими є контроль якості, професійний рівень персоналу, рівень механізації, організація управління та взаємодія між підрядниками.

Окрему увагу приділено ролі технічного нагляду у забезпеченні якості. Автори наголошують, що постійний контроль, сучасні методи діагностики та оперативне реагування на відхилення є критично важливими. У контексті поопераційного контролю важливо не лише виявлення дефектів, а й прогнозування можливих проблем на основі аналізу ключових факторів [8].

Попри це, дослідження виявило низку проблем, що обмежують ефективність контролю якості. Основними є недостатня автоматизація виробничих процесів, що спричиняє помилки на етапах бетонування, армування та зняття опалубки, а також дефіцит кваліфікованого персоналу у сфері технічного нагляду. Низький рівень контролю виконавчої документації може ускладнювати подальшу експлуатацію

будівель. Крім того, проблеми взаємодії між субпідрядниками та замовником впливають на дотримання графіку робіт і відповідність технологічним вимогам.

Для вирішення цих питань необхідно вдосконалювати системи технічного нагляду, розширювати використання автоматизованих методів контролю та впроваджувати сучасні інформаційні технології, що дозволить своєчасно виявляти проблеми та оперативно ухвалювати рішення.

Незважаючи на ефективність запропонованих рішень, залишаються аспекти, що потребують удосконалення. Відсутність комплексних систем моніторингу якості у режимі реального часу обмежує швидке реагування на відхилення. Також недостатня адаптація цифрових технологій до каркасно-монолітного будівництва ускладнює контроль якості на всіх етапах проєкту. Потребує вдосконалення й механізм координації між технічним наглядом, виконавцями та замовником, що є критично важливим для підвищення ефективності поопераційного контролю.

Методичні рекомендації щодо розробки документів системи якості продукції будівельного комплексу України, видані у 1997 році Державним комітетом України у справах містобудування та архітектури, є важливим нормативним документом, спрямованим на підвищення якості будівельної продукції. Вони визначають основні положення, порядок розробки, склад і зміст документів системи якості відповідно до вимог стандартів ISO 9000.

Рекомендації наголошують на важливості документації як об'єктивного свідчення забезпечення якості будівельних процесів. Вони ґрунтуються на міжнародних стандартах ISO 9000 та 10000, а також на вітчизняних нормативних актах. Документ призначений для використання на підприємствах будівельного комплексу незалежно від форми власності. У ньому містяться посилання на ДСТУ 3230-95, ДСТУ ISO 9000-1-95 та ДСТУ ISO 9001-95,

що визначають стандарти управління якістю.

Одним із ключових аспектів рекомендацій є документування, яке забезпечує прозорість процесів, контроль якості та підготовку персоналу. Запропонована структура документів включає політику якості, настанови з якості, стандарти підприємства та програми якості. У розділі, присвяченому настановам з якості, визначено порядок розробки, вимоги до їх змісту та оформлення. Також містяться рекомендації щодо створення стандартів підприємства, включно зі структурою та позначенням.

Рекомендації щодо розробки програм якості охоплюють етапи підготовки, аналізу, ухвалення та перегляду програм, що сприяє системному підходу до управління якістю [9].

У контексті каркасно-монолітного будівництва, яке включає складні технологічні взаємодії на різних етапах, ці методичні рекомендації відіграють важливу роль в організації контролю якості. Документування всіх процесів, зокрема поопераційного контролю, сприяє не лише виявленню дефектів, а й їх оперативному усуненню. Впровадження ефективної системи якості відповідно до рекомендацій є ключовим фактором дотримання нормативних вимог і мінімізації ризиків порушення технологічних процесів.

У статті Ю. А. Чуприни розглядаються ключові аспекти забезпечення якості будівельної продукції та формування комплексної системи управління якістю (КСУЯ). Автор акцентує увагу на необхідності системного підходу, що є особливо важливим для каркасно-монолітного будівництва, де якісний контроль запобігає дефектам на ранніх етапах виробництва.

Серед основних принципів КСУЯ виокремлюються системний підхід, стандартизація, комплексне вирішення проблем, прямий і зворотний зв'язок, динамічність, оптимальність, поєднання модульних рішень та автоматизація. Управління якістю має охоплювати всі рівні

виробництва та життєвий цикл продукції. Стандартизація забезпечує відповідність технологічних процесів нормативним вимогам, а комплексне вирішення проблем передбачає контроль якості на всіх рівнях будівництва.

Раціональне обмеження контрольованих параметрів дозволяє сфокусувати увагу на критичних факторах впливу на якість. Прямий і зворотний зв'язок у системі управління якістю забезпечує оперативне коригування процесів на основі аналізу даних. Динамічність передбачає постійний розвиток систем контролю відповідно до змін у нормативній базі та науково-технічних досягнень. Оптимальність означає пошук ефективних методів управління з мінімальними витратами. Автоматизація сприяє зменшенню впливу людського фактору та підвищенню об'єктивності оцінки якості робіт.

У статті окремо розглядається виробничий контроль якості, що включає вхідний, операційний і приймальний контроль. Вхідний контроль стосується перевірки якості будівельних матеріалів та конструкцій перед їх використанням. Операційний контроль забезпечує відповідність будівельних робіт проєктним рішенням та технологічним нормам, що допомагає виявляти дефекти на ранніх етапах. Приймальний контроль здійснюється на завершальному етапі, оцінюючи якість закінчених об'єктів, прихованих робіт та спеціальних конструкцій [10].

Важливу роль у контролі якості відіграють будівельні лабораторії та геодезичні служби, що забезпечують відповідність робіт нормативним вимогам. Також наголошується на значенні авторського та державного нагляду, який сприяє дотриманню нормативних вимог у будівельних проєктах. Будівельні організації мають впроваджувати комплексні заходи з контролю якості, включаючи створення лабораторій, геодезичних підрозділів та підвищення кваліфікації персоналу.

У статті М. Бабука та Р. Кубанова аналізується сучасний стан та шляхи

підвищення якості будівельної продукції. Автори наголошують, що якість є ключовим фактором конкурентоспроможності підприємств та ефективного будівельного виробництва. Зростання вимог замовників, технологічний прогрес і нормативне регулювання потребують вдосконалення системи управління якістю. Підкреслено важливість комплексного підходу, що поєднує системний аналіз, стандартизацію, контроль на всіх етапах виробництва та застосування інформаційних технологій.

Одним із важливих аспектів контролю якості є перевірка відповідності матеріалів і будівельних конструкцій нормам. Автори наголошують на необхідності вхідного, операційного та приймального контролю, де важливу роль відіграють будівельні лабораторії, геодезичні служби та спеціалізовані підрозділи. Пропонується запровадити обов'язковий інспекційний контроль на завершальних етапах будівництва, що дозволить уникнути дефектів ще до здачі об'єкта в експлуатацію.

У статті висвітлено проблеми сучасних методів контролю якості. Автори зазначають, що більшість підходів орієнтовані на технічні аспекти, тоді як фінансово-економічні фактори залишаються недостатньо врахованими. Це ускладнює оцінку ефективності впроваджених заходів та не стимулює персонал до покращення якості. Також вказано на необхідність модернізації систем управління виробничими процесами для забезпечення стабільної якості продукції [11].

Результати дослідження мають зв'язок із оперативним контролем у каркасно-монолітному будівництві. Запропоновані принципи комплексного управління якістю узгоджуються з концепцією поопераційного моніторингу, що мінімізує ризики відхилень та дозволяє уникати дефектів на ранніх стадіях будівництва. Водночас у статті недостатньо розглянуто питання автоматизації контролю якості через цифрові платформи та аналітичні системи, що могли б значно підвищити ефективність управління будівельним процесом.

Особливостям обґрунтування вибору раціонального варіанту організаційно-технологічного рішення спорудження підземної частини висотних будівель при застосуванні методу «вверх-вниз» присвячено роботу [12]. Проте поза увагою авторів залишилися питання, пов'язані з дотриманням вимог щодо якості на етапі будівництва об'єктів.

У роботі [13] представлено удосконалений алгоритм прийняття рішень щодо редевелопменту промислових територій, проте питання якості при прийнятті рішень враховано не в повному обсязі.

Роботу [14] присвячено питанню вибору раціонального управління проєктами спорудження висотних будівель. Запропоновано застосовувати підхід, який ґрунтується на пошуку рішень, що найбільше відповідають заданим техніко-економічним показникам, на основі застосування статистичного моделювання проєктів як керованих процесів. Проте запропонований підхід не в повній мірі враховує чинники якості при обґрунтуванні значень техніко-економічних показників.

Висновки

Проведений аналіз публікацій організації контролю якості будівельних робіт в каркасно-монолітному будівництві показав, що організація оперативного контролю потребує подальшого дослідження, яке ґрунтується на використанні синхронізації даних про виконання будівельних робіт на всіх етапах проєкту. Такий підхід може створити передумови для своєчасного виявлення потенційних проблем, зниження ризиків порушення графіків, підвищення ефективності управлінських рішень та забезпечення належного рівня якості будівельних робіт. Крім того, подальше удосконалення механізму контролю якості забезпечує формування прозорих умов для взаємодії між усіма учасниками будівельного процесу, що дозволяє покращити загальну ефективність і досягти відповідності сучасним вимогам до якості,

прозорості та технологічності будівельного виробництва.

Окрему роль у цьому процесі відіграє технічний нагляд, який є одним із ключових елементів забезпечення відповідності будівельних робіт нормативним вимогам і проєктним рішенням. Використання сучасних методів контролю, включаючи цифровізацію перевірок і автоматизовані системи оцінки відповідності, сприяє

підвищенню ефективності цього процесу. Таким чином, виконання функцій технічного нагляду з використанням методів оперативного моніторингу робіт у режимі реального часу дозволить не лише підвищити якість будівництва, але й оптимізувати витрати, зменшивши потребу в коригувальних заходах на завершальних стадіях виконання робіт.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Yang X., Zhao Y. & Li J. Real-Time Construction Quality Monitoring Using YOLOv8. *Journal of Artificial Intelligence in Construction*. 2023. № 8 (1). Pp. 15097. DOI: 10.48550/arXiv.2305.15097.
2. Zeng G., Liu W. & Chen X. Information Management Challenges in Multi-Project Construction Quality Control. *International Journal of Construction Project Management*. 2022. № 15 (4). P. 46739. DOI: 10.1016/j.conpro.2022.46739.
3. Ковальов В. В. Дослідження впливу визначальних факторів на показники ефективності організаційно-технологічних рішень реконструкції промислових будівель. *Шляхи підвищення ефективності будівництва в умовах формування ринкових відносин. Серія : Технічні науки*. 2020. Вип. 43. С. 23–31. URL: <https://doi.org/10.32347/2707-501x.2020.43.23-31>
4. Hussamadin R., Jansson G. & Mukkavaara J. Digital Quality Control System – A Tool for Reliable On-Site Inspection and Documentation. *Buildings*. 2023. № 13. P. 358. DOI: 10.3390/buildings13020358.
5. Fang J., Li Y., Liao Q., Ren Z. & Xie B. Construction Progress Control and Management Measures Analysis. *Smart Construction Research*. 2018. № 2 (1). Pp. 1–15.
6. Love P. E. D., Matthews J. & Fang W. Quality Management in Construction: Shifting from Detection to Prevention. *Construction Management and Economics*. 2023. № 41 (2). Pp. 215–232. DOI: 10.1080/01446193.2023.1432546.
7. Tan H. S. & Abdul-Rahman H. The Role of ISO 9001 in Enhancing Construction Quality : a review. *Journal of Construction Engineering and Management*. 2021. № 147 (3). Pp. 04021008. DOI: 10.1061/(ASCE)CO.1943-7862.0001973.
8. Muria F., Rosas R. & Santiago J. The Influence of Technical Supervision on Monolithic Reinforced Concrete Structures. *E3S Web of Conferences*. 2023. № 410. P. 02019. DOI: 10.1051/e3sconf/202341002019.
9. Державний комітет України у справах містобудування і архітектури. Методичні рекомендації щодо розробки документів системи якості продукції будівельного комплексу України. Київ : Держкоммістобудування України, 1997. 52 с.
10. Чуприна Ю. А. Сучасні методи управління якістю у будівництві. *Управління розвитком складних систем*. 2011. Вип. 7. С. 135–137.
11. Бабик М., Кубанов Р. Удосконалення системи управління якістю продукції будівельного підприємства. *Матеріали науково-практичної конференції*. 2023. С. 61–62.
12. Кравчуновська Т. С., Заяць Є. І., Дадіверіна Л. М., Ткач Т. В. Обґрунтування вибору раціонального варіанту організаційно-технологічного рішення спорудження підземної частини висотних будівель при застосуванні методу «вверх-вниз». *Український журнал будівництва та архітектури*. 2022. № 3. С. 59–67. DOI: 10.30838/J.BPSACEA.2312.050722.59.865.
13. Ковальов В. В., Кравчуновська Т. С., Броневицький А. П., Заяць Є. І., Данилова Т. В., Косолапов А. Ф. Удосконалений алгоритм прийняття рішень щодо редевелопменту промислових територій. *Український журнал будівництва та архітектури*. 2024. № 3. С. 102–116. DOI: 10.30838/J.BPSACEA.2312.040624.102.1063.
14. Kravchunovska T., Zaiats Ye., Kovalov V., Nechepurenko D., Kirnos K. Choosing the rational management of high-rise building construction projects. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*. 2020. Vol. 3, № 3 (105). Pp. 24–33. DOI: 10.15587/1729-4061.2020.205135.

REFERENCES

1. Yang X., Zhao Y. and Li J. Real-Time Construction Quality Monitoring Using YOLOv8. *Journal of Artificial Intelligence in Construction*. 2023, no. 8 (1), p. 15097. DOI: 10.48550/arXiv.2305.15097.
2. Zeng G., Liu W. and Chen X. Information Management Challenges in Multi-Project Construction Quality Control. *International Journal of Construction Project Management*. 2022, no. 15 (4), pp. 46739. DOI: 10.1016/j.conpro.2022.46739.

3. Kovalov V.V. *Doslidzhennya vplyvu vyznachal'nykh faktoriv na pokaznyky efektyvnosti orhanizatsiyno-tekhnologichnykh rishen' rekonstruktsiyi promyslovykh budivel'* [Research on the influence of determining factors on the efficiency indicators of organizational and technological solutions for the reconstruction of industrial buildings]. *Shlyakhy pidvyshchennya efektyvnosti budivnytstva v umovakh formuvannya rynkovykh vidnosyn. Seriya : Tekhnichni nauky* [Ways to improve construction efficiency in the context of market relations formation. Series : Technical Sciences]. 2020, iss. 43, pp. 23–31. URL: <https://doi.org/10.32347/2707-501x.2020.43.23-31> (in Ukrainian).
4. Hussamadin R., Jansson G. and Mukkavaara J. Digital Quality Control System – A Tool for Reliable On-Site Inspection and Documentation. *Buildings*. 2023, no. 13, p. 358. DOI: 10.3390/buildings13020358.
5. Fang J., Li Y., Liao Q., Ren Z. and Xie B. Construction Progress Control and Management Measures Analysis. *Smart Construction Research*. 2018, no. 2 (1), pp. 1–15.
6. Love P.E.D., Matthews J. and Fang W. Quality Management in Construction : Shifting from Detection to Prevention. *Construction Management and Economics*. 2023, no. 41 (2), pp. 215–232. DOI: 10.1080/01446193.2023.1432546.
7. Tan H.S. and Abdul-Rahman H. The Role of ISO 9001 in Enhancing Construction Quality : a review. *Journal of Construction Engineering and Management*. 2021, no. 147 (3), pp. 04021008. DOI: 10.1061/(ASCE)CO.1943-7862.0001973.
8. Muria F., Rosas R. and Santiago J. The Influence of Technical Supervision on Monolithic Reinforced Concrete Structures. *E3S Web of Conferences*. 2023, no. 410, pp. 02019. DOI: 10.1051/e3sconf/202341002019.
9. *Derzhavnyy komitet Ukrayiny u spravakh mistobuduvannya i arkhitektury. Metodychni rekomendatsiyi shchodo rozrobky dokumentiv systemy yakosti produktsiyi budivel'noho kompleksu Ukrayiny* [State Committee of Ukraine for Urban Development and Architecture. Methodological recommendations for the development of quality system documents for the construction industry of Ukraine]. Kyiv : Derzhkommistobuduvannya of Ukraine, 1997, 52 p. (in Ukrainian).
10. Chupryna Yu.A. *Suchasni metody upravlinnya yakistyu u budivnytstvi* [Modern quality management methods in construction]. *Upravlinnya rozvytkom skladnykh system* [Management of Development of Complex Systems]. 2011, iss. 7, pp. 135–137. (in Ukrainian).
11. Babyk M. and Kubanov R. *Udoskonalennya systemy upravlinnya yakistyu produktsiyi budivel'noho pidpryyemstva* [Improvement of the quality management system of a construction company]. *Materialy naukovo-praktychnoyi konferentsiyi* [Proceedings of the Scientific and Practical Conference]. 2023, pp. 61–62. (in Ukrainian).
12. Kravchunovska T.S., Zayats Ye.I., Dadiverina L.M. and Tkach T.V. *Obgruntuvannya vyboru ratsional'noho variantu orhanizatsiyno-tekhnologichnoho rishennya sporudzhennya pidzemnoyi chastyny vysotnykh budivel' pry zastosuvanni metodu "vverkh-vnyz"* [Substantiation of the choice of the rational organizational and technological solution for the construction of the underground part of high-rise buildings using the top-down method]. *Ukrayins'kyi zhurnal budivnytstva ta arkhitektury* [Ukrainian Journal of Civil Engineering and Architecture]. 2022, no. 3, pp. 59–67. DOI: 10.30838/J.BPSACEA.2312.050722.59.865. (in Ukrainian).
13. Kovalyov V.V., Kravchunovska T.S., Bronevyskyi A.P., Zayats Ye.I., Danilova T.V. and Kosolapov A.F. *Udoskonalennyi alhorytm pryynyattya rishen' shchodo redevelopmentu promyslovykh terytoriy* [Improved decision-making algorithm for the redevelopment of industrial areas]. *Ukrayins'kyi zhurnal budivnytstva ta arkhitektury* [Ukrainian Journal of Civil Engineering and Architecture]. 2024, no. 3, pp. 102–116. DOI: 10.30838/J.BPSACEA.2312.040624.102.1063. (in Ukrainian).
14. Kravchunovska T., Zaiats Ye., Kovalov V., Nechepurenko D. and Kirnos K. Choosing the rational management of high-rise building construction projects. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*. 2020, vol. 3, no. 3 (105), pp. 24–33. DOI: 10.15587/1729-4061.2020.205135.

Надійшла до редакції: 29.04.2025.

УДК 623.1:351.746.1:004

DOI: 10.30838/UJCEA.2312.270425.138.1184

ІНЖЕНЕРНО-ТЕХНІЧНЕ ОСНАЩЕННЯ КОРДОНУ І ЛІНІЙ РОЗМЕЖУВАННЯ УКРАЇНИ З РОСІЄЮ

САВИЦЬКИЙ М. В.^{1*}, докт. техн. наук, проф.,

РАДКЕВИЧ А. В.², докт. техн. наук, проф.,

БЕВЗ М. В.³, докт. арх., проф.,

БОРДУН М. В.^{4*}, докт. філос., доц.

САВИЦЬКИЙ О. М.⁵, канд. техн. наук,

ІВАНЧЕНКО В. І.⁶, інж., офіцер

^{1*} Кафедра залізобетонних і кам'яних конструкцій, ННІ «Придніпровська державна академія будівництва та архітектури», Український державний університет науки і технологій, вул. Архітектора Олега Петрова, 24-а, 49005, Дніпро, Україна, e-mail: ms@pdaba.edu.ua, ORCID ID: 0000-0003-3325-4675

² Кафедра будівельного виробництва та геодезії, ННІ «Дніпровський інститут інфраструктури і транспорту», Український державний університет науки і технологій, вул. Лазаряна, 2, 49010, Дніпро, Україна, e-mail: a.v.radkevich@ust.edu.ua, ORCID ID: 0000-0001-6325-8517

³ Кафедра реставрації пам'яток, Люблінська політехніка, вул. Надбистшицька 40, 20-618, Люблін, Польща; Кафедра архітектури та реставрації, Національний університет «Львівська політехніка», вул. С. Бандери, 12, 79000, Львів, Україна, e-mail: bevmist@polynet.lviv.ua, ORCID ID: 0000-0003-1513-7045

^{4*} Кафедра залізобетонних і кам'яних конструкцій, ННІ «Придніпровська державна академія будівництва та архітектури», Український державний університет науки і технологій, вул. Архітектора Олега Петрова, 24-а, 49005, Дніпро, Україна, e-mail: bordun.maryna@pdaba.edu.ua, ORCID ID: 0000-0002-8539-2423

⁵ Кафедра будівельного виробництва та геодезії, ННІ «Дніпровський інститут інфраструктури і транспорту», Український державний університет науки і технологій, вул. Лазаряна, 2, 49010, Дніпро, Україна, e-mail: san.stroitel@gmail.com, ORCID ID: 0009-0008-7032-295X

⁶ Відділ досліджень проблем у сфері технічного прикриття ЄТСУ та КІ, Центр досліджень, Державна спеціальна служба транспорту, Дніпро, Україна, e-mail: konoplpeople@gmail.com, ORCID ID: 0009-0008-2913-4965

Анотація. Постановка проблеми. Держкордон з Росією має протяжність 2 295 км при загальній протяжності українського кордону майже 6 993 км, включаючи 1 355 км морської ділянки. Розвиток системи охорони та захисту державного кордону, як складової частини національної системи безпеки, зумовлений різноплановими загрозами, що виникають у прикордонному просторі. Основні виклики спричинені війною росії проти України, яка призвела до тимчасової окупації частини територій, активних бойових дій, терористичних атак, а також зростання рівня контрабанди зброї, боєприпасів та інших засобів ведення війни. Сьогодні забезпечення належного рівня безпеки та захисту кордонів вимагає вдосконалення інженерно-технічної інфраструктури вздовж державного кордону України та ліній розмежування, що утворилися внаслідок окупації частин країни. **Мета статті** – аналіз історичного досвіду облаштування захисту кордонів української держави, сучасного вітчизняного і міжнародного досвіду інженерно-технічного облаштування кордонів, розробка концепції майбутнього повоєнного облаштування українського кордону та лінії розмежування. **Висновок.** Війна росії проти України, яка розпочалася в 2014 році з окупації Криму, Донецької і Луганської областей обумовила необхідність інженерно-технічного облаштування кордонів України з нових позицій. Зважаючи на те, що в Україна межує з агресивним сусідом – Росією, а також її сателітом – Білоруссю, військова загроза вторгнення залишиться і в повоєнний час. Україна в результаті досвіду повномасштабної війни потребує комплексного, багаторівневого захисту кордонів і ліній розмежування, який поєднує: фізичні бар'єри (загородження, мінні поля); цифрові технології (радары, тепловізійні камери, розумні сенсори, дрони, кіберзахист); активну оборону (протиракетні системи, «стіна дронів»). Український кордон має бути: гібридним, поєднуючи фізичні бар'єри і цифрові технології, що попереджають загрози; глибоким – з трьома лініями оборони (передова, резерв, тил); мобільним за рахунок застосування дронів і ракет. Саме за такою концепцією має розвиватись інженерно-технічне облаштування кордонів і ліній розмежування України з Росією.

Ключові слова: держкордон; лінії розмежування; девелопмент; інженерно-технічне облаштування; фізичні бар'єри; цифрові технології; глибина оборони

ENGINEERING AND TECHNICAL EQUIPMENT OF THE BORDER AND DEMARCATION LINES BETWEEN UKRAINE AND RUSSIA

SAVYTSKYI M.V.^{1*}, Dr. Sc. (Tech.), Prof.,
RADKEVYCH A.V.², Dr. Sc. (Tech.), Prof.,
BEVZ M.V.³, Dr. Arch., Prof.,
BORDUN M.V.^{4*}, PhD, Assoc. Prof.,
SAVYTSKYI O.M.⁵, Cand. Sc. (Tech.),
IVANCHENKO V.I.⁶, Eng., Officer

^{1*} Department of Reinforced-Concrete and Masonry Structures, ESI "Prydniprovsk State Academy of Civil Engineering and Architecture", Ukrainian State University of Science and Technologies, 24-a Architect Oleh Petrov St., Dnipro, 49005, Ukraine, e-mail: ms@pdaba.edu.ua, ORCID ID: 0000-0003-3325-4675

² Department of Construction Production and Geodesy, ESI "Dnipro Institute of Infrastructure and Transport", Ukrainian State University of Science and Technologies, 2, Lazariana St., Dnipro, 49010, Ukraine, e-mail: a.v.radkevich@ust.edu.ua, ORCID ID: 0000-0001-6325-8517

³ Department of Conservation of Monuments, Lublin University of Technology, 40, Nadbystrzycka St., Lublin, 20-618, Poland; Department of Architecture and Conservation, Lviv Polytechnic National University, 12, Bandery St., Lviv, 79000, Ukraine, e-mail: bevzmist@polynet.lviv.ua, ORCID ID: 0000-0003-1513-7045

^{4*} Department of Reinforced-Concrete and Masonry Structures, ESI "Prydniprovsk State Academy of Civil Engineering and Architecture", Ukrainian State University of Science and Technologies, 24-a, Architect Oleh Petrov St., Dnipro, 49005, Ukraine, e-mail: bordun.maryna@pdaba.edu.ua, ORCID ID: 0000-0002-8539-2423

⁵ Department of Construction Production and Geodesy, ESI "Dnipro Institute of Infrastructure and Transport", Ukrainian State University of Science and Technologies, 2, Lazariana St., Dnipro, 49010, Ukraine, e-mail: san.stroitel@p@gmail.com, ORCID ID: 0009-0008-7032-295X

⁶ Research Department of Technical Cover Issues in ETCU and CI, Research Center, State Special Transport Service, Dnipro, Ukraine, e-mail: konoplpeople@gmail.com, ORCID ID: 0009-0008-2913-4965

Abstract. Problem Statement. The state border with Russia spans 2,295 km out of Ukraine's total border length of nearly 6,993 km, which includes 1,355 km of maritime boundaries. The development of the State Border Guard and Protection System as a Component of National Security is driven by diverse threats emerging in the border area. The main challenges were caused by Russia's war against Ukraine, which has led to the temporary occupation of parts of Ukraine's territory, active hostilities, terrorist attacks, and an increase in the smuggling of weapons, ammunition, and other means of warfare. Today, ensuring an adequate level of border security and protection requires the enhancement of engineering and technical infrastructure along Ukraine's state border and the demarcation lines resulting from occupying parts of the country. **The purpose of the article** is to analyze the historical experience of organizing the protection of Ukraine's state borders, modern domestic and international practices of border engineering and technical arrangements, and to develop a concept for the future post-war design of Ukraine's border and demarcation line. **Conclusion.** Russia's war against Ukraine, launched in 2014 with the occupation of Crimea, Donetsk, and Luhansk regions, has necessitated a fundamental rethinking of Ukraine's engineering and technical border arrangements. Given that Ukraine borders an aggressive neighbor, Russia, and its satellite state, Belarus, the military threat of invasion will remain into the post-war period. Drawing on lessons from full-scale warfare, Ukraine now requires a comprehensive, multi-layered defense system for its borders and demarcation lines, integrating: physical barriers (fortifications, minefields), digital technologies (radars, thermal cameras, smart sensors, drones, cyber defenses), and active deterrence (missile defense systems, "drone walls"). This concept should be used to develop the engineering and technical arrangement of the border and demarcation line between Ukraine and Russia.

Keywords: state border; demarcation line; development; engineering and technical infrastructure; physical barriers; digital technologies; defense-in-depth

Постановка проблеми. Держкордон з Росією має протяжність 2 295 км при загальній протяжності українського кордону майже 6 993 км, включаючи 1 355 км морської ділянки. Розвиток системи охорони та захисту державного кордону, як складової частини національної системи безпеки, зумовлений різноплановими

загрозами, що виникають у прикордонному просторі. Основні виклики спричинені війною росії проти України, яка призвела до тимчасової окупації частини територій, активних бойових дій, терористичних атак, а також зростання рівня контрабанди зброї, боєприпасів та інших засобів ведення війни. Сьогодні забезпечення належного рівня

безпеки та захисту кордонів вимагає вдосконалення інженерно-технічної інфраструктури вздовж державного кордону України та ліній розмежування, що утворилися внаслідок окупації частин країни (рис. 1).

Питання будівництва, облаштування та утримання інженерно-технічних і фортифікаційних споруд, огорож, прикордонних знаків, прикордонних просік, комунікацій регулюються Законом України [1], а також Розпорядженням Кабміну України [2]. Оскільки ці норми були прийняті в 2019 році до повномасштабної війни, то їх положення дещо застаріли і потребують оновлення.

З метою розробки концепції облаштування кордонів України і ліній розмежування в умовах війни і повоєнного періоду корисно звернутися до минулого і сучасного вітчизняного і закордонного досвіду створення засобів оборони на потенційно небезпечних напрямках.

А досвід, набутий Україною у війні з Росією, зумовлює формування унікального підходу до створення фортифікаційних оборонних ліній, перетворивши країну на своєрідну лабораторію сучасної фортифікації, що вже змінює військову науку всього світу.

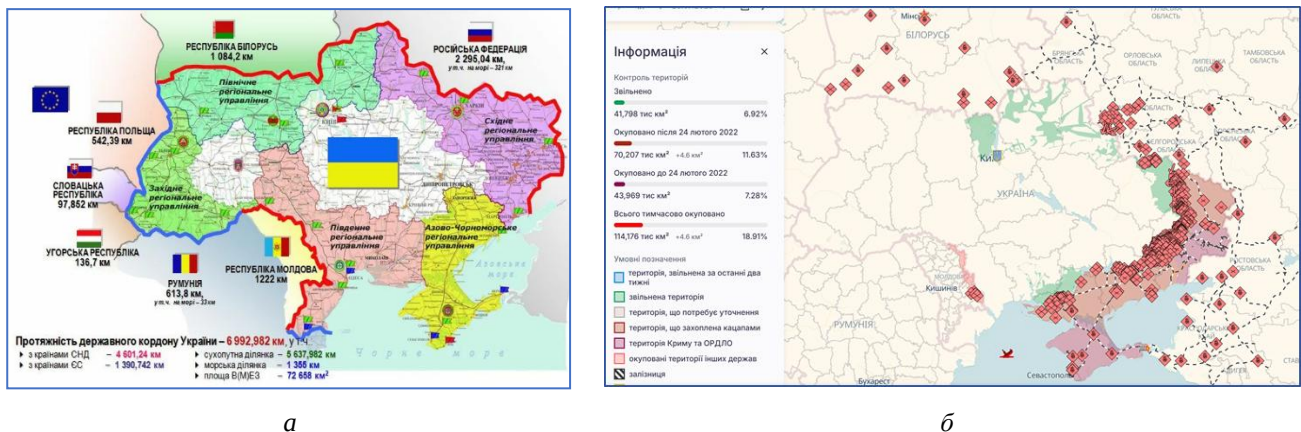


Рис. 1. Кордони і лінії розмежування України: а – до війни; б – станом на 29.07.2025 [49]

Мета статті. Провести аналіз історичного досвіду облаштування захисту кордонів української держави, сучасного вітчизняного і міжнародного досвіду інженерно-технічного облаштування кордонів і на їх основі розробити концепцію майбутнього повоєнного облаштування українського кордону та лінії розмежування.

Результати досліджень.

Історія облаштування захисту кордонів України. Захист кордонів України має давню історію. Формування перших оборонних споруд на території сучасної України розпочалося ще до початку першого тисячоліття нашої ери. У прибережних регіонах Чорного моря грецькі колоністи споруджували укріплені міста, оточені масивними стінами. Згодом ці території були укріплені римськими фортифікаційними об'єктами. Мистецтво

захисту поселень також освоїли давні слов'яни й осілі скіфські племена, які споруджували навколо своїх поселень прості, але необхідні для тогочасної безпеки укріплення. [3].

В кінці IX–X ст. на східноєвропейському просторі сформувалась Київська Русь. Для періоду X–XIII ст. для Русі характерною є постійна боротьба за збереження і захист своєї територіальної цілісності від зовнішніх загроз. Основне суперництво зі степовими народами зосереджувалося на взаєминах з печенігами, торками та половцями, які активно діяли на території східноєвропейських степів. Масштабна посуха, що охопила азійську степову зону і перетворила її на пустелю, змусила кочові племена просуватись у західному напрямку в пошуках нових пасовищ [4].

В середині IX ст. печеніги, які входили до складу племінного об'єднання тюрко-огузів, були витіснені гузами із заволзьких степів, і розпочали експансію в руські землі.

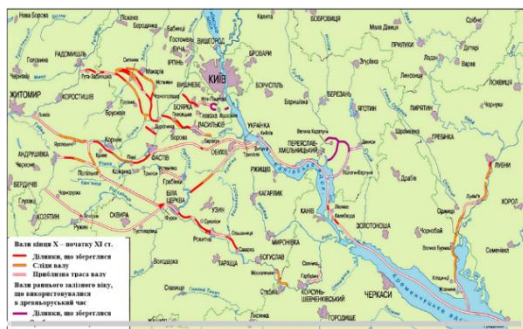
У відповідь на зростаючу загрозу постійних нападів печенізьких орд князь Володимир здійснив низку стратегічних кроків із посилення обороноздатності держави. Насамперед було укріплено Київ – столицю Давньої Русі, навколо якого створено оборонне кільце нових міст-фортець.

Крім того, у південному напрямку, звідки надходили основні загрози, формувалася система різноманітних оборонних споруд, відома як Змієві вали – одна з наймасштабніших військово-інженерних конструкцій середньовічної Європи (рис. 2). Згідно з дослідженнями, будівництво валів розпочалося приблизно в середині X ст., основна частина робіт по улаштуванню останніх була виконана в часи правління князя Володимира, хоча на окремих ділянках роботи тривали і надалі.

Змієві вали, які перетинали середньодніпровський регіон, як у поздовжньому, так і в поперечному

напрямах, утворювали три оборонні рубежі на підступах до Києва загальною довжиною близько 500 км. Їх зовнішня лінія в основному збігалася з тодішньою природною межею між лісовою та степовою зонами. Конструктивно вали вирізнялися високою міцністю та довговічністю: утрамбований земляний насип укріплювався ззовні горизонтальними рядами колод, встановленими на хрестоподібних опорах, а зсередини – дерев'яними клітками, що забезпечували додаткову стійкість конструкції. [40].

Крім того, у південному та південно-східному степовому напрямках від Києва функціонували стаціонарні сторожові пости, укомплектовані загонами київських дружинників. Таким чином, необхідність протидії постійній загрозі з боку степових кочовиків стимулювала державну владу до створення системи укріплених рубежів, які розгортались поетапно, з урахуванням природно-географічних особливостей території. Найважливішими серед них були Пороська, Посульська та Подніпровська укріплені лінії.



а



б



в



г

Рис. 2. Змієві вали Середньої Наддніпряниці: а – розташування [50]; б – реконструкція [40]; в) – сучасний вигляд в околицях Переяслава [50]; г – сучасний вигляд - Змієві вали біля села Іванковичі на Київщині [40]

Формування порубіжних оборонних ліній у Давній Русі здійснювалося як планомірний, послідовний і системний процес, започаткований київськими князями Володимиром Великим, Ярославом Мудрим і продовжений їхніми наступниками. Такий підхід відображав стратегічно виважену політику руської державної влади в галузі оборони.

Фортифікаційні споруди зводилися переважно вздовж берегів річок, що дозволяло максимально ефективно використовувати природні бар'єри як елементи оборонної системи. Первинно оборонні лінії проходили вздовж річки Стугна, а з просуванням кордону Русі на південь – по річках Рось, Дніпро, а також Сула на Лівобережжі.

Південні оборонні укріплення Київської Русі вирізнялися «ешелонованою» структурою: вище основних річкових рубежів існувала система другорядних фортець на притоках Дніпра, Росі та інших річок, що формували так званий «другий ешелон» оборони.

Упродовж XV–XVI століть в Україні сформувалася нова соціальна верства — козацтво, яке згодом перетворилося на провідну силу суспільно-політичного розвитку України. Рушійною силою цього процесу став ряд об'єктивних чинників: посилення феодалного тиску на селянство, освоєння нових малозаселених земель і необхідність їх захисту від регулярних нападів з боку турецько-татарських сил.

Українське козацтво формувалося як окремий соціальний стан переважно на прикордонних землях. Масовий відтік населення з центральних регіонів до південних порубіжних степів – зокрема на Брацлавщину, Уманщину, Канівщину та Черкащину – сприяв заселенню і освоєнню цих територій. Південна Україна, яка на той час виконувала функцію буферної зони між Кримським ханством та польсько-литовськими володіннями, стала осередком формування козацтва [5].

Відсутність централізованого державного захисту на цих землях

змушувала переселенців самостійно організовувати оборону, що, у свою чергу, сприяло мілітаризації місцевого населення і становленню козацьких структур.

Історичні джерела засвідчують, що однією з ключових функцій діяльності запорозького козацтва була охорона прикордонних територій [6]. Саме запорізьке козацтво становило ядро збройних формувань українських військово-політичних утворень XVII–XVIII століть, які протягом усього періоду свого існування перебували на перетині військово-політичних інтересів держав Південно-Східної Європи і виконували функцію охорони південного оборонного рубежу в межах різних державних формацій. Усвідомивши потенціал українського козацтва як важливого військового ресурсу, уряди держав почали активно залучати його до охорони кордонів уже на початку XVI століття.

У 1572 році польський король Сигізмунд II Август видав універсал про формування з-поміж запорожців загону чисельністю 300 осіб, який офіційно залучався до державної військової служби. Цей акт започаткував інституційну форму організації – реєстрове козацьке військо, одним із головних завдань якого була охорона державних кордонів. Саме тому цей крок можна розглядати як початок формування офіційної прикордонної служби на основі козацьких структур.

Українські козаки відіграли значну роль у захисті південних кордонів Литви та Польщі, а згодом – ще активніше – у прикордонній політиці Московського царства. Перші згадки про організовану прикордонну службу в Московії датуються 1512 роком, коли князь Василь III створив систему прикордонних застав і станиць. До складу цієї мережі входили сторожі та кінні дозори, які виконували функції розвідки, спостереження і охорони підступів до державної території.

Формування централізованої системи сторожової служби на південних рубежах Московської держави розпочалося лише в

1520-х роках, після трагічних подій 1521 року, коли кримський хан Мухаммед-Гірей організував масштабний напад на Московщину. Через відсутність належного попередження з боку прикордонної служби, напад виявився несподіваним: значні території зазнали спустошення, тисячі мешканців були захоплені в полон. У відповідь на ці події по всій лінії степового кордону було створено систему оборони, яка включала сторожі, станиці та застави з метою раннього виявлення та попередження нападів.

Оскільки власних кадрових та військових ресурсів не вистачало Московська влада активно залучала українське козацтво до прикордонної служби. Вже наприкінці XVI століття значна частина прикордонних застав Московії була укомплектована переважно українцями. У XVII столітті українське козацтво масово використовується для охорони південних кордонів як досвідчена, добре підготовлена військова сила, що мала значний бойовий досвід у прикордонних умовах.

Починаючи з другої половини XVII століття, відповідальність за безпеку південного прикордоння Московського царства поступово переходить до українських військово-державних утворень: Української козацької держави, Гетьманщини, Запорожжя та Слобожанщини. Після укладення Березневих статей 1654 року гетьман Богдан Хмельницький, вступаючи в союз із Московським царством, фактично прийняв на себе зобов'язання із забезпечення оборони південного кордону Московського царства.

Однак, у період існування Нової Січі характер відносин між запорожцями та Московською державою суттєво змінюється. Території, заселені козаками, розташовувалися перед так званою Українською лінією – важливим оборонним рубежем Російської імперії. Відповідно до нових геополітичних умов запорозьке козацтво створює власну прикордонну службу. З метою контролю та охорони

кордонів Вольностей Війська Запорозького, вздовж рубежів виставляються застави (бекети), що виконували функцію постійної охорони.

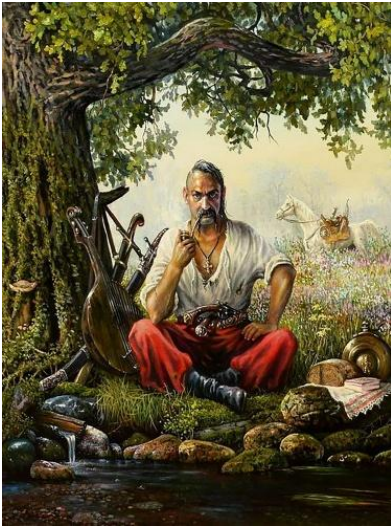
Особливе значення мала оборонна інфраструктура, розташована вздовж лівого берега Дніпра – від гирла річки Орель до гирла річки Кінські Води. Тут, на відстані 10–30 верст одна від одної, залежно від рельєфу місцевості, будувалися фортифіковані пункти – радути (форпости), які забезпечували оборону, зв'язок та швидке реагування на загрози. При кожній радуті утримувалася залога з 50 козаків та стаїня для забезпечення мобільності.

Козацька прикордонна система вирізнялася високою ефективністю, особливо в аспекті раннього виявлення небезпеки. Її ключовими елементами були спостережно-сигнальні споруди – вежі, могили, спеціальні сигнальні точки (так звані фігури або хвигури) (рис. 3) [8]. Останні являли собою конструкції з 19 просмолених бочок, що використовувалися для передачі сигналів тривоги. У випадку ворожого наближення сигнальні вежі спалахували, миттєво передаючи інформацію козацьким гарнізонам та місцевому населенню, що дозволяло організувати оборону та уникнути раптових нападів.

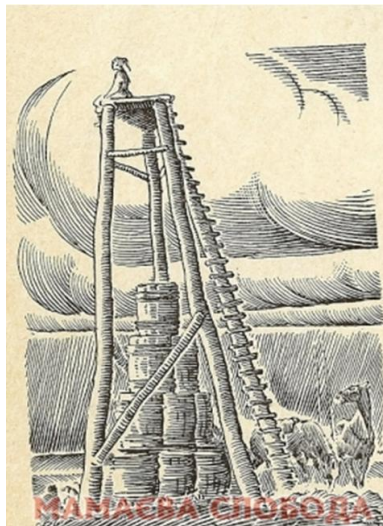
Упродовж XVII століття мешканці Правобережної України, рятуючись від соціально-економічної експлуатації, воєнних дій і наслідків Руїни, масово переселялися на незаселені великоросійські території, аж до Дону. На цих землях виникла значна кількість нових поселень — міст і слобід, які в другій половині століття стали основою для формування п'яти Слобідських козацьких полків: Харківського, Охтирського, Сумського, Острогозького та Ізюмського. Основною метою заснування цих військово-адміністративних одиниць було забезпечення оборони кордонів від можливих нападів з боку кочовиків-степовиків, а також запобігання їх проникненню до московських земель. Захист забезпечували переважно міста-

фортеці, які в XVII–XVIII століттях існували майже у всіх полкових і сотенних центрах, а також у слободах і навіть деяких приватних маєтках. У цих фортецях розміщувалися вартові підрозділи – станичники, дозорні, охоронці воріт, валів, острожок і переправ. Із південних міст полків вирушали кінні роз'їзди для спостереження за пересуванням татарських

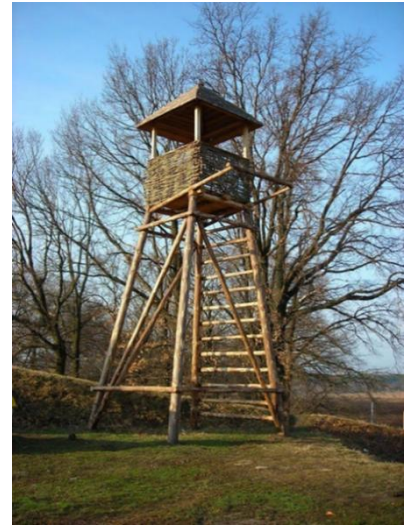
загонів у степах. Для них споруджувалися острожки з оборонними вежами-калавурнями, що слугували як тимчасові укріплення і притулки. Біля них зводили маяки – дерев'яні сигнальні піраміди, які виконували функції спостереження та оперативного попередження населення про загрози за допомогою димових сигналів.



а



б



в

Рис. 3. «Хвігури» і вежі: а – козак – характерник, б – «хвігура», в – вежа [8; 9]

Заселення територій Слобожанщини козаками (крім Сумського полку) здійснювалося на передовій лінії Білгородського оборонного укріплення. Перші його елементи з'явилися ще у 1587 році, а в 1658 році було здійснено перенесення адміністративного центру до Білгорода, де утворився прикордонний військовий округ – Білгородський розряд [7]. У 1678 році було розпочато спорудження Нової оборонної лінії (Ізюмської або Цареборисівської), що тяглася приблизно на 200 верст уздовж Сіверського Дінця та річки Мжа до Коломака. Проте вже з 1680-х років перед цією лінією почали виникати нові поселення, внаслідок чого вона втратила статус передового оборонного рубежу. Відтак у 1731–1735 роках було збудовано нову – Українську лінію. Вона простягалася на близько 300 км і проходила від Дніпра вздовж річки Орелі, її притоки Берестової,

далі через Береку до Сіверського Дінця (рис. 4) [41; 42].

До кінця 1730-х років у межах лінії було зведено 409 редутів і 16 фортець. Окрім основних укріплень, у ряді міст додатково споруджувалися оборонні вали. Вартову службу вздовж ліній здійснювали переважно українські козаки. Захист кордонів, комунікацію між підрозділами забезпечували роз'їзди, а для спостереження за степами висилилися спеціальні дозорні загони.

На початку XVIII століття на базі слобідських козацьких полків Петро I започаткував нову прикордонну структуру – Українську ландміліцію. Поразка Росії у війні з Османською імперією (1710–1713) перекреслила її здобутки у Приазов'ї наприкінці XVII ст. і відсунула південний кордон на північ – у район між річками Оріллю та Самарою [43].

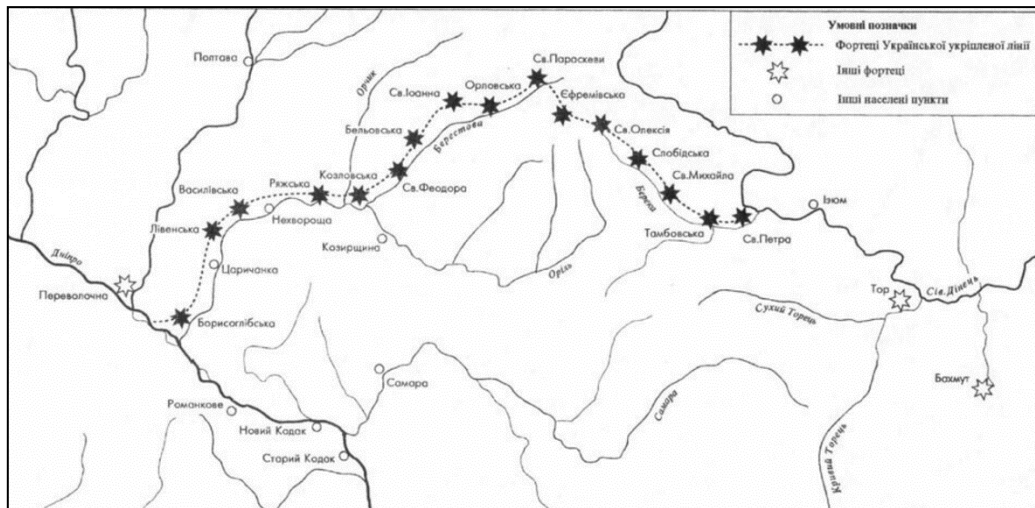


Рис. 3. Українська укріплена лінія [51]

Для захисту нових рубежів від кримських татар і їхніх союзників, у 1713 р. було створено Українську ландміліцію як систему військових поселень, призначених для прикордонної служби. Ландміліція виконувала завдання охорони південного кордону, стримування татарських набігів і швидкого реагування на загрози. В її складі було організовано п'ять полків: Сумський, Ізюмський, Охтирський, Острогозький і Харківський. Ця структура стала важливим елементом оборонної системи Російської імперії на території Слобожанщини [43].

Щовесні підрозділи ландміліції висувалися до кордону та дислокувалися у фортецях і форпостах прикордонних (засічних) ліній.

Значну реформу прикордонної охорони здійснив генерал-фельдмаршал П. О. Румянцев, який із 1764 року обіймав посаду генерал-губернатора Малоросії. Він значно посилив оборону південних кордонів, залишивши мінімальну кількість прикордонних військ безпосередньо на ключових пунктах лінії, водночас сформувавши три мобільні загони, розміщені в глибині, за центральною частиною та флангами Української лінії. Ці загони підтримували оперативний зв'язок із гарнізонами завдяки летючій пошті. У разі прориву супротивника в проміжках між укріпленнями, мобільні сили оперативно

здійснювали охоплення та знищення противника.

Зі зниженням рівня зовнішньої загрози прикордонна структура втратила свою актуальність, і в 1775 році Українська ландміліція була ліквідована. Упродовж усієї своєї історії українське козацтво виконувало функції прикордонної охорони, адаптуючи засоби і форми організації до умов часу. Це сприяло підвищенню мобільності та боєздатності, забезпечуючи ефективний захист державного кордону.

У міжвоєнний період, між двома світовими війнами, у межах західних і південно-західних кордонів СРСР було споруджено систему укріплень, яка будувалась у три етапи: перший (1929–1936 рр.), другий (1938–1939 рр.) і третій (1940–1941 рр.). Укріплені райони перших двох етапів утворили так звану «лінію Сталіна» (рис. 5), а третій етап пов'язаний із формуванням «лінії Молотова» [10].

Після завершення Першої світової та Громадянської воєн стратегічна конфігурація західного кордону СРСР значно погіршилася порівняно з оборонною системою, що існувала на західних рубежах Російської імперії. Територіальні зміни внаслідок утворення нових союзних республік спричинили втрату багатьох фортець та елементів військової інфраструктури, що опинилися за межами СРСР – у складі сусідніх держав.



а



б

Рис. 5. Лінія Сталіна : а – на карті; б – артилерійський капонір [52]

У зв'язку з цим виникла нагальна потреба у спорудженні нових укріплень уздовж кордону, здатних забезпечити реалізацію первинних оборонних завдань у разі збройного конфлікту, а також зміцнити загальний оборонний потенціал збройних сил. У цей період розпочинаються активні теоретичні напрацювання щодо створення укріплених смуг, укріплених районів і довготривалих фортифікаційних споруд (ДФС).

Укріплена смуга – це комплексна система укріплених районів, оборонних позицій, вузлів опору та опорних пунктів, оснащених довготривалими фортифікаційними спорудами і загородами, що формувалася вздовж державного кордону з метою прикриття стратегічно важливих напрямків [11].

Укріплений район (УР) – це ділянка місцевості (рубіж або смуга), спеціально обладнана для довготривалої оборони. Вона включала систему довготривалих і польових вогневих точок, інженерних загороджень та інших фортифікаційних елементів, що використовувались спеціально призначеними військовими підрозділами самостійно або у взаємодії з польовими військами. УР створювались для захисту ділянок державного кордону, стратегічно

важливих напрямків, об'єктів промислових або політичних центрів [12].

Залежно від функціонального призначення, фортифікаційні споруди поділяються на довготривалі – зведені завчасно для захисту ключових пунктів та напрямків, і польові – тимчасові оборонні укріплення, що споруджуються безпосередньо перед або під час бойових дій.

У період 1928–1939 рр. перший етап інженерного облаштування кордонів СРСР передбачав будівництво укріплених районів (УР) насамперед на західних рубежах із Фінляндією, Естонією, Латвією, Польщею, Румунією, а також на Далекому Сході. УР мали вигляд заздалегідь підготовлених оборонних ділянок протяжністю 80–120 км по фронту та глибиною 1–3, 2–4 км. Їх структура включала батальйонні опорні пункти, розташовані на відстані 5–8 км один від одного.

Основу інженерного обладнання становили довготривалі деревоземляні вогневі споруди (ДЗВС), які зводилися на відстані 10–15 км від лінії державного кордону. Крім того, споруджувалися поодинокі залізобетонні кулеметні вогневі точки типу «М» (одноповерхові) та «Б» (двоповерхові), а також поодинокі артилерійські півкапоніри з 76-мм

гарматами [13]. Передній край укріплень обладнувався інженерними загородженнями – дротяними перепонами, ровами, протитанковими надобнями, а за сприятливих умов – штучними заболочуваннями або затопленнями.

У 1928–1937 рр. в Україні за цією схемою були зведені Київський, Коростенський, Летичівський, Могилів-Подільський–Ямпільський, Рибницький, Тираспольський та Новоград-Волинський УР південного комплексу. Однак ці оборонні рубежі ще не відзначались високим рівнем технічної досконалості [14].

Із загостренням військово-політичної ситуації в Європі в середині 1930-х років було ухвалено рішення щодо модернізації наявних УР та створення нових. Із 1938 року почалося посилене будівництво нових укріплень, зокрема в Україні: Остропільського, Шепетівсько-Ізяславського, Старокостянтинівського, Проскурівського, Кам'янець-Подільського УР та Дідовичського вузла оборони. Ці об'єкти утворили новий оборонний рубіж.

Нова система відрізнялася збільшеною кількістю ДЗВС для ведення флангового вогню, що дозволяло створити ефективні опорні пункти з розвинутою обороною. Удосконалення стосувалося також рівня захисту, озброєння та внутрішнього облаштування фортифікаційних споруд.

У результаті територіального розширення СРСР у 1939–1940 рр. раніше побудовані УР опинилися у глибокому тилу,

що призвело до припинення всіх робіт на старому кордоні з осені 1939 року.

Сучасний вітчизняний і міжнародний досвід інженерно-технічного облаштування кордонів.

Війна росії проти України, яка розпочалася в 2014 році з окупації Криму, Донецької і Луганської областей обумовила необхідність інженерно-технічного облаштування кордонів України з нових позицій [15; 16]. Проект інженерно-технічного облаштування українсько-російського кордону «Стіна» був затверджений урядом України в 2015 році (рис. 6). Вже на момент її зведення існувала думка, що за умов серйозного вторгнення «Стіна» не відіграватиме більш-менш серйозної ролі. Ця споруда має захищати від вторгнення, наприклад, диверсійних груп [17]. Розпочата повномасштабна війна Росії проти України підтвердила цю думку.

В умовах повномасштабної війни росії проти України більш ефективною виявилася зведена російська «Лінія Суровікіна». Суровікін на момент її спорудження був командувачем всього окупаційного контингенту в Україні. «Лінія Суровікіна» це частина російських фортифікаційних споруд, які розташовані вздовж кордону з Україною в Курській і Белгородській областях, та вздовж лінії фронту в Харківській, Донецькій, Луганській та Херсонській областях України станом на осінь 2023-го року [18] (рис. 7).



Рис. 6. Облаштування українського кордону за проектом «Стіна» [53]



Рис. 7. Лінія Суровікіна [18]

За оцінкою Американського центру стратегічних і міжнародних досліджень (CSIS), оборонні укріплення, зведені Росією на тимчасово окупованих територіях України, є найбільш масштабними фортифікаційними спорудами в Європі з часів Другої світової війни. Їхнє зведення розпочалося в жовтні 2022 року у відповідь на успішний контрнаступ Збройних Сил України у Харківській та Херсонській областях. Упродовж приблизно пів року на півдні України було сформовано протяжну оборонну смугу довжиною в сотні кілометрів.

На тлі триваючих наступальних дій з боку РФ постає питання ефективної організації системи фортифікацій. Загальна протяжність лінії української оборони станом на травень 2023 року становила близько 3 750 км, охоплюючи як державний кордон із Росією на півночі, так і кордон з Республікою Білорусь. Активна лінія бойових зіткнень станом на липень 2023 року перевищувала 1 200 км. В умовах високої інтенсивності бойових дій потреба у фортифікаційних спорудах зберігається по всій лінії фронту, а також у прикордонних районах [32].

Набутий досвід у війні і наступ росії змусив створювати власні фортифікаційні оборонні лінії [19–22]. Аналіз, як мають виглядати ефективні фортифікації виконаний військовими експертами, які мають бойовий досвід, наведено в [19].

Фахівці з військової інженерії підкреслюють, що проєктування та спорудження оборонних укріплень має враховувати специфіку рельєфу,

ландшафтні особливості, наявність водойм і природних перешкод. Система фортифікацій повинна органічно вписуватись у навколишнє середовище з урахуванням його тактичних переваг. Протяжність оборонної інфраструктури, необхідної для України, охоплює всю активну лінію бойового зіткнення, за винятком південної частини Херсонської області, де природною оборонною перешкодою виступає річка Дніпро.

Фортифікаційні системи являють собою складний інженерний комплекс, до складу якого входить сукупність різнотипних споруд і елементів оборонного призначення. На думку військових експертів, мінімально необхідна структура фортифікацій передбачає щонайменше три оборонні лінії, між якими мають бути організовані комунікаційні маршрути, функціональний розподіл задач і можливість оперативного маневрування військовими підрозділами між лініями.

На сьогодні Україна стала лабораторією сучасної фортифікації, досвід якої змінює військову науку всього світу. Українські фортифікації – це перший приклад у ХХІ столітті, коли оборона: формується в умовах постійного бою; інтегрує інженерію + технології + живу адаптацію; реально завдає значних втрат армії противника, що має чисельну і технічну перевагу.

Для вирішення питання облаштування кордонів України в умовах війни і повоєнного періоду потрібно звернутися до сучасного досвіду країн Європи які створюють оборонні інженерні споруди і засоби оборони на потужно небезпечних

напрямах на основі концепції контрмобільності.

У червні 2024 р. польський уряд прийняв постанову про створення «Національної програми стримування й оборони «Щит Схід» (Tarcza Wschód, Shield East). Вона передбачає, серед іншого, підготовку до оборони прикордонних районів шляхом будівництва системи виявлення, попередження і стеження на основі мережі базових станцій, передових оперативних баз, мережі бункерів, сховищ для ракетних систем і розвитку інфраструктури для систем протидії безпілотникам. Програма спрямована на розвиток комплексної оборонної інфраструктури на східному фланзі НАТО для протидії загрозам з боку Білорусі та

Росії [23–25]. Нею передбачено використання новітніх технологій безпеки та будівництво нової інфраструктури на сході Польщі. Протяжність мережі складе близько 800 км. Програма передбачає обмеження пересування противника і забезпечення мобільності польських військ.

Проект передбачає будівництво мережі укріплень, загороджень, бункерів і розвідувальних систем. У їх числі добре відомі бетонні надовби «зуби дракона». Крім різних типів загороджень, будуть застосовані найсучасніші системи моніторингу повітряного простору по кожному параметру, на будь-якій висоті. Сапери підготують поля для мінування (рис. 8).



Рис. 8. «Щит Схід» на кордоні Польщі з Білорусією та Росією [23; 54]

Щит Схід оснастять розвідувальною системою «Барбара». До неї входять чотири аеростати, супутникова складова, а також новітні безпілотні і протидронові системи.

В рамках проекту будуть організовані передові оперативні бази, що дозволить швидко перекидати сили. Будуть посилені логістичні вузли з метою безперебійного постачання армії, а також створена інфраструктура протидії дронам.

У 2025 році до цієї системи буде підключено угруповання польських космічних супутників. Їх доповнить мережа щогл. Датчики на основі високочутливих спрямованих мікрофонів будуть передавати інформацію в оперативні центри аналізу, які будуть використовувати рішення штучного інтелекту. «Східний щит» буде побудований за 2024–2028 роки.

З метою забезпечення більшої готовності Литви до потенційних загроз на кордоні з РФ і Білоруссю пропонується створити на кордоні лінію оборони імені Вітаутаса Великого [26–33]. Лінія оборони імені Вітаутаса Великого буде складатися з чотирьох частин (рис. 9).

Перша лінія буде являти собою зону, контрольовану прикордонниками, з «зубами дракона», протипіхотними і протитанковими мінами, колючим дротом і протитанковими ровами (рис. 10).

Друга лінія, крім колючого дроту, міститиме вибухові пристрої та військові позиції. Потрапити в другу можна за допомогою проритого під землею тунелю (рис. 11).

Третя лінія оборони складатиметься з мобільних бронетанкових груп, до складу яких увійдуть литовські бойові машини

піхоти Vilkas і гусеничні бронемашини союзників. Свої функції також будуть виконувати броньовані машини радіоелектронної боротьби (рис. 12).

Четверта лінія включатиме системи ППО NASAMS і самохідну артилерію великої дальності (рис. 13).

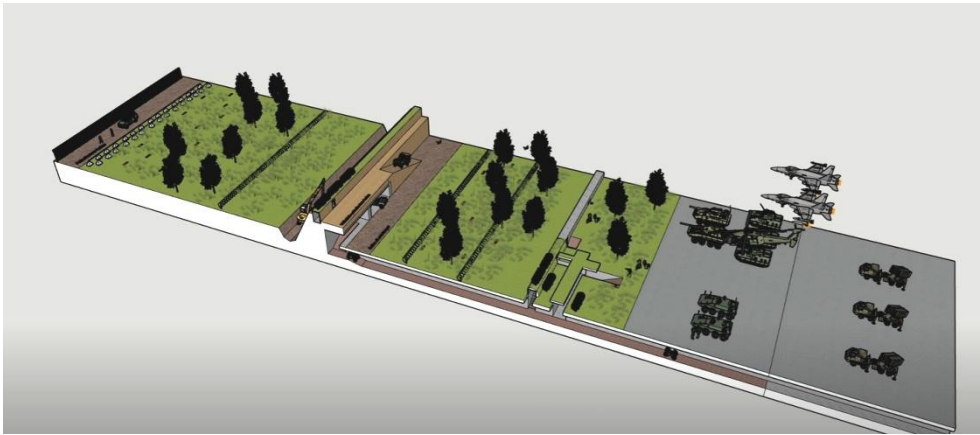


Рис. 9. Лінія оборони імені Вітаутаса Великого [27]

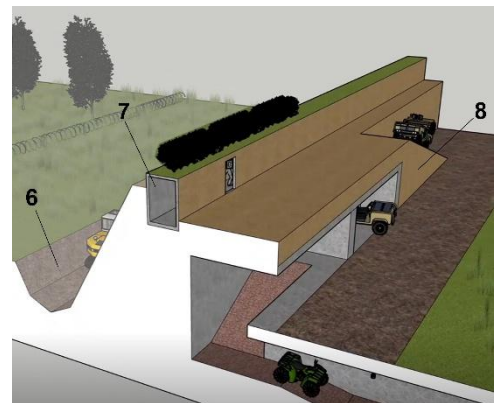
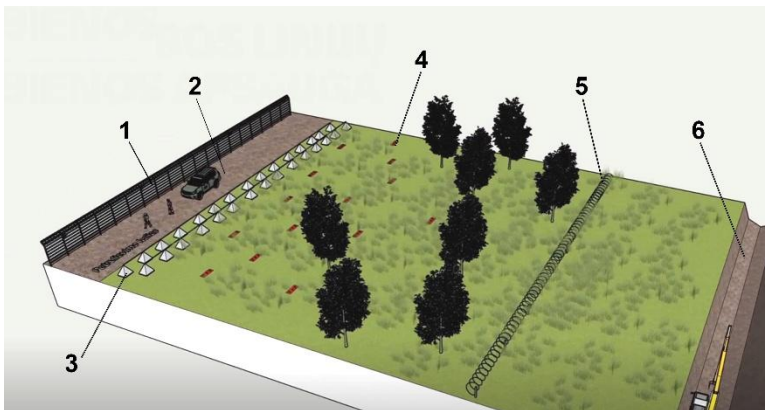


Рис. 10. Перша оборонна лінія [27]: 1 – фізичний бар'єр з камерами, 2 – маршрут прикордонного патруля, 3 – зуби дракона, 4 – протитанкові та протипіхотні міни, 5 – колючий дріт, 6 – протитанкові рови, 7 – криті окопи, 8 – позиції мінних тральщиків

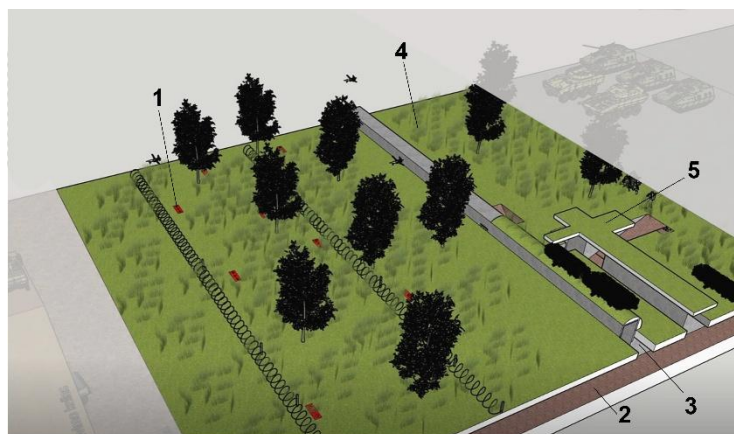


Рис. 11. Друга оборонна лінія [27]: 1 – міни, саморобні вибухові пристрої, розтяжки, 2 – тунель для квадроциклів, 3 – криті окопи, 4 – місце запуску безпілотників ближнього бою, 5 – позиції мінних тральщиків

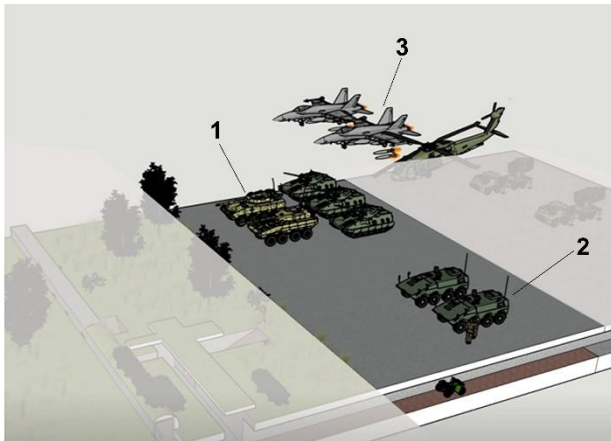


Рис. 12. Третя оборонна лінія [27]: 1 – мобільні ройові групи; 2 – групи радіоелектронної протидії; 3 – військово-повітряні сили країн-партнерів НАТО

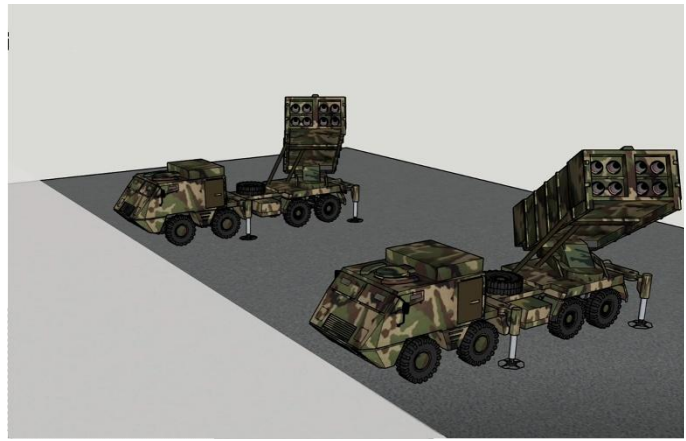


Рис. 13. Четверта оборонна лінія для систем в межах 30–40 км [27]

Електризовані загородження – протипіхотні дротяні загородження (мережі, паркани), посилені періодичним пропуском по дроті змінного електричного струму високої напруги. Торкання до дроту викликає замикання ланцюга і вражає того, хто доторкнувся [34].

Наступними елементами штучних фізичних загороджень можуть бути інженерні загородження: протитанкові їжаки [35], «іспанські коні» (рогатки) [36], «зуби дракона» [37], надовби і т. п. (рис. 14).

Вперше протитанкові їжаки застосували 1938 року на чесько-німецькому кордоні. Незважаючи на появу сучасних засобів захисту у воєнний час, їжаки використовують і сьогодні. Одні з ключових переваг їжака – мобільність, простота виробництва. Крім того, їх можна розставити багато. Для ефективності приблизно на 1 км можна встановити 1 200 штук [35]. Головна їх функція – не лише зупинити, а й пошкодити танк. При спробі відштовхнути перешкоду він повинен перевернутися, потрапити під днище машини, вивівши її з ладу. Їжак може пошкодити броню на дні танка, зламати трансмісію (рис. 14, з).

«Іспанські коні» [36] («Фризські коні», рогатки, «кактуси») елементи протипіхотних загороджень, що складаються зазвичай з трьох хрестовин (дерев'яних або металевих кілків довжиною

до 150 см кожен), скріплених поздовжньої жердиною і обплетених по ребрах і навхрест колючим дротом. Використовуються як самостійні загородження або для закриття проходів в інших протипіхотних загородженнях (рис. 14, д, е).

«Зуби дракона» (Dragon's teeth) [37] – пірамідальні укріплення із залізобетону, висота одного «зуба» – від 90 до 120 см (рис. 14, є, ж, з, и). Конструкція була запатентована німецьким інженером Августом Роммеденом (August Rommeden) в 1930-х роках [38]. Принцип дії пірамідального бетонного захисту наступний. При наїзді на бетонну піраміду важка броньована техніка рухає її з місця. В результаті кути піраміди проникають в ґрунт і переміщення припиняється. Танк починає буксувати і проїхати вперед вже не зможе. Головне завдання протитанкових бетонних пірамід уповільнити бронетехніку, щоб за цей час вжити заходів з протидії противнику, або направити танки в зони ураження, де від них можна було б позбутися за допомогою протитанкової зброї. Ефективність таких захисних споруд безпосередньо залежить від маси виробів. Крім цього їх можна встановити в 2 або 3 ряди і з'єднувати між собою ланцюгом або сталевим тросом.

Протитанкові рви відривають на рівній місцевості і на пологих скатах з нахилом до ± 15 градусів (рис. 12, к, л).



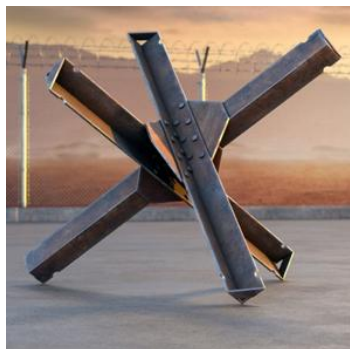
а



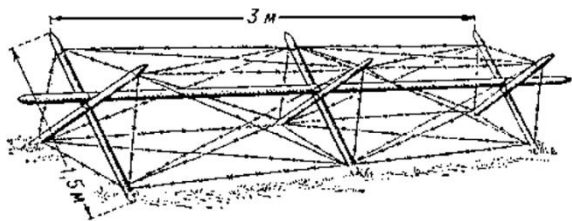
б



в



г



д



е



е



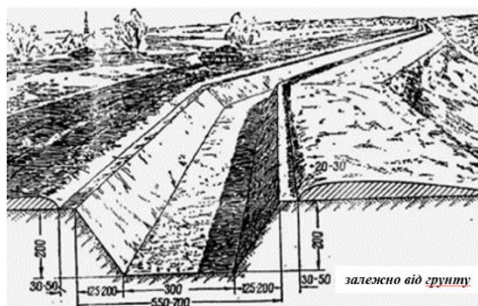
ж



з



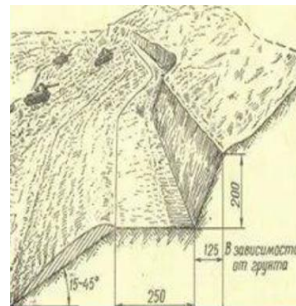
и



к



л



м

Рис. 14. Штучні фізичні загорождення і їх елементи [34–39]: а – 3д паркан зі спіральним захисним бар'єром, б – колючий дріт і стрічка, в – спіральний бар'єр безпеки, г – протитанкові їжаки, д – «іспанські коні», е – «кактуси», «зуби дракона», є – надовби, ж – тетраедр, з, и – тетрапод, к, л – протитанкові рви, м – ескарп

Глибину їх роблять не менше 2 м, ширину по дну 2,5–3 м, по верху – 5,5–7 м. На скатах, звернених до противника влаштовують ескарпи (рис. 14, м), а на скатах, звернених в сторону своїх військ – контрескарпи, крутизна скатів становить 15–45 градусів [39].

Воєнно-технологічна революція, яка вже розпочалася, полягає у формуванні системи «життестійкості» країни на основі технологічних рішень. Сучасна російсько-українська війна – війна нового типу з використанням технологічних досягнень і цифровізації [44; 45]. Одним із найважливіших компонентів війни є

безпілотні літальні системи (БПЛА) [46]. Безпілотний літальний апарат (БПЛА) – повітряне судно, кероване пілотом на відстані (без фізичної присутності на борту), часто використовуються синоніми – дрон, безпілотник.

БПЛА ділять за: типом управління, типом конструкції, сферою застосування, льотними характеристиками.

Види БПЛА за типом конструкції: літакового (з нерухомим крилом), вертолітного (коптерного), змішаного (гібридні), аеростатичного типу (аеростати) (рис. 15).

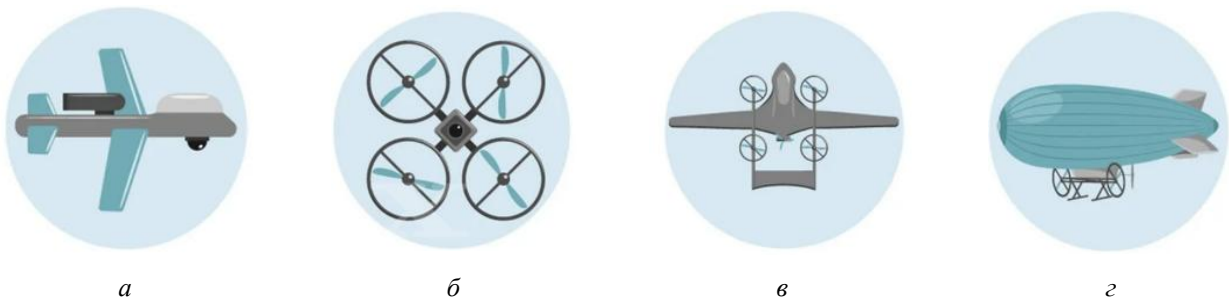


Рис. 15. Види БПЛА за типом конструкції: а – літакового типу (з нерухомим крилом), б – вертолітного типу (коптерного), в – змішаного типу (гібридні), г – аеростатичного типу (аеростати) [47]

Міжнародною асоціацією по безпілотним літальним системам UVSI (Association for Unmanned Vehicle Systems International, до 2004 року вона називалася Європейською асоціацією по безпілотним системам – EURO UVS) була запропонована універсальна класифікація БПЛА (табл. 1) [55].

За типом управління БПЛА діляться на: дистанційні, автономні, гібридні.

Дистанційне керування польотом БПЛА – це робота фахівця (оператора) з пультом. Зв'язок між пілотом і дроном забезпечується передачею даних через радіоканал або оптичне волокно. Безпілотник отримує команди, а також передає інформацію пілоту в реальному часі.

Волоконно-оптичний безпілотник – це безпілотний літальний апарат (БПЛА), яким керують через тонкий волоконно-оптичний кабель, а не через радіоканали. Оптичне волокно використовують, щоб подолати вразливість дронів на радіоуправлінні, яке може бути придушене засобами радіоелектронної

боротьби (РЕБ). Основна ідея роботи FPV-дрона (англ. First Person View – з управлінням від першої особи) на оптоволокну полягає в передачі даних і команд по кабелю за допомогою світлових сигналів. На відміну від радіосигналів оптоволокну не випромінює електромагнітних хвиль, що робить дрон і його оператора невидимими для систем пеленгації. Такі БПЛА вирішують завдання в умовах, де радіозв'язок ненадійний [47].

БПЛА з автономною системою управління запрограмовані на виконання певного завдання. Працюють автоматично за рахунок вбудованого мікропроцесора, можливо застосуванням ШІ-алгоритмів. Безпілотники можуть самостійно діяти за наявності вбудованого навігаційного обладнання (GNSS-приймач) та/або інерційного вимірювального модуля (IMU).

Гібридна система управління дроном – оператор з пультом і функція автономності. Суміщений набір засобів дозволяє мінімізувати пошкодження БПЛА і успішно

виконати завдання в разі втрати зв'язку з оператором. Зазвичай гібридна система управління є у безпілотників з великою дальністю дії.

На сьогодні розроблено багато типів і видів БПЛА. Деякі з них приведені на

рис. 16. Mavic – це лінійка квадрокоптерів виробництва китайської приватної компанії Da-Jiang Innovations (DJI), орієнтована на масове і напівпрофесійне використання.

Таблиця 1

Класифікація безпілотних літальних апаратів [55]

Клас	Категорія	Позначення	Назва	Злітна вага, кг	Радіус дії, км	Стеля, м	Тривалість польоту, год
Малі	I	η	Нано	<0,025	<1	100	<1
		μ	Мікро	<5	<10	3 000	1
		Mini	Міні	<25	10–40	3 000	≤ 4
Легкі	II	CR	Ближньої дії класу 1	25–50	25–70	3 000	2–4
			Ближньої дії класу 2	50–150	50–100	3 000	≤ 6
Середні	III	SR	Малої дальності	≤ 200	≤ 150	4 000	6–8
		MR	Середньої дальності	≤ 500	200	5 000	10–12
	IV	MRE	Середньої дальності великої тривалості польоту	500	500	8 000	10–18
		LADP	Маловисотний великої дальності	≤ 250	>250	$\leq 4 000$	1.5–2
Важкі	V	LALE	Маловисотний великої тривалості польоту	≤ 250	>500	4 000	18
	V–VI	MALE	Середньовисотний великої тривалості польоту	$\leq 1 000$	>1 000	8 000	24
	VII	HALE	Висотний великої тривалості польоту	≤ 2500	>4 000	20 000	>24
Бойові	VIII	UCAV	Безпілотний ударний	>1 000	>500	12 000	1.5–2
		DEC	Оманлива ціль	150–500	0–500	50–5 000	<4
		TGT	Повітряна мішень	10–10 000	5–200	50–10 000	>0.5
Змішані	IX	OPA	Пілотуємий за вибором (опційно) ЛА	≤ 200			
		CMA	Переобладнаний пілотуємий ЛА				

Для виявлення безпілотників використовуються: системи радіопеленгації/радіомоніторингу випромінювання БПЛА (комплекси радіотехнічної розвідки – РТР); радіолокаційні станції – РЛС (в першу чергу активні РЛС); комплекси оптико-електронного спостереження; системи шумопеленгації.

Основними засобами придушення і знищення БПЛА є: кінетичне ураження цілі осколками зенітного снаряду або зенітної ракети; перехоплення БПЛА дронм-винищувачем; руйнування корпусу БПЛА лазерним випромінюванням; поразка електроніки БПЛА потужним мікрохвильовим випромінюванням; засоби радіоелектронного придушення; ураження

електроніки БПЛА електромагнітним імпульсом вибухового генератора; ураження електричних мереж систем управління «графітовими бомбами»; засоби

механічного перехоплення за допомогою сіток (з металевого дроту або полімерних ниток) (рис. 17).

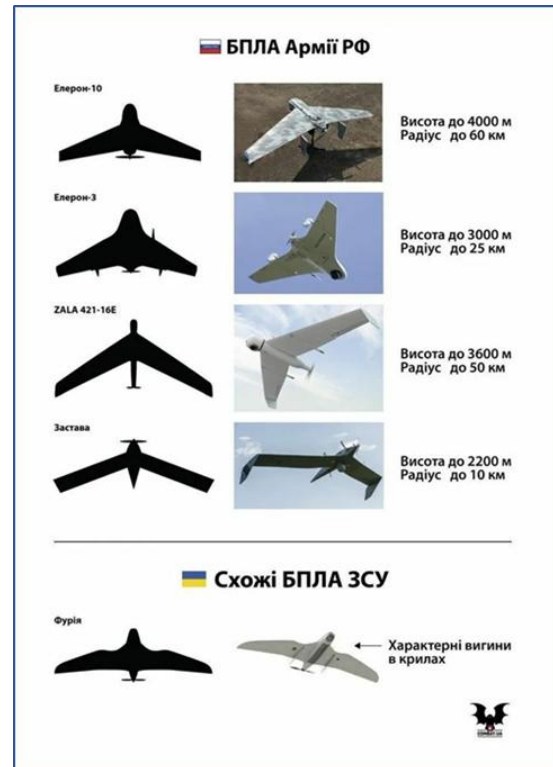
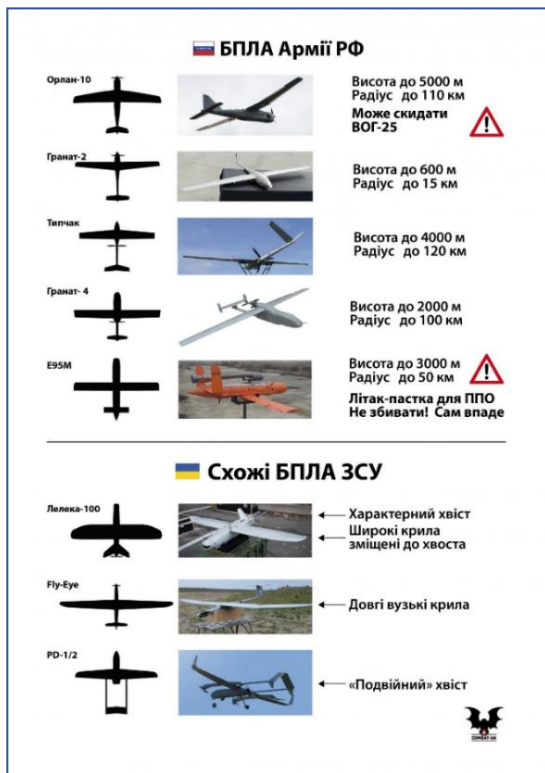
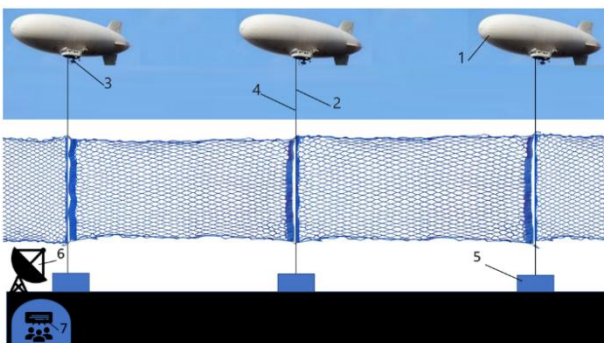


Рис. 16. Деякі безпілотні літальні апарати (БПЛА) в сучасній війні [47; 55]



а



б

Рис. 17. Засоби механічного перехоплення за допомогою сіток: а – повітряний простір: 1 – аеростат; 2 – трос; 3 – контейнер з апаратурою радіолокаційного, оптичного, тепловізійного виявлення; 4 – дровові (оптоволоконні, кабельні) лінії зв'язку; 5 – контейнер з редуктором; 6 – радіолінія управління; 7 – пункт обробки інформації і управління (ПОІУ); б – захист доріг [48; 55]

Облаштування українського кордону та лінії розмежування: концепція майбутнього.

Заглиблюючись в історію нашої держави, ми бачимо, як наші предки боролися за свою свободу, і черпаємо в цьому натхнення для сучасної боротьби за свободу і незалежність. Однією з

найважливіших задач славних лицарів вітчизни – запорозьких козаків був захист українських земель від численних нападів татарських і ногайських орд. Сьогодні на захист України уже від російської орди стали наші сучасники, які втілюють дух єдності, відваги та волелюбності (рис. 18).



Рис. 18. Славні лицарі вітчизни

Технологічна революція вимагає адекватного реагування на сучасні виклики.

Спираючись на історичний вітчизняний досвід охорони кордонів України, сучасний набутий досвід повномасштабної війни України з російським агресором, міжнародний досвід облаштування оборонних ліній, концепція захисту кордонів України має наступні особливості.

Виокремлюється 50-тикілометрова зона вздовж кордонів з Росією і Білоруссю з

евакуацією населення і організацією трьох – чотирьох оборонних ліній (рис. 19). Така зона має також бути в районах активних бойових дій з більш потужними фортифікаційними спорудами. Міста, які розташовані в 50-ти кілометровій зоні до кордону з росією (Суми – 30 км, Харків – 38 км, Чернігів – 66 км), звичайно, не підлягають відселенню. Але вони облаштовуються посиленням захистом.

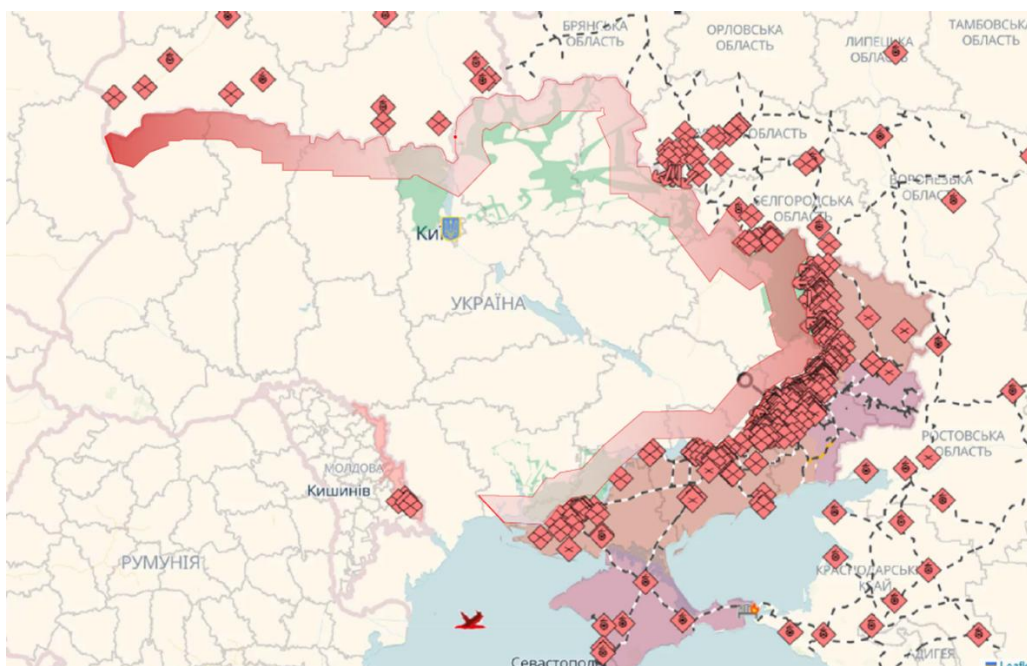


Рис. 19. П'ятидесятикілометрова зона захисту кордонів України і ліній розмежування ([49] – опрацьовано авторами)

Україна після досвіду повномасштабної війни потребує комплексного, багаторівневого захисту кордонів і ліній розмежування, який поєднує: фізичні бар'єри (загородження, мінні поля); цифрові технології (радары, тепловізійні камери, розумні сенсори, дрони, кіберзахист); активну оборону (протиракетні системи, «стіна дронів»).

Інженерні елементи: фізичні бар'єри.

Протитанкові загородження включають: протитанкові рови (глибина 4–6 м, ширина 8–10 м) – аналог лінії Суворовікіна, але з можливістю швидкого перекриття; «зуби дракона» (залізобетонні піраміди) – для уповільнення техніки; насипи з колючим дротом – посилені датчиками руху.

Мінні поля: дистанційно керовані мінні поля (з можливістю деактивації через RFID - Radio Frequency Identification); протипіхотні міни з «розумним» підривом (за досвідом Литви).

Сучасні цифрові технології.

Системи спостереження включають радары наземного сканування; тепловізійні камери і використання AI для автоматичного виявлення цілей; підземні сенсори (за досвідом Ізраїля) – для виявлення копання тунелів.

Система «Розумний кордон», яка включає електронні датчики на всій протяжності кордону та супутниковий моніторинг (Starlink + SAR-супутники).

Система безпілотної спостереження та протидії на кордоні «Стіна дронів» включає: безпілотники-патрулі (FPV, Bayraktar, автономні рої); дрони-перехоплювачі (для боротьби з ворожими БПЛА); аеростати (патрулювання, боротьба з ворожими дронами). Система розміщується на відстані 10–20 км від кордону. Інфраструктура системи включає також зарядні станції та AI-системи управління. Перевагами такої системи є її вартість порівняно з улаштуванням стаціонарних укріплень, а також можливість швидкого переміщення на загрозливі ділянки.

Система протиракетного захисту «Український купол».

В якості аналогів цієї системи можуть бути розглянуті наступні: Ізраїльський «Залізний купол» (Iron Dome) і польська протиракетна система «Aegis Ashore».

Система протиракетного захисту «Український купол» повинна складатися з комбінації систем: NASAMS (для дальніх ракет) та саморобних РЕБ-систем для глушіння «Ланцетів». Розташовуватися такі системи повинні в першу чергу в прикордонних містах, таких як, Харків, Суми, Чернігів, а також в районах з важливою критичною інфраструктурою (електростанції, мости).

Український кордон має бути гібридним, глибоко ешелонованим і мобільним. Його захист повинен поєднувати фізичні бар'єри, які затримують ворога (протитанкові рови, загородження, мінні поля) з сучасними цифровими технологіями, які попереджають загрози — системами спостереження, підземними сенсорами, «розумним кордоном» і безпілотною системою «Стіна дронів». Оборона має включати щонайменше три рівні: передову, резервну та тилу лінії. Мобільність забезпечується застосуванням дронів, перехоплювачів та протиракетних систем, таких як «Український купол», що дозволить оперативно реагувати на загрози та захищати населення та інфраструктуру.

Це перша війна в історії, де дрони — не просто інструмент, а повноцінна частина оборони, яка: забезпечує очі на полі бою 24/7; працює як високоточна зброя; допомагає захищати фортифікації від піхоти, техніки, штурмів.

Застосування безпілотної літальних апаратів (БПЛА) значно підвищує ефективність фортифікаційних систем. Вони здійснюють цілодобову аеророзвідку, включно з нічним моніторингом завдяки тепловізорам, виявляють рух техніки, вогневі позиції та інженерні роботи противника. Дані передаються в реальному часі, що забезпечує миттєве реагування артилерії та мінометів. Інтеграція штучного інтелекту дозволяє автоматизувати обробку відеоінформації без залучення оператора.

Атакуючі FPV-дрони відіграли ключову роль у забезпеченні оборони на найбільш напружених ділянках фронту, зокрема в районах Бахмута, Авдіївки та Часового Яру. Вони ефективно уражають укріплення, техніку і живу силу противника, забезпечуючи підтримку навіть за відсутності артилерійського вогню. Найбільшу ефективність ці платформи демонструють проти штурмових груп і броньованої техніки.

Дрони також активно використовуються для викриття ворожих снайперських і спостережних позицій, а також вогневих точок з ПТКР. На основі аерофотофіксації створюються макети інженерних споруд для дезорієнтації противника і відволікання його ударів від реальних укріплень.

Водночас, ефективність БПЛА в обороні обмежується низкою факторів: противник активно застосовує засоби радіоелектронної боротьби (РЕБ), які порушують GPS-навігацію, що ускладнює керування дронами; існують труднощі у нічних польотах без досвідчених операторів FPV; обмеження за дальністю дії, енергозабезпеченням та вразливістю до засобів протиповітряної оборони також знижують загальну ефективність застосування БПЛА в бойових умовах.

При формуванні українських фортифікацій на лініях розмежування слід включати:

1. Дронові вогневі капоніри: малі автоматизовані укриття, з яких керуються FPV-дрони; захищені, з окремим зв'язком, системою живлення; можуть діяти навіть після евакуації основних військ.

2. Стаціонарні дрони-спостерігачі: дрони, які постійно висять над лінією оборони; живлення – з землі, тому не сідають; мають тепловізори, камери, системи сигналізації.

3. Мережі протидронових сіток: закривають траншеї, входи, бліндажі – нейтралізують FPV-дрони ворога; поєднані з електронними засобами подавлення [48].

4. Сенсорні пастки + штучний інтелект: розкидані по периметру датчики руху й тепла; коли ворог заходить – дрон сам

вилітає, або спрацьовує вогнева точка; все працює автономно, без людини.

5. Автономні дронові точки – це невеликий модуль, розгорнутий поблизу лінії розмежування, який: а) сам зберігає, заряджає і запускає дрони; б) приймає завдання або координати – і сам виконує їх; в) може діяти без оператора, або з оператором, який перебуває в глибині оборони.

Автономна точка управління дронами – це інтегрований комплекс для забезпечення безперервної роботи безпілотних систем в умовах бойових дій. Її основними складовими є:

- стартова платформа (летовище) – замаскований майданчик або контейнер, з якого відбувається запуск БПЛА, з можливістю функціонування з укриття;

- енергетичний модуль – автономна зарядна станція, часто на базі сонячної енергії, що забезпечує живлення дронів незалежно від стаціонарної електромережі;

- сектор технічного обслуговування – у сучасних умовах це оператор або механік, однак перспективним напрямом є використання обслуговуючих дронів-маніпуляторів;

- релейно-комунікаційний блок – супутниковий або наземний модуль для забезпечення зв'язку (Starlink, LTE, військові канали), з можливістю маршрутизації польотів у напівавтоматичному режимі.

В Україні, сьогодні, дрони запускаються серіями з бліндажів, укриттів, «мурашників»; все ще переважно керуються людьми, але вже з'являються: автоматичні станції зарядки FPV; «вулики» для Mavic'ів, де безпілотник може сісти, підзарядитись і злетіти знову; деякі підрозділи тестують напівавтономне ПЗ: дрон летить по координатах, виконує завдання, повертається.

Перспективи розвитку включають:

- повну автоматизацію – оператор лише задає координати або тип цілі, далі система виконує весь цикл автономно;

- використання штучного інтелекту для аналізу відеопотоків, розпізнавання цілей, їх

пріоритезації та автоматичного ухвалення рішень про вогневе ураження;

- використання високомобільних автономних пунктів: установка розгортається на пікапі/БТР – запуск дронів «з колес», що забезпечує оперативне переміщення, та гнучкість у тактичному маневруванні;

- улаштування повітряних доків для дронів – передбачає розміщення станцій підзарядки на дахах будівель або у повітрі (на платформах). Дрон підлітає, здійснює дозарядку, отримує нове завдання або продовжує виконання;

- використання автономної дронавої точки – функціонального аналога вогневої точки, але з можливістю автономного прийняття рішень та дій. Такі системи мають перевагу над людиною: вони не втомлюються, не потребують ресурсів життєзабезпечення та не піддаються паніці.

Україна вже створила перше у світі поле бою, де дрони – частина фортифікації. Подальший етап розвитку – повна автоматизація та синхронізація дронавих систем, що виконують оборонні функції нарівні з класичними інженерними засобами: вежами спостереження, кулеметними гніздами та мінними полями.

Висновки

Основні загрози для сучасної України породила війна Російської Федерації проти української держави, унаслідок якої окуповано частину території країни. Зважаючи на те, що в Україна межує з агресивним сусідом – Росією, а також її сателітом – Білоруссю військова загроза вторгнення залишиться і в повоєнний час. У зв'язку із цим важливим завданням з охорони та захисту державного кордону є вдосконалення інженерно-технічного оснащення кордону України і ліній розмежування в результаті окупації частини територій країни.

На основі аналізу історичного досвіду облаштування захисту кордонів української держави, сучасного вітчизняного і міжнародного досвіду інженерно-технічного облаштування кордонів розроблена концепція майбутнього повоєнного облаштування українського кордону та лінії розмежування.

Україна потребує комплексного, багаторівневого захисту кордонів і ліній розмежування, який поєднує: фізичні бар'єри (загородження, мінні поля); цифрові технології (радары, тепловізійні камери, розумні сенсори, дрони, кіберзахист); активну оборону (протиракетні системи, «стіна дронів»). Український кордон має бути: гібридним, поєднуючи фізичні бар'єри і цифрові технології, що попереджають загрози; глибоким – з трьома лініями оборони (передова, резерв, тил); мобільним за рахунок застосування дронів і ракет.

Насьогодні Україна стала лабораторією сучасної фортифікації, досвід якої змінює військову науку всього світу. Українські фортифікації – це перший приклад у ХХІ столітті, коли оборона: формується в умовах постійного бою; інтегрує інженерію + технології + живу адаптацію; реально завдає значних втрат армії противника, що має чисельну й технічну перевагу.

Фортифікація в Україні еволюціонувала від найграндіозніших військово-інженерних споруд середньовіччя, Змієвих валів, до комплексів зі штучним інтелектом. Усі етапи її розвитку – це не просто реакція на зброю ворога, а відображення світогляду доби. У ХХІ столітті фортифікація перестає бути лише обороною – вона стає комунікацією, алгоритмом, політичним сигналом. І найкращі укріплення – це ті, які не лише стримують, а й адаптуються.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Щодо забезпечення інженерно-технічного облаштування та утримання державного кордону. *Голос України* : газета Верховної Ради України. URL: <https://www.golos.com.ua/article/324274> (дата звернення: 03.08.2025).
2. Про схвалення Стратегії інтегрованого управління кордонами на період до 2025 року : Розпорядження Кабінету Міністрів України від 24.07.2019 № 687-р. *Офіційний Вісник України*. 2019. № 70. С. 184. URL: <https://>

www.kmu.gov.ua/npas/pro-shvalennya-strategiyi-integrovanogo-upravlinnya-kordonami-na-period-do-2025-rokum240719 (дата звернення: 03.08.2025).

3. Гуркіна Г. О., Сердюк О. В. Замки та фортеці України. Харків : Торсінг плюс, 2009. 95 с. URL: <https://irbis-nbuv.gov.ua/ulib/item/UKR0001400> (дата звернення: 03.08.2025).

4. Kotlyar Y., Lymar M. Ukraine as a Shield for Europe : the Russian Invasion and the Reshaping of International Security. *Acta de Historia & Politica : Saeculum XXI*. 2025. № 10. Pp. 75–86. URL: <https://doi.org/10.26693/ahpsxxi2025.10.075> (дата звернення: 03.08.2025).

5. Щербак В. Українське козацтво : Формування соціального стану. Друга половина XV – середина XVIII. Київ : Видавничий дім «КМ «Academia», 2000. 300 с.

6. Кабачинський М. І. Козацтво на охороні кордонів України. *Наукові записки Вінницького державного педагогічного університету імені Михайла Коцюбинського*. Вип. 9. Серія : Історія. За заг. ред. проф. П. С. Григорчука. Вінниця, 2005. С. 13–19. URL: <https://dspace.vspu.edu.ua/items/c413e0d9-a555-4f06-9d92-a4a028974dec> (дата звернення: 03.08.2025).

7. Багалій Д. І. Історія Слобідської України. Харків : вид-во «Основа» при ХДУ, 1990. 256 с. URL: <http://resource.history.org.ua/item/0015594> (дата звернення: 03.08.2025).

8. Як козацькі фігури захищали українські землі : історія сигнальних веж. Міжнародний культурний портал Експеримент. URL: <https://md-eksperiment.org/post/20240926-yak-kozatski-fihury-zakhyshchaly-ukrayinski-zemli> (дата звернення: 03.08.2025).

9. Хвигура. Мамаєва Слобода. URL: <https://mamayeva-sloboda.kyiv.ua/publ/hvyhura/> (дата звернення: 03.08.2025).

10. Коваль М. В. Спорудження укріплених районів «лінії Сталіна» в Українській РСР. *Наукові записки Вінницького державного педагогічного університету імені Михайла Коцюбинського*. Серія : Історія. Вип. 22. 2014. С. 82–87. URL: <https://vspu.edu.ua/science/art/a122.pdf> (дата звернення: 03.08.2025).

11. Советская военная энциклопедия. Москва : Воениздат, 1980. Т. 8. 685 с.

12. Большая Советская Энциклопедия. Москва : Политиздат, 1956. Т. 44. 176 с.

13. Ленский А. Г. Сухопутные силы РККА в предвоенные годы : справочник. Санкт-Петербург : Б&К, 2000. 325 с.

14. Коваль М. В. Довготривала фортифікація на теренах України напередодні та під час Другої світової війни. Міфи і реалії. Ч. 1. Хмельницький : Вид-во Нац. акад. Держ. прикордонної служби України ім. Б. Хмельницького, 2012. 516 с.

15. Титорова А. План інженерного облаштування кордону буде готовий протягом 2 тижнів. *Дзеркало тижня*. URL: <https://zn.ua/ukr/UKRAINE/plan-inzhenernogo-oblashtuvannya-kordonu-bude-gotoviy-protyagom-2-tizhniv-146429.html> (дата звернення: 03.08.2025).

16. Як виглядає «Стіна» на кордоні з Росією і що нас захищає (відео). Ukr.Media. URL: <https://ukr.media/ukrain/255122/> (дата звернення: 03.08.2025).

17. Проект «Стіна» профінансований на 7–10 % : речник ДПСУ. Радіо Свобода. URL: <https://www.radiosvoboda.org/a/28621361.html> (дата звернення: 03.08.2025).

18. Лінія Суровікіна. Російські фортифікаційні споруди : інформаційно-освітній сайт. URL: <https://infoua.pp.ua/articles/8/146/> (дата звернення: 03.08.2025).

19. Кацан О., Реалії Д. Де «лінія Зеленського»? Хто мав побудувати фортифікації і що з ними тепер. Радіо Свобода. URL: <https://www.radiosvoboda.org/a/shcho-vidbuvayet-sya-z-fortifikatsiyamy/32873058.html> (дата звернення: 03.08.2025).

20. Нагорна О. «Зуби дракона» виростають на Харківщині : як будують фортифікації біля кордону. *МГ «Об'єктив»*. URL: <https://www.objectiv.tv/objectively/2023/12/29/zuby-drakona-vyrastayut-na-harkovshhine-kak-stroyat-fortifikatsii-vozhle-granitsy/> (дата звернення: 03.08.2025).

21. Joe Barnes. Ukraine digs its own Surovikin line against impending Russian offensive. The Telegraph. URL: <https://www.telegraph.co.uk/world-news/2024/01/20/ukraine-own-surovikin-line-active-defence-russia-offensive/> (дата звернення: 03.08.2025).

22. Україна буде власну «лінію Суровікіна» : що про неї відомо. Флот. 2017. URL: <https://flot2017.com/ukraina-buduie-vlasnu-liniiu-surovikina-shcho-pro-nei-vidomo/> (дата звернення: 03.08.2025).

23. Результат досвіду війни в Україні : польські військові показали, як будують фортифікації на кордоні з Росією. Фото. *Obozrevatel*. URL: <https://www.obozrevatel.com/ukr/novosti-mir/rezultat-dosvidu-vijni-v-ukraini-polski-vijskovi-pokazali-yak-buduyut-fortifikatsii-na-kordoni-z-rosieyu-foto.htm> (дата звернення: 03.08.2025).

24. Польські військові продемонстрували фрагмент укріплень «Східний щит» на кордоні з РФ. *Європейська правда*. URL: <https://www.eurointegration.com.ua/news/2025/05/23/7212269/> (дата звернення: 03.08.2025).

25. Віцеміністр оборони : «Щит Схід» стає європейським проектом, відбулися переговори з ЄІБ про його фінансування. *Polska Agencja Prasowa SA*. URL: <https://www.pap.pl/ua/ukrainian/news/viceministr-oboroni-schit-skhid-stae-evropeyskim-proektom-vidbulisya-peregovori-z> (дата звернення: 03.08.2025).

26. Європейська правда. У Литві пропонують побудувати лінію оборони на кордоні з РФ і Білоруссю за мільярд євро. *Європейська правда*. URL: <https://www.eurointegration.com.ua/news/2025/05/5/7210916/> (дата звернення: 03.08.2025).

27. Именем Витаутаса : консерваторы предлагают строить линию обороны на границе с РФ и Беларусью за миллиард. *Delfy*. URL: <https://www.delfi.lt/ru/news/politics/minoborony-proverit-vozmozhnyy-konflikt-interesov-glavy-knbo-iz-za-akciy-proizvoditelya-dronov-120132195> (дата звернення: 03.08.2025).

28. Государство выделит около 1,1 млрд евро на закупку мер по противодействию мобильности. *Delfy*. URL: <https://www.delfi.lt/ru/news/politics/gosudarstvo-vydelit-okolo-1-1-mlrd-evro-na-zakupku-mer-po-protivodeystviyu-mobilnosti-120106884> (дата звернення: 03.08.2025).

29. Литва встановила «їжаки» та «зуби дракона» навпроти мосту до Калінінградської області РФ. Укрінформ – актуальні новини України та світу. URL: <https://www.ukrinform.ua/rubric-world/3902525-litva-vstanovila-izaki-ta-zubi-drakona-navproti-mostu-do-kaliningradskoi-oblasti-rf.html> (дата звернення: 03.08.2025).

30. Литва витратить 17,5 млн євро на захист кордонів з РФ та Білоруссю. *BlackSeaNews*. URL: <https://www.blackseanews.net/read/221114> (дата звернення: 03.08.2025).

31. Покотило О. У Литві планують будівництво масштабної лінії оборони на кордоні з Росією та Білоруссю. Стрічка свіжих новин наживо на Online.ua. *Офіційні новини України онлайн*. URL: <https://news.online.ua/u-litvi-planuiut-budivnictvo-masstabnoyi-liniyi-oboroni-na-kordoni-z-rosijeiu-ta-bilorusiiu-893164/> (дата звернення: 03.08.2025).

32. «Зубы дракона» и «испанские лошади». В Минобороны Литвы рассказали о запланированных фортификациях на границе с Беларусью. *Telegraf.news*. URL: <https://telegraf.news/politika/zuby-drakona-i-ispanskije-loshadi-v-minoborony-litvy-rasskazali-o-zaplanirovannyh-fortifikacijah-na-granice-s-belarusju/> (дата звернення: 03.08.2025).

33. Литва запланувала масштабну лінію оборони від РФ і Білорусі. *РБК-Україна*. URL: <https://www.rbc.ua/ukr/news/okopi-mini-ppo-litva-zaproponuvala-masshtabnu-1746460616.html> (дата звернення: 03.08.2025).

34. Встановлення інженерних загороджень. G7 Сили територіальної оборони ЗСУ. URL: <https://sprotyvg7.com.ua/lesson/vstanovlennya-inzhenernix-zagorodzenh> (дата звернення: 03.08.2025).

35. Простий та дієвий захист від танків : навіщо на війні використовують їжаки і як вони працюють. *Новини Донбасу*. URL: <https://novosti.dn.ua/article/8249-prostyy-ta-diyevyj-zahyst-vid-tankiv-navishho-na-vijni-vykorystovuyut-yizhaky-i-yak-vony-pratsyuyut> (дата звернення: 03.08.2025).

36. Основні види інженерних загороджень Scribd. URL: <https://ru.scribd.com/presentation/677135107/Основні-види-інженерних-загороджень> (дата звернення: 03.08.2025).

37. Contributors to Wikimedia projects. Dragon's teeth (fortification). *Wikipedia, the free encyclopedia*. URL: [https://en.wikipedia.org/wiki/Dragon's_teeth_\(fortification\)](https://en.wikipedia.org/wiki/Dragon's_teeth_(fortification)) (date of access: 03.08.2025).

38. What are dragons teeth in war? Military Modelling. URL: <https://www.militarymodelling.com/blog/what-are-dragons-teeth-in-war/> (date of access: 03.08.2025).

39. Види протипіхотних та протитанкових загороджень. Протитанкові невибухові загородження. *StudFiles*. URL: <https://studfile.net/preview/8861816/page:2/> (дата звернення: 03.08.2025).

40. Змієві вали : фантастичні споруди з прагматичною ціллю. *Ukraine History*. URL: <https://ukraine-history.com/zmiyevi-valy-fantastychni-sporudy-z-pragmatychnoyu-czillyu/> (дата звернення: 03.08.2025).

41. Мільчев В. І. Українська укріплена лінія. *Мала енциклопедія українського козацтва*. URL: http://www.cossackdom.com/articles/m/milchev_ukrukreplinia.htm (date of access: 03.08.2025).

42. Харлан О. В. Стара (Українська) укріплена лінія : дослідження останніх років. Портал Експеримент : культура, освіта та наука. URL: <https://md-eksperiment.org/post/20231218-stara-ukrayinska-ukriplena-liniya> (дата звернення: 03.08.2025).

43. Шпитальов Г. Г. Українська ландміліція. Київ : Нац. акад. наук України; Ін-т укр. археографії та джерелознав. ім. М. С. Грушевського НАН України. Запоріж. від-ня, 2013. 150 с. URL: https://www.uknol.info/ru/Records/Ukrainska_landmilicija_Gennadij.html (дата звернення: 03.08.2025).

44. Залужний В. Сучасна позиційна війна та як у ній перемогти. *ПарламентUA*. URL: <https://parlament.ua/article/suchasna-pozicijna-vijna-ta-yak-u-nij-peremogti-povnij-tekst-statti-valeriya-zaluzhnoho/> (дата звернення: 03.08.2025).

45. Залужний В. Технологічна війна на виснаження та як у ній перемогти. *Українська правда*. URL: <https://www.pravda.com.ua/articles/2025/07/13/7521484/> (дата звернення: 03.08.2025).

46. Романюк Р., Кириленко О. «Лінія дронів» : що це таке і чи зможуть 5 підрозділів зупинити просування росіян. *Українська правда*. URL: <https://www.pravda.com.ua/articles/2025/05/5/7510582/> (дата звернення: 03.08.2025).

47. Що таке БПЛА. *People Project.com : Всеукраїнський центр волонтерів*. URL: <https://www.peoplesproject.com/sho-take-bpla/> (дата звернення: 03.08.2025).

48. На трасі у Запорізькій області збудували тунель проти дронів. *Економічна правда*. URL: <https://epravda.com.ua/biznes/na-trasi-u-zaporizkiy-oblasti-zbuduvali-zahisniy-tunel->

809518/? gl=1*ixn840* ga*MTk1MTA3MjQ5MC4xNzUxMjg4NDcz* ga 6ELQ7YCNBS*czE3NTMzMjA0MTMk bzQkZzEkdDE3NTMzMjA0NzEkajlkBDAkaDA (дата звернення: 03.08.2025).

49. Deep State Map. URL: <https://deepstatemap.live/#6/49.4383200/32.0526800> (date of access: 03.08.2025).

50. Змієві вали без таємниць. *Історична правда*. URL: <https://www.istpravda.com.ua/articles/2022/03/15/161067/> (дата звернення: 03.08.2025).

51. История крепостей Днепропетровщины : часть 2. Дніпро – новини міста і регіону. URL: https://gorod.dp.ua/image2.php?news_id=135554&art_id=1&&n=15 (дата звернення: 03.08.2025).

52. Linija Razdvajanja. Oružje Online. URL: <https://oruzejonline.com/2022/10/23/linija-razdvajanja/> (date of access: 03.08.2025).

53. Проект «Стіна» : Що вже збудовано. *Espresso.tv*. URL: <https://espresso.tv/news/2017/05/15/proekt-quotstinaquot-scho-vzhe-zbudovano> (дата звернення: 03.08.2025).

54. Якимчук І. Польща розпочала будівництво лінії укріплень на кордоні з Росією. ZAXID.NET. URL: https://zaxid.net/u_polshhi_rozpochali_budivnitstvo_liniji_ukriplen_na_kordoni_z_rosiyeyu_n1596935 (дата звернення: 03.08.2025).

55. Мосов С. П., Хижняк В. В., Литовченко А. О., Ядченко Д. М. Класифікація, функції та завдання безпілотної авіації у сфері цивільного захисту України. *Науковий вісник : Цивільний захист та пожежна безпека*. № 2 (12). 2021. С. 54–68.

REFERENCES

1. Shchodo zabezpechennia inzhenerno-tekhnichnoho oblashtuvannia ta utrymannia derzhavnoho kordonu [Regarding the engineering and technical arrangement and maintenance of the state border]. *Holos Ukrainy : hazeta Verkhovnoi Rady Ukrainy* [Voice of Ukraine : the official parliamentary newspaper of Ukraine]. URL: <https://www.golos.com.ua/article/324274> (Accessed: 03 August 2025). (in Ukrainian).

2. Pro skhvalennia Stratehii intehrovanoho upravlinnia kordonamy na period do 2025 roku : Rozporiadzhennia Kabinetu Ministriv Ukrainy vid 24.07.2019 № 687-r [On Approval of the Integrated Border Management Strategy for the Period until 2025 : Order of the Cabinet of Ministers of Ukraine dated July 24, 2019 no. 687-p]. *Ofitsiyni visnyk Ukrainy* [Official Bulletin of Ukraine]. 2019, no. 70, p. 184. URL: <https://www.kmu.gov.ua/npas/pro-shvalennya-strategiyi-integrovanogo-upravlinnya-kordonami-na-period-do-2025-rokum240719> (Accessed: 03 August 2025). (in Ukrainian).

3. Hurkina H.O. and Serdiuk O.V. *Zamky ta fortetsi Ukrainy* [Castles and Fortresses of Ukraine]. Kharkiv : Torsinh Plius, 2009, 95 p. URL: <https://irbis-nbuv.gov.ua/ulib/item/UKR0001400> (Accessed: 03 August 2025). (in Ukrainian).

4. Kotlyar Y. and Lyamar M. Ukraine as a Shield for Europe : the Russian Invasion and the Reshaping of International Security. *Acta de Historia & Politica : Saeculum XXI*. 2025, no. 10, pp. 75–86. (Accessed: 03 August 2025).

5. Shcherbak V. *Ukrainske kozatstvo : Formuvannia sotsialnoho stanu. Druha polovyna XV – seredyna XVIII* [Ukrainian Cossacks : Formation of a social class. The second half of the XV–middle of the XVIII]. Kyiv : Vydavnychy Dim “KM “Academia”, 2000, 300 p. (in Ukrainian).

6. Kabachynskyi M.I. *Kozatstvo na okhoroni kordoniv Ukrainy* [Cossacks Guarding the Borders of Ukraine]. *Naukovi zapysky Vinnytskoho derzhavnoho pedahohichnoho universytetu imeni Mykhaila Kotsiubynskoho* [Scientific Papers of the Vinnytsia Mykhailo Kotsiubynskyi State Pedagogical University Series History]. Iss. 9. *Seriia : Istoriia* [Series : History]. Edited by Prof. P.S. Hryhorchuka. Vinnytsia, 2005, pp. 13–19. URL: <https://dspace.vspu.edu.ua/items/c413e0d9-a555-4f06-9d92-a4a028974dec> (Accessed: 03 August 2025). (in Ukrainian).

7. Bahalii D.I. *Istoriia Slobidskoi Ukrainy* [History of Sloboda Ukraine]. Kharkiv : “Osnova” Publ., 1990, 256 p. (Accessed: 03 August 2025). URL: <http://resource.history.org.ua/item/0015594> (in Ukrainian).

8. *Iak kozatski fihury zakhyschaly ukrainski zemli : istoriia syhnalnykh vezh* [How Cossack Figures Protected Ukrainian Lands : The History of Signal Towers]. *Mizhnarodnyi kulturnyi portal Eksperyment* [International Cultural Portal 'Experiment']. (Accessed: 03 August 2025). URL: <https://md-eksperiment.org/post/20240926-yak-kozatski-fihury-zakhyschaly-ukrayinski-zemli> (in Ukrainian).

9. Khvyhura. *Mamaieva Sloboda* [Hvyhura. Mamayeva Sloboda]. URL: <https://mamayevasloboda.kyiv.ua/publ/hvyhura/> (Accessed: 03 August 2025). (in Ukrainian).

10. Koval M.V. *Sporudzhennia ukriplenykh raioniv “linii Stalina” v Ukrainskii RSR* [The Construction of Fortified Areas of the “Stalin Line” in the Ukrainian SSR]. *Naukovi zapysky Vinnytskoho derzhavnoho pedahohichnoho universytetu imeni Mykhaila Kotsiubynskoho. Seriia : Istoriia* [Scientific Papers of the Vinnytsia Mykhailo Kotsiubynskyi State Pedagogical University. Series : History]. Iss. 22, 2014, pp. 82–87. URL: <https://vspu.edu.ua/science/art/a122.pdf> (Accessed: 03 August 2025). (in Ukrainian).

11. *Sovetskaia voennaia entsyklopedyia* [Soviet Military Encyclopedia]. Moscow : Voenyzzdat Publ., 1980. vol. 8, 685 p. (in Russian).

12. *Bolshaia Sovetskaia Entsiklopedyia* [Great Soviet Encyclopedia]. Moscow : Polytyzdat Publ., 1956, vol. 44, 176 p. (in Russian).

13. Lenskyi A.H. *Sukhoputnye sily RKKA v predvoennye hody : spravochnyk* [Ground Forces of the Red Army in the Pre-War Years : directory]. Saint-Petersburg : B&K, 2000, 325 p. (in Russian).
14. Koval M.V. *Dovhotryvala fortyfikatsiia na terenakh Ukrainy naperedodni ta pid chas Druhoi svitovoi viiny : Mify i realii* [Long-Term Fortifications on Ukrainian Territory Before and During World War II : Myths and Realities]. Ch. 1. Khmelnytskyi : Vyd-vo Nats. akad. Derzh. prykordonnoi sluzhby Ukrainy im. B. Khmelnytskoho, 2012, 516 p. (in Ukrainian).
15. Tytorova A. *Plan inzhenerenoho oblashtuvannia kordonu bude hotovy protiahom 2 tyzhniv* [The border engineering arrangement plan will be ready within 2 weeks]. *Dzerkalo tyzhnia* [Mirror Weekly]. (Accessed: 03 August 2025). URL: https://zn.ua/ukr/UKRAINE/plan-inzhenerenoho-oblashtuvannya-kordonu-bude-gotoviy-protiyagom-2-tizhniv-146429_.html (in Ukrainian).
16. *Iak vyhlidaie "Stina" na kordoni z Rosiieiu i shcho nas zakhyschaie (video)* [What the "Wall" on the Border Russia Looks Like and How It Protects Us (Video)]. Ukr.Media. URL: <https://ukr.media/ukrain/255122/> (Accessed: 03 August 2025). (in Ukrainian).
17. Proekt "Stina" profinansovanyi na 7–10 % – rechnyk DPSU [The "Wall" Project is 7–10 % Funded – State Border Guard Service Spokesperson]. Radio Svoboda. URL: <https://www.radiosvoboda.org/a/28621361.html> (Accessed: 03 August 2025). (in Ukrainian).
18. *Liniia Surovikina : Rosiiski fortyfikatsiini sporudy* [The Surovikin Line : Russian Fortifications]. *Informatsiino-osvitnii sait* [Informational and educational website]. URL: <https://infoua.pp.ua/articles/8/146/> (Accessed: 03 August 2025). (in Ukrainian).
19. Katsan O. and Realii D. *De "liniia Zelenskoho"? Khto mav pobuduvaty fortyfikatsii i shcho z nymy teper* [Where is the "Zelensky Line"? Who Was Supposed to Build the Fortifications and What Happened to Them]. *Radio Svoboda* [Radio Freedom]. URL: <https://www.radiosvoboda.org/a/shcho-vidbuvayet-sya-z-fortyfikatsiyamy/32873058.html> (Accessed: 03 August 2025). (in Ukrainian).
20. Nahorna O. *"Zuby drakona" vyrostaiut na Kharkivshchyni : yak buduiut fortyfikatsii bilia kordonu* ["Dragon's Teeth" Grow in Kharkiv Region : How Fortifications are Being Built Near the Border]. MH "Obiektvy". URL: <https://www.objectiv.tv/objectively/2023/12/29/zuby-drakona-vyrastayut-na-harkovshhine-kak-stroyat-fortifikatsii-voze-granitsy> (Accessed: 03 August 2025). (in Ukrainian).
21. Joe Barnes. Ukraine digs its own Surovikin line against impending Russian offensive. The Telegraph. URL: <https://www.telegraph.co.uk/world-news/2024/01/20/ukraine-own-surovikin-line-active-defence-russia-offensive/> (Accessed: 03 August 2025).
22. Ukraina buduie vlasnu "liniiu Surovikina" : shcho pro nei vidomo [Ukraine is Building its Own "Surovikin Line" : What We Know]. Flot. 2017. (Accessed: 03 August 2025). URL: <https://flot2017.com/ukraina-buduie-vlasnu-liniiu-surovikina-shcho-pro-nei-vidomo/> (in Ukrainian).
23. *Rezultat dosvidu viiny v Ukraini : polski viiskovi pokazaly, yak buduiut fortyfikatsii na kordoni z Rosiieiu* [Lessons from Ukraine's War : Polish Military Demonstrates Border Fortification Construction with Russia. Photos]. Obozrevatel. URL: <https://www.obozrevatel.com/ukr/novosti-mir/rezultat-dosvidu-vijni-v-ukraini-polski-vijskovi-pokazali-yak-buduyut-fortifikatsii-na-kordoni-z-rosiieyu-foto.htm> (Accessed: 03 August 2025). (in Ukrainian).
24. *Polski viiskovi prodemonstruvaly frahment ukriplen "Skhidnyi shchyt" na kordoni z RF* [Polish Military Showcases Segment of "Eastern Shield" Fortifications on Border with Russia]. *Yevropeiska pravda* [European Truth]. URL: <https://www.eurointegration.com.ua/news/2025/05/23/7212269/> (Accessed: 03 August 2025). (in Ukrainian).
25. *Vitseministr oborony : "Shchyt Skhid" stae yevropeiskym proiekтом, vidbulysia perehovory z YeIB pro yoho finansuvannia* [Deputy Defense Minister : "Eastern Shield" Becomes a European Project, Negotiations Held with EIB for Funding]. Polska Agencja Prasowa SA. (Accessed: 03 August 2025). URL: <https://www.pap.pl/ua/ukrainian/news/viceministr-oborony-schit-skhid-stae-evropeyskim-proektom-vidbulisya-peregovori-z> (in Ukrainian).
26. *U Lytvi proponuiut pobuduvaty liniyu oborony na kordoni z RF i Bilorussiu za miliard yevro* [Lithuania Proposes €1 Billion Defense Line on Borders with Russia and Belarus]. *Yevropeiska pravda* [European Truth]. URL: <https://www.eurointegration.com.ua/news/2025/05/5/7210916/> (Accessed: 03 August 2025). (in Ukrainian).
27. *Imenem Vytatasa : konservatory predlahaiut stroyt lynyiu oborony na hranytse s RF i Belarusiu za mylyard* [Vytatutas' Name : Conservatives Propose €1 Billion Defense Line on Border with Russia and Belarus]. Delfy. URL: <https://www.delfi.lt/ru/news/politics/minoborony-proverit-vozmozhnyy-konflikt-interesov-glavy-knbo-iz-za-akciy-proizvoditelya-dronov-120132195> (Accessed: 03 August 2025). (in Russian).
28. *Hosudarstvo vydelit okolo 1,1 mlrd evro na zakupku mer po protyvodeistviyu mobylnosti* [The state will allocate approximately €1.1 billion for mobility countermeasures procurement]. Delfy. URL: <https://www.delfi.lt/ru/news/politics/gosudarstvo-vydelit-okolo-1-1-mlrd-evro-na-zakupku-mer-po-protivodeystviyu-mobilnosti-120106884> (Accessed: 03 August 2025). (in Russian).
29. *Lytva vstanovyla "izhaky" ta "zuby drakona" navproty mostu do Kalininhradskoi oblasti RF* [Lithuania Installs "Hedgehogs" and "Dragon's Teeth" Opposite Bridge to Russia's Kaliningrad Oblast]. *Ukrinform – aktualni novyny Ukrainy ta svitu* [Ukrinform – Latest News from Ukraine and the World]. URL: <https://www.ukrinform.ua/rubric-world/3902525-litva-vstanovila-izaki-ta-zubi-drakona-navproty-mostu-do-kaliningradskoi-oblasti-rf.html> (Accessed: 03 August 2025). (in Ukrainian).

30. *Lytva vytratyt 17,5 mln yevro na zakhyst kordoniv z RF ta Bilorussiu* [Lithuania to Allocate €17.5 Million for Border Protection with Russia and Belarus]. BlackSeaNews. (Accessed: 03 August 2025). (in Ukrainian).
31. Pokotylo O. *U Lytvi planuiut budivnytstvo masshtabnoi linii oborony na kordoni z Rosiieiu ta Bilorussiu* [Lithuania Plans Construction of Large-Scale Defense Line on Border with Russia and Belarus]. *Strichka svizhykh novyn nazhyvo na Online.ua*. Ofitsiini novyny Ukrainy onlain [Live News Feed on Online.ua – Official Ukrainian News Online]. (Accessed: 03 August 2025). (in Ukrainian).
32. “Zuby drakona” i “ispanskye loshadi”. V Mynoborony Litvy rasskazali o zaplanirovannykh fortifikatsiyakh na hranitse s Belarusiu [“Dragon’s Teeth” and “Spanish Horses” : Lithuanian MoD Details Planned Fortifications on Belarus Border]. Telegraf.news. (Accessed: 03 August 2025). (in Ukrainian).
33. *Lytva zaplanyrovala masshtabnuu lynyiu oborony ot RF i Belarusy* [Lithuania Plans Large-Scale Defense Line Against Russia and Belarus]. RBK-Ukrayna [RBC-Ukraine]. (Accessed: 03 August 2025). (in Ukrainian).
34. *Vstanovlennia inzhenernykh zahorodzhzen* [Installation of Engineering Barriers]. G7 Syly terytorialnoi oborony ZSU [G7 Territorial Defense Forces of the Armed Forces of Ukraine]. (Accessed: 03 August 2025). (in Ukrainian).
35. *Prosty i ta diievyi zakhyst vid tankiv : Navishcho na viini vykorystovuiut yizhaky i yak vony pratsiuiut* [Simple Yet Effective Defense Against Tanks : Why ‘Hedgehogs’ Are Used in War and How They Work]. *Novyny Donbasu* [Donbas News]. (Accessed: 03 August 2025). (in Ukrainian).
36. *Osnovni vydy inzhenernykh zahorodzhzen* [Main Types of Engineering Barriers]. Scribd. (Accessed: 03 August 2025). (in Ukrainian).
37. Contributors to Wikimedia projects. Dragon's teeth (fortification). Wikipedia, the free encyclopedia. (Accessed: 03 August 2025).
38. What are dragons' teeth in war? Military Modelling. (Accessed: 03 August 2025).
39. *Vydy protytipikhotnykh ta protytankovykh zahorodzhzen : Protytankovi nevybukhovi zahorodzhennia* [Types of Anti-Infantry and Anti-Tank Barriers : Non-Explosive Anti-Tank Obstacles]. StudFiles. (Accessed: 03 August 2025). (in Ukrainian).
40. *Zmiievi valy : fantastychni sporudy z prahmatychnoiu tsilliu* [Serpent’s Walls : Fantastic Structures with a Pragmatic Purpose]. Ukraine History. (Accessed: 03 August 2025). (in Ukrainian).
41. Milchev V.I. *Ukrainska ukriplena liniia* [Ukrainian Fortified Line]. *Mala entsyklopediia ukrainskoho kozatstva* [Small Encyclopedia of Ukrainian Cossacks]. (Accessed: 03 August 2025). (in Ukrainian).
42. Kharlan O.V. *Stara (Ukrainska) ukriplena liniia : doslidzhennia ostannikh rokiv* [The Old (Ukrainian) Fortified Line : Recent Research]. *Portal Eksperyment : kultura, osvita ta nauka* [Portal “Experiment” : Culture, Education, and Science]. (Accessed: 03 August 2025). (in Ukrainian).
43. Shpytalov H.H. *Ukrainska landmilitsiia* [Ukrainian Landmilitsia]. Kyiv : Nats. akad. nauk Ukrainy, In-t ukr. arkhieohrafii ta dzhereloznav. im. M.S. Hrushevskoho NAN Ukrainy – Zaporiz. vid-nia, 2013, 150 p. (in Ukrainian).
44. Zaluzhnyi V. *Suchasna pozytsiina viina ta yak u nii peremohty* [Modern Positional Warfare and How to Win It]. ParlamentUA. (Accessed: 03 August 2025). (in Ukrainian).
45. Zaluzhnyi V. *Tekhnolohichna viina na vysnazhennia ta yak u nii peremohty* [Technological War of Attrition and How to Win It]. *Ukrainska Pravda* [Ukrainian Truth]. (Accessed: 03 August 2025). (in Ukrainian).
46. Romaniuk R. and Kyrylenko O. “*Liniia droniv*” : shcho tse take i chy zmozhut 5 pidrozdiliv zupynyty prosuvannia rosiian [“The Drone Line” : What It Is and Whether 5 Units Can Stop Russian Advances]. *Ukrainska pravda* [Ukrainian Truth]. (Accessed: 03 August 2025). (in Ukrainian).
47. *Shcho take BPLA* [What Are Drones]. People Project.com : Vseukrainskyi tsentr volonteriv [Nationwide Volunteer Hub] (Accessed: 03 August 2025). (in Ukrainian).
48. *Na trasi u Zaporizkii oblasti zbuduvaly tunel proty droniv* [Drone-Proof Tunnel Built on Highway in Zaporizhzhia Oblast]. *Ekonomichna Pravda* [Economic Truth]. (Accessed: 03 August 2025). (in Ukrainian).
49. Deep State Map. (Accessed: 03 August 2025). (in Ukrainian).
50. *Zmiievi valy bez taiemnyts* [Serpent's Walls Without Secrets]. *Istorychna Pravda* [Historical Truth]. (Accessed: 03 August 2025). (in Ukrainian).
51. *Istoria krepostei Dnepropetrovshchyny : chast 2* [History of Fortresses in Dnipropetrovsk Region : Part 2]. *Dnipro – novyny mista i rehionu* [Dnipro – City and Regional News]. (Accessed: 03 August 2025). (in Ukrainian).
52. Linija Razdvajanja. Oružje Online. (Accessed: 03 August 2025). (in Croatian).
53. *Proekt “Stina” : Shcho vzhe zbudovano* [The Wall Project : What has already been built]. *Espresso.tv*. (Accessed: 03 August 2025). (in Ukrainian).
54. Iakymchuk I. *Polshcha rozpochala budivnytstvo linii ukriplen na kordoni z Rosiieiu* [Poland Begins Construction of Defensive Line on Border with Russia]. ZAXID.NET. (Accessed: 03 August 2025). (in Ukrainian).
55. Mosov S.P., Khyzhniak V.V., Lytovchenko A.O. and Yadchenko D.M. *Klasyfikatsiia, funktsii ta zavdannia bezpilotnoi aviatsii u sferi tsyvilnoho zakhystu Ukrainy* [Classification, Functions, and Tasks of Unmanned Aerial Vehicles in the Civil Protection Sphere of Ukraine]. *Naukovyi visnyk : Tsyvilnyi zakhyst ta pozhezhna bezpeka* [Scientific Bulletin : Civil Protection and Fire Safety]. No. 2 (12), 2021, pp. 54–68. (in Ukrainian).

Надійшла до редакції: 04.03.2025.

УДК 519.6:628.35

DOI: 10.30838/UJCEA.2312.270425.165.1185

MODELING THE DYNAMICS OF GROUNDWATER IN APPLIED PROBLEMS

TIUTKIN O.L.^{1*}, *Dr. Sc. (Tech.), Prof.*,
BUBNOVA O.A.², *Cand. Sc. (Tech.), Sen. Res.*,
MARKUL R.V.³, *Cand. Sc. (Tech.), Assoc. Prof.*,
MIROSHNYK V.A.⁴, *Cand. Sc. (Tech.), Assoc. Prof.*,
MASHYKHINA P.B.⁵, *Cand. Sc. (Tech.), Assoc. Prof.*

^{1*} Department of Transport Infrastructure, Ukrainian State University of Science and Technologies, ESI “Dnipro Institute of Infrastructure and Transport”, 2, Lazaryana St., Dnipro, 49010, Ukraine, tel. +38 (066) 290-45-18, e-mail: o.l.tiutkin@ust.edu.ua, ORCID ID: 0000-0003-4921-4758

² M.S. Poliakov Institute of Geotechnical Mechanics of the National Academy of Sciences of Ukraine, 2a, Simferopolska St., Dnipro, 49005, Ukraine, tel. +38 (099) 654-44-40, e-mail: bubnova@nas.gov.ua, ORCID ID: 0000-0001-6064-5204

³ Department of Transport Infrastructure, Ukrainian State University of Science and Technologies, ESI “Dnipro Institute of Infrastructure and Transport”, 2, Lazaryana St., Dnipro, 49010, Ukraine, tel. +38 (056) 373-15-53, e-mail: guarangamr@gmail.com, ORCID ID: 0000-0002-7630-8963

⁴ Department of Transport Infrastructure, Ukrainian State University of Science and Technologies, ESI “Dnipro Institute of Infrastructure and Transport”, 2, Lazaryana St., Dnipro, 49010, Ukraine, tel. +38 (097) 828-64-87, e-mail: v.a.miroshnyk@ust.edu.ua, ORCID ID: 0000-0002-8115-0128

⁵ Department of Hydraulics, Water Supply and Physics, Ukrainian State University of Science and Technologies, ESI “Dnipro Institute of Infrastructure and Transport”, 2, Lazaryana St., Dnipro, 49010, Ukraine, tel. +38 (056) 373-15-09, e-mail: gidro_eko@ukr.net, ORCID ID: 0000-0003-3057-9204

Abstract. Problem statement. Forecasting and analyzing groundwater dynamics under anthropogenic impact on aquifers is a pressing issue. This task arises when designing drainage systems for flooded areas, designing water intakes from underground sources, the impact of waste disposal sites on the movement of groundwater, and water leakage from water supply and sewage systems. Anthropogenic impact can affect both groundwater (unconfined aquifers) and confined aquifers. Technogenic impact can occur through a system of wells, leakage of effluents from landfills, infiltration of precipitation, and irrational irrigation. Solving this type of problem requires the use of multifactorial filtration models. **The purpose of the article.** To conduct a comprehensive analysis of mathematical models in groundwater dynamics problems and to identify their advantages and disadvantages. **Conclusions.** The analysis showed that the modern approach to solving groundwater dynamics problems is to use multidimensional filtration equations that take into account changes in the groundwater level (or hydrodynamic pressure in the confined aquifer) over time. These modeling equations take into account water infiltration into underground horizons. The boundary conditions of the modeling filtration equations that ensure the correct formulation of the boundary problem are considered. It is shown that the formulation of specific groundwater dynamics problems (drainage, operation of water intake wells, etc.) is implemented in models by setting “internal” boundary conditions. Applied problems are analyzed where models of unconfined and confined groundwater flow can be used.

Keywords: groundwater dynamics; drainage; underground waste disposal; water supply from underground source; mathematical modeling

МОДЕЛЮВАННЯ ДИНАМІКИ ПІДЗЕМНИХ ВОД В ПРИКЛАДНИХ ЗАДАЧАХ

ТЮТЬКІН О. Л.^{1*}, *докт. техн. наук, проф.*,
БУБНОВА О. А.², *канд. техн. наук, с.н.с.*,
МАРКУЛЬ Р. В.³, *канд. техн. наук, доц.*,
МІРОШНИК В. А.⁴, *канд. техн. наук, доц.*,
МАШИХІНА П. Б.⁵, *канд. техн. наук, доц.*

^{1*} Кафедра транспортної інфраструктури, Український державний університет науки і технологій, ННІ «Дніпровський інститут інфраструктури і транспорту», вул. Лазаряна, 2, 49010, Дніпро, Україна, тел. +38 (066) 290-45-18, e-mail: o.l.tiutkin@ust.edu.ua, ORCID ID: 0000-0003-4921-4758

² Інститут геотехнічної механіки ім. М. С. Полякова НАН України, вул. Сімферопольська, 2а, 49005, Дніпро, Україна, тел. +38 (099) 654-44-40, e-mail: hubnova@nas.gov.ua, ORCID ID: 0000-0001-6064-5204

³ Кафедра транспортної інфраструктури, Український державний університет науки і технологій, ННІ «Дніпровський інститут інфраструктури і транспорту», вул. Лазаряна, 2, 49010, Дніпро, Україна, тел. +38 (056) 373-15-53, e-mail: guarangamr@gmail.com, ORCID ID: 0000-0002-7630-8963

⁴ Кафедра транспортної інфраструктури, Український державний університет науки і технологій, ННІ «Дніпровський інститут інфраструктури і транспорту», вул. Лазаряна, 2, 49010, Дніпро, Україна, тел. +38 (097) 828-64-87, e-mail: y.a.miroshnyk@ust.edu.ua, ORCID ID: 0000-0002-8115-0128

⁵ Кафедра гідравліки, водопостачання та фізики, Український державний університет науки і технологій, ННІ «Дніпровський інститут інфраструктури і транспорту», вул. Лазаряна, 2, 49010, Дніпро, Україна, тел. +38 (056) 373-15-09, e-mail: gidro_eko@ukr.net, ORCID ID: 0000-0003-3057-9204

Анотація. Постановка проблеми. Актуальною проблемою є прогнозування та аналіз динаміки підземних вод при антропогенному впливі на водоносні горизонти. Дана задача виникає при проектуванні систем дренажу підтоплених територій, проектуванні водозаборів з підземних джерел, впливу полігонів відходів на режим руху підземних вод, витоку води з систем водопостачання та каналізації. Антропогенне навантаження може бути як на ґрунтові водоносні горизонти (безнапірний водоносний горизонт) так і на напірні водоносні горизонти. Техногенний вплив може здійснюватися крізь систему свердловин, витоку стоків з полігонів, інфільтрації опадів, нераціонального зрошування. Рішення такого класу задач потребує використання багатофакторних моделей фільтрації. **Мета роботи.** провести комплексний аналіз математичних моделей в задачах динаміки підземних вод та визначити їх переваги та недоліки. **Висновки.** Проведений аналіз показав, що сучасним підходом при рішенні задач динаміки підземних вод є використання багатовимірних рівнянь фільтрації, що враховують зміну рівня ґрунтових вод (або гідродинамічного напору в напірному водоносному горизонті) з часом. Дані моделюючи рівняння враховують інфільтрацію води в підземні горизонти. Розглянуто крайові умови моделюючих рівнянь фільтрації, що забезпечують коректну постановку крайової задачі. Показано, що формулювання конкретних задач динаміки підземних вод (дренаж, робота свердловин системи водозабору тощо) реалізуються в моделях шляхом задання «внутрішніх» граничних умов. Проаналізовані прикладні задачі, де можуть бути використані моделі руху безнапірного та напірного підземного потоку.

Ключові слова: динаміка підземних вод; дренаж; підземна утилізація відходів; водопостачання з підземного джерела; математичне моделювання

Introduction. An important practical task is the study of groundwater dynamics under various types of technogenic load. For practice, it is important to know:

1) the change in groundwater regime during the operation of drainage systems in flooded areas;

2) the change in groundwater dynamics during the underground disposal of industrial waste and the filtration of water from landfills into the underground aquifer;

3) the change in the depth of the aquifer, hydraulic pressure during the operation of wells in water supply systems.

It should be emphasized that due to the specifics of the tasks of this class (the impossibility of seeing the movement of groundwater), an important task is the development of mathematical models. Mathematical models can be used to predict changes in the dynamics of groundwater when operating drainage systems, constructing hydraulic structures, designing water supply systems, etc. For practice, it is very important

to have quick-calculation mathematical models that allow for the rapid determination of the depth of groundwater, the amount of water, and the hydrodynamic pressure in the aquifer under anthropogenic influence. It should also be noted that the method of physical modeling also plays an important role in the field of groundwater dynamics research: based on the data from physical experiments, a number of parameters (coefficient of filtration, porosity, etc.) are determined, which are necessary for conducting computational experiments.

Analysis of publications. The problem of modeling groundwater dynamics is discussed in the scientific works of many authors [1–9]. These works consider the use of empirical models, analytical and numerical models in geomigration tasks. However, for practice, it is very important to have a systematic material regarding existing models of groundwater dynamics, their areas of application, advantages, and disadvantages.

The purpose of the article is to conduct a comprehensive analysis of mathematical

models in groundwater dynamics tasks and to determine their advantages and disadvantages.

Research results. Conducting physical experiments in the field of groundwater dynamics requires significant time. Therefore, considerable attention is paid to the development of mathematical modeling methods. These methods have obvious advantages:

1. Significantly lower economic costs compared to physical experiments.

2. The ability to quickly obtain the necessary forecast data regarding the 'behavior' of the object.

3. The availability of well-developed tools for mathematical modeling of filtration and geomigration processes.

4. When conducting physical experiments, the researcher cannot 'look in' and see how the pollution zone forms in the underground flow (unlike, for example, the formation of pollution areas from industrial discharges), but the use of mathematical modeling allows for the 'visualization' of the shape and intensity of pollution areas in the underground flow.

5. Mathematical modeling allows for the rapid response of groundwater to changes in various parameters: for example, to predict how the level of groundwater pollution will change with an increase in well discharge, etc. This is very important, especially during the design phase.

Within the scientific direction of 'mathematical modeling', the following types of models can be distinguished:

1. Empirical models. This is a group of models that are mainly used for quick solutions to filtration and mass transfer problems. These models take the form of simple algebraic formulas. When constructing empirical models, data from field observations and results from physical experiments are used.

Advantages of empirical models:

- 1) simplicity of computational dependencies (the computational formulas do not contain special functions, such as Bessel functions, no integrals, etc.).

- 2) there is no need to use a computer for applying the models.

- 3) high-qualified personnel are not required for the practical application of models of this class.

Disadvantages of empirical models:

- 1) models can only be applied to the conditions under which the experimental data were obtained, on the basis of which the empirical model was created; applying these models to other conditions requires scientific justification.

- 2) models use a limited number of physical parameters for calculations, so these models do not allow for a sufficiently complete picture of the geomigration process (for example, they do not allow for determining the intensity and shape of the pollution area in the underground flow).

- 3) models may contain parameters that have no physical meaning (how can these parameters be verified then?).

It should be emphasized that empirical models are used in practical calculations to determine some parameters of geomigration (for example, the dispersion coefficient).

Within the framework of modern requirements for the quality of predictive information, the use of empirical models to solve multifactorial geomigration problems is impractical.

2. Analytical models. Analytical models in filtration and mass transfer problems are a powerful research tool. Analytical models are computational dependencies that are exact solutions to the equations of filtration or mass transfer. Various mathematical integration methods are used to obtain such computational dependencies: the method of conformal mappings, the Fourier method, the method of potential flows, etc.

Based on analytical models, a wide range of filtration problems has been solved that arise in the design of hydraulic structures, drainage systems, anthropogenic contamination of groundwater, soil salinization, etc.

Advantages of analytical models:

- 1) since these models are the "exact" solution to the geomigration problem or the filtration problem, they are an "undeniable" mathematical result.

2) an analytical model can be used to verify numerical models.

3) for a number of cases (for example, modeling the operation of a well), the models allow obtaining a satisfactory solution to a real applied problem.

4) models can be used to solve the “inverse” problem – to determine, for example, the intensity of the source of anthropogenic pollution based on experimental data.

5) models can be used to study the “importance” of the influence of a particular physical parameter on the process of filtration and geomigration.

6) models can be applied to solve complex real problems in the absence of sufficient input information at the beginning of the research.

7) obtaining a solution to a predictive problem based on an analytical model, in many cases, does not require the use of a computer.

Disadvantages of analytical models:

1) the computational dependency may contain special functions and integrals, which significantly complicates the practical application of the model.

2) a certain level of user qualification is required.

3) the area of application of analytical models is significantly limited. This is due to the fact that an analytical solution to filtration and geomigration problems can only be obtained by using significant simplifications in the formulation of the problem, for example, by considering only one-dimensional flow. This significantly narrows the range of practical applications of models of this class.

3. Numerical models. Numerical models [10–12] are created by applying various approximate (numerical) methods for solving boundary problems of filtration and geomigration. When solving filtration and geomigration problems, the following numerical integration methods for modeling equations are most commonly used:

1) finite difference methods;

2) finite element method;

3) complex boundary element method (numerical-analytical method).

The use of numerical models in practice is referred to as “numerical modeling”.

A feature of numerical models is that their application necessarily requires a computer, that is, to apply a numerical model, it is necessary to develop computer code (a program for calculations on a computer). This code is a tool in the scientific research conducted. Therefore, users of numerical models are divided into the following groups:

1. Users who cannot develop numerical models and create computer codes based on them, therefore they use ready-made software products, that is, commercial codes (for example, COMSOL code).

2. Users who use commercial codes but can independently develop a computer program that allows them to “refine” the result obtained using the commercial code for a specific situation (for example, a self-developed code that additionally calculates the risk of suffusion in a specific area of groundwater movement).

3. Users who independently develop numerical models and create computer codes based on them (author codes).

In the practice of solving geomigration problems, commercial codes such as MODFLOW and COMSOL are widely used, which implement numerical models of filtration and geomigration.

Advantages of numerical models:

1. The ability to take into account a significant number of physical factors that influence the formation of pollution halos during modeling.

2. A wide working range (the ability to model the dynamics of groundwater and geomigration processes in pressurized groundwater flows, unpressurized, etc.).

3. Significantly less time to obtain predictive data compared to field studies.

4. The model can be used to solve the ‘inverse’ problem – to determine, for example, the intensity of a source of anthropogenic pollution based on experimental data.

Disadvantages of numerical models and commercial codes:

1. When using commercial codes, the user must have a license to use the commercial code in scientific research (i. e., the user must undergo official training).

2. Commercial codes are oriented towards solving a specific class of problems within a particular mathematical model, boundary conditions, and grid. The user cannot independently configure the commercial code to solve a different class of problems.

3. In areas with a large gradient of functions, commercial codes may 'fail', meaning that a solution cannot be obtained.

4. High cost of licensed commercial codes.

5. High qualification of the user is required.

It should be noted that the application of numerical modeling is currently a major trend in solving geomigration problems.

For analyzing the dynamics of groundwater (unpressurized mode), the following equation is used:

$$\mu \frac{\partial h}{\partial t} = kh_m \left(\frac{\partial h^2}{\partial x^2} + \frac{\partial h^2}{\partial y^2} \right) + \sum W_i \delta(x - x_i) \delta(y - y_i), \quad (1)$$

where h – depth of flow; k – coefficient of filtration; μ – water yield; h_m – average depth of flow; W_i – intensity of mineralized water supply to the i -th well; x_i, y_i – coordinates of the well.

Modeling the dynamics of underground flow is carried out in an area that has a rectangular shape. For equation (1) of the dynamics of unpressurized groundwater movement, the following boundary conditions are implemented:

1. At $t = 0$, the depth of the underground flow in the study area is set.

2. At the boundary where the flow enters the study area, the depth value $h = h_1$ is set, where h_1 is the known depth of flow.

3. At the boundary where the flow exits the study area, the depth value $h = h_2$ is set, where h_2 is the known depth of flow.

4. On the lateral sides of the computational area, a boundary condition is implemented, where n is the unit vector of the outward normal to the boundary.

The components of the underground flow velocity are determined based on Darcy's law:

$$u = -k \frac{\partial h}{\partial x}, v = -k \frac{\partial h}{\partial y}, \quad (2)$$

where k – coefficient of filtration.

Numerical methods are used for the numerical solution of the modeling equation (1).

It should be noted that equation (1) can be used to solve the following problems:

1. Determining the depth of flow when the drainage system is operating; in this case, where the well is located that provides groundwater pumping, the depth corresponding to the specific flow rate of the well is set;

Another approach is to set the flow rate W at the location of the well.

2. Analyzing the dynamics of groundwater during the infiltration of contaminated effluents from waste landfills into the aquifer;

3. Studying the regime of groundwater during underground waste disposal.

For analyzing the dynamics of pressurized groundwater, the following equation is used:

$$\frac{1}{a_n} \frac{\partial H}{\partial t} = \left(\frac{\partial H^2}{\partial x^2} + \frac{\partial H^2}{\partial y^2} \right) + \sum W_i \delta(x - x_i) \delta(y - y_i), \quad (3)$$

where a_n – the piezoconductivity coefficient (according to V. Shchelkachov); H – hydrodynamic pressure; W_i – intensity of mineralized water supply to the i -th well; x_i, y_i – coordinates of the well.

Modeling the dynamics of pressurized underground flow is carried out in an area that has a rectangular shape. For equation (3) of the dynamics of pressurized groundwater movement, the following boundary conditions are implemented:

1. At $t = 0$, the hydrodynamic pressure in the study area is set.

2. At the boundary where the flow enters the study area, the value $H = H_1$ is set, where H_1 is the known hydrodynamic pressure.

3. At the boundary where the flow exits the study area, the value $H = H_2$ is set, where H_2 is the known hydrodynamic pressure.

4. On the lateral sides of the computational area, a boundary condition is implemented, where n is the unit vector of the outward normal to the boundary.

The components of the velocity vector of the underground flow are calculated based on Darcy's law.

Numerical methods are used to solve the modeling equation (3). For example, numerical integration of the modeling equation (3) is implemented in the commercial package MODFLOW.

It should be noted that equation (3) can be used in solving the following problems:

1. Determining the hydrodynamic pressure during the operation of the water intake; in this case, where the well is located, the piezometric pressure is set, or the well discharge W is specified.

2. Analysis of groundwater dynamics during underground waste disposal. In this case, where the well is located through which

the discharge is made, the piezometric pressure is set.

Conclusions

1. An analysis of fundamental models of groundwater dynamics has been carried out; their advantages and disadvantages have been identified.

2. Multifactor equations of groundwater movement and boundary conditions of the modeling equations of filtration are presented, ensuring the correct formulation of the boundary problem.

3. Applied problems have been analyzed where models of unconfined and confined groundwater flow can be used.

4. This scientific direction should be further developed in the field of developing fast-calculating numerical models for analyzing groundwater dynamics.

REFERENCES

1. Koshlyakov O.Ye. and Mokiienko V.I. *Praktykum z dynamiky pidzemnykh vod* [Practicum on groundwater dynamics]. Kyiv : Taras Shevchenko National University of Kyiv, 2006, 77 p. (in Ukrainian).
2. Abdollah Taheri Tizro, Behzad Sarhadi and Mohamad Mohamadi. MODFLOW/MT3DMS based modeling of leachate pollution transfer in solid waste disposal of Bahar plain deep aquifer. *Iranian Journal of Health Sciences*. 2018, vol. 6 (2), pp. 11–30.
3. Ger M., Baran O.U. and Irfanog Lu B. Numerical simulation of groundwater contamination. Joint Conference on Water Resources Engineering and Water Resources Planning and Management. 2000, pp. 1–10.
4. Gregorauskas M., Klimas A. and Sleinius. S.A. Computer analysis of groundwater quality and its prediction under complicated boundary conditions. *Lithuania Environment Modeling Technologies*. 1997, pp. 38–49.
5. Nasrin Koohestani, Mehdi Meftah Halaghi and Amir Ahmad Dehghani. Numerical Simulation of Groundwater Level Using MODFLOW Software (a Case Study: Narmab Watershed, Golestan Province). *International Journal of Advanced Biological and Biomedical Research*. 2013, no. 8, pp. 858–873.
6. Sharifa Said Shinoon Al Hashmi. Numerical simulation of groundwater flow and nitrate transport in Wadi Samail catchment : PhD Thesis. Oman : Sultan Qaboos University, 2020, 116 p.
7. Solnik W. and Zajda Z. Computer simulation in design and operation of pit drain systems. *Environment modelling*. 1995, pp. 125–132.
8. Zio S., Lamien B., Beidari M. and Inoussa T. Numerical simulation of pollutant transport in groundwater using deep neural networks informed by physics. *Gulf Journal of Mathematics*. 2024, vol. 16, iss. 2, pp. 315–323.
9. U.S. Geological Survey. MODFLOW-2005, The U.S. Geological Survey Modular Ground-Water Model – the Ground-Water Flow Process. U.S. Geological Survey, 2005, 253 p.
10. Saadu W., Kabiru U. and Garba A.I. Modeling Flow And Fate of Contaminants In Groundwater Using a Version of the Five Steady-State Pollutant Transport Models : a status-review. *Journal of Electronics, Computer Networking and Applied Mathematics*. 2021, no. 1, vol. 1, pp. 1–30.
11. Zehraa B. Masood and Ziad Tark Abd Ali. Numerical modeling of two-dimensional simulation of groundwater protection from lead using different sorbents in permeable barriers. *Environ. Eng. Res.* 2020, vol. 25 (4), pp. 605–613.
12. Zuzevicius A. Models in the hydrosphere monitoring system of the Karst region in Lithuania. *Environment Modeling Technologies. Boundary field problems and computers*. 1997, no. 40, pp. 28–37.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Кошляков О. С., Мокієнко В. І. Практикум з динаміки підземних вод. Київ : Київський національний університет імені Тараса Шевченка, 2006. 77 с.
2. Abdollah Taheri Tizro, Behzad Sarhadi, Mohamad Mohamadi. MODFLOW/MT3DMS based modeling of leachate pollution transfer in solid waste disposal of Bahar plain deep aquifer. *Iranian Journal of Health Sciences*. 2018. Vol. 6 (2). Pp. 11–30.

3. Ger M., Baran O. U., Irfanog Lu B. Numerical simulation of groundwater contamination. *Joint Conference on Water Resources Engineering and Water Resources Planning and Management*. 2000. Pp. 1–10.
4. Gregorauskas M., Klimas A., Sleinius. S. A. Computer analysis of groundwater quality and its prediction under complicated boundary conditions. *Lithuania Environment Modeling Technologies*. 1997. Pp. 38–49.
5. Nasrin Koohestani, Mehdi Meftah Halaghi, Amir Ahmad Dehghani. Numerical Simulation of Groundwater Level Using MODFLOW Software (a Case Study : Narmab Watershed, Golestan Province). *International Journal of Advanced Biological and Biomedical Research*. 2013. № 8. Pp. 858–873.
6. Sharifa Said Shinoon Al Hashmi. Numerical simulation of groundwater flow and nitrate transport in Wadi Samail catchment : PhD Thesis. Oman : Sultan Qaboos University, 2020. 116 p.
7. Solnik W., Zajda Z. Computer simulation in design and operation of pit drain systems. *Environment modelling*. 1995. Pp. 125–132.
8. Zio S., Lamien B., Beidari M., Inoussa T. Numerical simulation of pollutant transport in groundwater using deep neural networks informed by physics. *Gulf Journal of Mathematics*. 2024. Vol. 16, iss. 2. Pp. 315–323.
9. U.S. Geological Survey. MODFLOW-2005, The U.S. Geological Survey Modular Ground-Water Model – the Ground-Water Flow Process. U.S. Geological Survey, 2005. 253 p.
10. Saadu W., Kabiru U., Garba A. I. Modeling Flow and Fate of Contaminants In Groundwater Using a Version of the Five Steady-State Pollutant Transport Models : a status-review. *Journal of Electronics, Computer Networking and Applied Mathematics*. 2021. № 1, vol. 1. Pp. 1–30.
11. Zehraa B. Masood and Ziad Tark Abd Ali. Numerical modeling of two-dimensional simulation of groundwater protection from lead using different sorbents in permeable barriers. *Environ. Eng. Res.* 2020. Vol. 25 (4). Pp. 605–613.
12. Zuzevicius A. Models in the hydrosphere monitoring system of the Karst region in Lithuania. *Environment Modeling Technologies. Boundary Field problems and computers*. 1997. № 40. Pp. 28–37.

Надійшла до редакції: 12.04.2025.

Відповідальність за достовірність інформації, що міститься в друкованих матеріалах,
несуть автори.

Редколегія не завжди поділяє авторську точку зору.

Комп'ютерну верстку виконано в редакційно-видавничому відділі
Українського державного університету науки і технологій, ННІ «ПДАБА»

Адреса редакції:

✉ вул. Архітектора Олега Петрова, 24-а, 49005, Україна, м. Дніпро
кімната 501 (відповідальний секретар)

☎ +38 (050) 452-43-63

e-mail: mitomdnipro1997@gmail.com

Підписано до друку 29.08.2025 р. Формат 60×84 1/8.

Друк цифровий. Умовн. друк. арк. 10,70. Умовн. фарб.-відб. арк. 10,70.

Обл.-видавн. арк. 21,40. Наклад 50 прим. Зам. 216

Authors are responsible for the accuracy of the information
contained in the printed materials.

Editors do not always agree with the author's point of view.

Desktop publishing is performed in the Editorial Department of
Ukrainian State University of Science and Technologies, ESI “PSACEA”.

Editorial address:

✉ room 501 (Executive Secretary)

24-a, Architect Oleh Petrov Str., Dnipro, 49005, Ukraine

☎ +38 (050) 452-43-63

e-mail: mitomdnipro1997@gmail.com

Sent to press on 29 August 2025. Format 60×84 1/8.

Digital printing. Conventional quire 10,70. Conventional colour imprints 10,70.

Publisher's signatures 21,40. Number of copies 50. Order 216