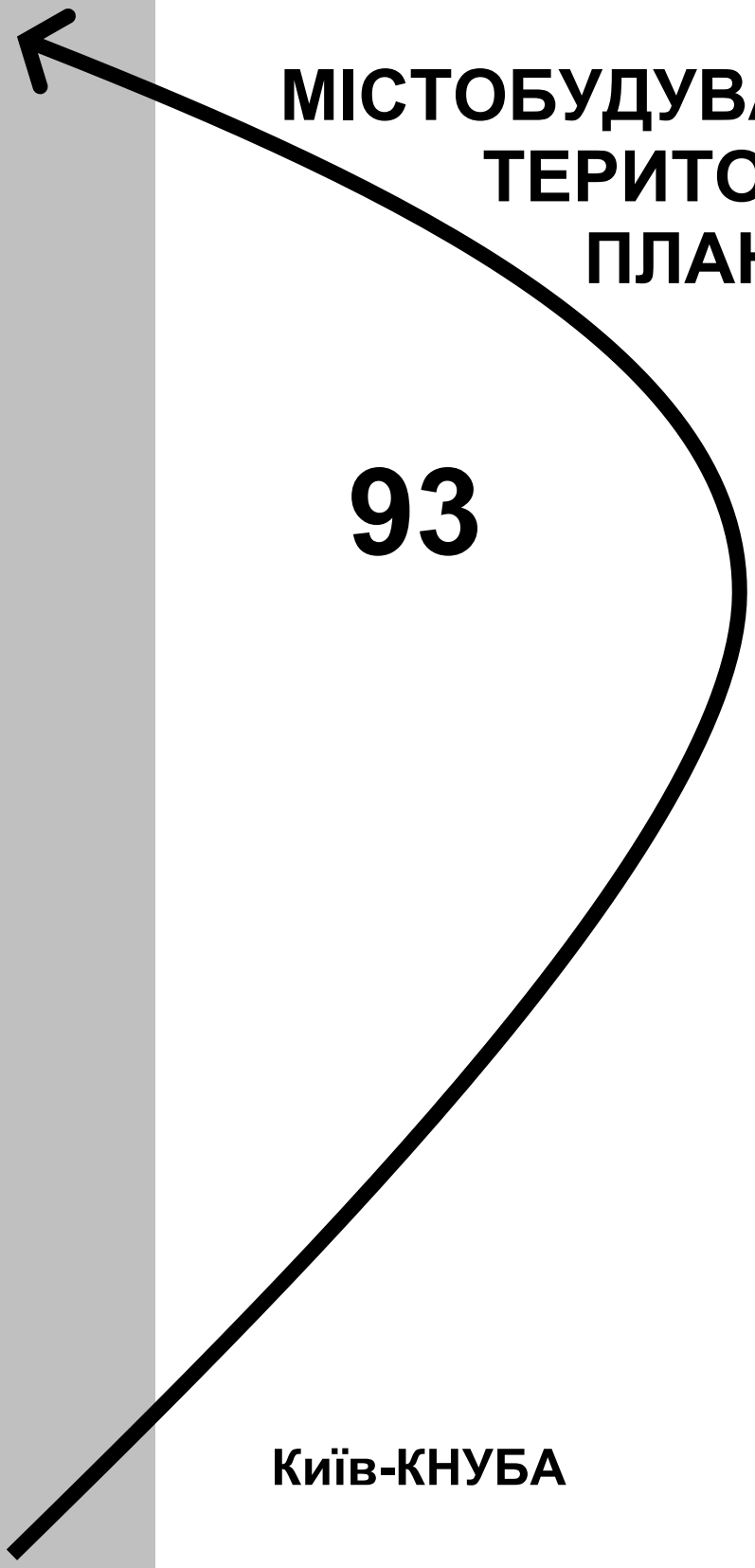
ISSN 2076-815X (print)
ISSN 2522-9206 (online)

МІСТОБУДУВАННЯ ТА ТЕРИТОРІАЛЬНЕ ПЛАНУВАННЯ



93

Київ-КНУБА

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

КИЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
БУДІВНИЦТВА І АРХІТЕКТУРИ

МІСТОБУДУВАННЯ ТА ТЕРИТОРІАЛЬНЕ ПЛАНУВАННЯ

Науково-технічний збірник

Заснований у 1998 році

Випуск №93

Київ КНУБА 2026

УДК 711.11; 711.112

Містобудування та територіальне планування: Наук.-техн. збірник / Головн. ред. М.М. Дьомін. – К., КНУБА, 2026. – Вип. 93. – 753 с.

DOI 93: https://doi.org/10.32347/2076-815x.2026.93

Українською та англійською мовами.

В збірнику висвітлюються інженерні та економічні проблеми теорії і практики містобудування, територіального планування, управління містобудівельними системами і програмами, комплексної оцінки, освоєння, розвитку, утримання та реконструкції територій і житлової забудови, розглядаються нагальні питання містобудівного кадастру, розвитку населених пунктів, їх інженерної та транспортної інфраструктури.

Urban development and spatial planning: Scien.-tech. journal / Chief editor M. Domin. – K., KNUCA, 2026. – Issue 93. – 753 p.

In Ukrainian and English languages.

The scientific journal highlights the engineering and economic problems of the theory and practice of urban planning, territorial planning, management of urban planning systems and programs, comprehensive assessment, development, development, maintenance and reconstruction of territories and residential buildings, considers urgent issues of the urban cadastre, development of settlements, their engineering and transport infrastructure.

Головний редактор - член-кореспондент НАМ України, Народний архітектор України, докт. архітектури, професор Дьомін Микола Мефодійович (КНУБА).

Редакційна колегія:

Заступник голови: кандидат технічних наук, доцент, завідувач кафедри міського будівництва КНУБА Приймаченко Олексій Віталійович;

Відповідальний секретар редколегії: Заслужений працівник освіти України, доцент кафедри міського будівництва КНУБА Чередніченко Петро Петрович;

Члени редколегії:

Габрель М.М. – д.т.н, професор, НУ «ЛП»; Гуцул Т.В. – к.т.н., доцент, ЧНУ ім. Ю. Федьковича; Завальний О.В. – к.т.н., професор ХНУМГ; Карпінський Ю.О. – д.т.н., професор КНУБА; Ковальська Г.Л. – д.арх., професор КНУБА; Кочкарьов Д.В. – д.т.н., професор НУВГП, м. Рівне; Косьмій М.М. – д.арх., професор Івано-франківського університету Короля Данила; Кравчук О.А. – д.т.н., доцент КНУБА; Лященко А.А. – д.т.н., професор КНУБА; Лазоренко Н.Ю. – к.т.н., доцент КНУБА; Малодід О.С. – д.т.н., професор КНУБА; Осиченко Г.О. – д.арх., професор ЗНУ; Плешкановська А.М. – д.т.н., професор УжНУ; Семко О.В. – д,т.н, професор, НУ «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка»; Смілка В.А. – д.т.н., професор, Начальник відділу Департаменту містобудування та архітектури Виконавчого органу Київської міської ради (Київської міської державної адміністрації); Татарчеко Г.О.– д.т.н., професор Східноукраїнського НУ імені Володимира Даля; Яценко В.О. – д.арх., професор КНУБА.

Іноземні члени редколегії:

Лукаш Беднарз - доктор хабілітований, професор Вроцлавського університету науки і технологій, Польща; Павловська Анета – доктор хабілітований, професор, директор інституту історії мистецтв університету Лодзі, Польща.

Рекомендовано до видання вченою радою Київського національного університету будівництва і архітектури, протокол №46 від 28 серпня 2026 року.

На замовних засадах

© Київський національний університет будівництва і архітектури, 2026

DOI: 10.32347/2076-815x.2026.93.3-31
УДК 711.4:72.01

д-р техн. наук, професор **Габрель М.М.,**
mykola.m.habrel@edu.lpnu.ua, ORCID: 0000-0002-2514-9165,
НУ «Львівська політехніка»,
канд. техн. наук, доц**ент Габрель М.М.,**
Uzul@ukr.net, ORCID: 0000-000-298226424,
Київський національний університет будівництва і архітектури,
Форкуца Л.С., liudmyla.s.forkutsa@lpnu.ua, ORCID: 0009-0006-9822-4492,
НУ «Львівська політехніка»

ІНТЕГРАЦІЯ АНТРОПОМЕТРИЧНОГО (ЕРГОНОМІЧНОГО) ТА ПОВЕДІНКОВОГО (ЕРГАТИЧНОГО) В БІХЕВІОРИСТИЧНУ МЕТОДОЛОГІЮ ОБҐРУНТУВАННЯ АРХІТЕКТУРНО-УРБАНІСТИЧНИХ РІШЕНЬ

Обґрунтовано необхідність переходу від традиційного функціонально-нормативного підходу до біхевіористичної методології архітектурно-урбаністичного проектування в умовах сучасних геополітичних, соціальних, просторових та екологічних викликів. Архітектурне середовище розглядається як динамічний простір життєдіяльності, у межах якого формуються поведінкові сценарії, соціальні практики та моделі використання територій. Систематизовано фізичні (антропометричні, ергономічні) та поведінкові (ергатичні, процесуальні) детермінанти, що впливають на сприйняття й використання міських просторів. Розмежовано поняття функцій (відносно статичних характеристик) і процесів як динамічних форм взаємодії людини із середовищем. Запропоновано біхевіористичну модель дослідження міського простору на основі п'яти взаємопов'язаних вимірів: людина (L), функції (F), умови (U), геометрія (G) і час (T). Встановлено, що різноманітність міських просторів підвищує адаптивність середовища, активізує соціальні взаємодії, сприяє залученню різних груп населення та забезпечує гармонійний розвиток міських систем.

Ключові слова: система з поведінкою; архітектурне середовище; біхевіористична методологія; архітектурно-урбаністичні рішення; антропометричні; ергономічні; ергатичні компоненти; соціально-просторові взаємодії; людиноцентричність проєктування середовища життєдіяльності.

Ми ніколи не вирішимо проблем,
якщо застосовуватимемо ті ж методи, що привели до їх появи
Парафраз ідей Ейнштейна.

Вступ. ***Актуальність проблематики.*** Архітектура — це не лише створення естетично-виразних, комфортних і надійних будівель, а складний процес організації простору життєдіяльності людини, в якому поєднуються функціональні (ефективність), конструктивні (надійність), соціальні (комфортність), психологічні (емоційність), культурні (ідентичність) та екологічні (здоров'я) чинники. У сучасному розумінні архітектурне середовище розглядається не лише як функціональна і матеріальна форма, а як простір та інструментарій формування і впливу на поведінку, спосіб життя, соціальні взаємодії та емоційний стан людини. Складність політичних, соціальних, екологічних, технологічних, інформаційних процесів, а також потреба відповідності архітектурно-містобудівних рішень комплексу взаємопов'язаних вимог (бути функціонально доцільним, економічно ефективним, конструктивно надійним, безпечним, психологічно комфортним і художньо виразним) виводять архітектуру й містобудування за межі задач суто функціонального, технологічного й композиційного формоутворення об'єктів і простору, переорієнтовують фахову діяльність на людину, її поведінку, психологічний комфорт, соціальну взаємодію, нематеріальні сутності середовища та якість умов життя й діяльності людини.

Водночас більшість чинних архітектурно-містобудівних документів, наукових досліджень і практик в Україні досі значною мірою ґрунтується на жорстко регламентованих нормативах, усереднених розрахункових показниках і статичних моделях функціонального зонування територій і площ. Такий підхід сформувався в умовах індустріальної й планово-нормативної парадигми містобудування, коли простір розглядався як стабільна, передбачувана й відносно інертна система. Однак сучасні міські процеси дедалі більше характеризуються динамічністю, невизначеністю, нелінійністю, багатофакторністю й високим рівнем контекстуальної залежності, що виявляє обмеженість традиційних функціонально-нормативних підходів в архітектурному й містобудівному проектуванні. Практика просторової організації і розвитку багатьох міст підтвердила, що навіть функціонально, технологічно й композиційно раціональні проектні рішення можуть виявлятися незручними, психологічно й емоційно дискомфортними, екологічно і соціально «нездоровими» для користувачів.

Міське середовище сьогодні визначається не стільки матеріальними формами й планувальними схемами, скільки реальними сценаріями поведінки користувачів, мобільністю населення, часовими коливаннями активностей, а також соціальними процесами і потоками. За таких умов статичне функціональне зонування втрачає здатність адекватно відображати просторову динаміку та призводить до розриву між нормативною моделлю формування і

фактичними процесами використання території. Інтеграція в містобудівну практику емпіричних досліджень і сучасних інструментів аналізу великих баз даних (GIS-систем, GPS-трекінгу, мобільної аналітики, сенсорних мереж та IT-інфраструктур) відкриває можливість переходу до нових просторових знань. У такій парадигмі місто розглядається як вимірювана, спостережувана та частково прогнозована система соціальних взаємодій, поведінки людей і процесів життєдіяльності в міському просторі.

У статті *висловлена гіпотеза*, що основні завдання архітектури й урбаністики розширюються та зміщуються від формування фізичного (матеріального) виміру простору до управління й моделювання процесів, сценаріїв поведінки та умов життєдіяльності людини в середовищі з урахуванням антропометричних (ергономічних) та поведінкових (ергатичних) характеристик, а також соціопсихологічних практик взаємодії людини з простором. Такий підхід передбачає розгляд міського середовища як відкритої системи, в якій просторові рішення мають не лише забезпечувати функціональну ефективність, а й стимулювати соціальну взаємодію, адаптивність, безпеку, психологічний комфорт і різноманітність сценаріїв життєдіяльності для всіх груп мешканців у просторі міст [11; 27].

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Сучасний науковий дискурс у сфері архітектури й урбаністики характеризується переходом до людиноцентричної парадигми [9; 15; 20; 22]. У її межах *антропометричний напрям* розвивається на перетині ергономіки, антропометрії і досліджень особливостей просторового сприйняття, об'єднуючи напрацювання таких дослідників, як А. Шапаніс [13], Г.Дрейфус [14], Б.Гілієр [19] та Дж.Дж. Ґібсон [16]. У цьому підході міське середовище інтерпретується як система, параметри якої формуються з урахуванням антропометричних характеристик людини як бази визначення пропорцій, масштабів і відстаней просторових елементів, що впливають на просторову орієнтацію, характер руху та моделі використання простору, визначаючи базові умови організації процесів життя і діяльності в сучасному місті. Концептуальним етапом розвитку пропорціювання та антропометричного мислення стала система Modulor Ле Корбюзьє [21], що інтегрувала людські пропорції та математичні закономірності у модульну систему масштабності архітектури, а також праці Е. Нойферт [25], який систематизував антропометричні дані у вигляді нормативної бази архітектурного проектування, та Дж. Панеро і М. Зельник [26], котрі деталізували параметри взаємодії людини з внутрішнім простором і функціональними зонами.

Поведінково орієнтований підхід в архітектурі й урбаністиці базується на уявленні про міський простір як систему – процес, що формує й регулює

повсякденні практики користувачів через свої морфологічні та функціональні характеристики [4–5; 11; 14–15]. Його теоретичні витоки пов'язані з працями Р. Баркера [10], К.К. Маркуса й К.Франсіс [23], у яких емпірично доведено взаємозв'язок між просторовою організацією середовища, характером його використання та рівнем соціальної активності й благополуччя, а міський простір інтерпретовано як середовище щоденних сценаріїв поведінки. Розвиток цих положень здійснювався також через концепцію «мови патернів» К. Александера [9], що описує повторювані просторові структури як універсальні модулі організації взаємодії людини із середовищем, та підхід Г. Герцбергера [18], який трактує архітектуру як «сцену для дій», що підтримує різні типи соціальної активності. Методологічне узагальнення поведінкового підходу представлено у працях Я. Гела [15], який систематизував емпіричні методи спостереження міського життя та закономірності використання громадських просторів, заклав основу аналізу міського середовища через реальні моделі людської активності.

Ідеї «нематеріального» в архітектурі й середовищі, а також антропологічні, ергатичні й поведінкові підходи у вітчизняній науковій школі розвиваються у працях М. Косьмія [6], В. Тімохіна [8], М. Дьоміна та М. Габреля [4], інших українських дослідників, які розглядають міське середовище як динамічну систему взаємодії людини, діяльності й простору, де процеси й поведінкові характеристики набувають пріоритетного значення порівняно з функціонально-морфологічними параметрами. Поведінкові аспекти використання міського простору також досліджуються в працях Т. Панченко [7], В. Колбіна [5], де обґрунтовується залежність між просторовою конфігурацією середовища, характером соціальних взаємодій, інтенсивністю потоків та рівнем активності громадських просторів. К. В'яткін розглядає містобудівну систему як ієрархічно організовану структуру взаємопов'язаних елементів різних рівнів, що забезпечують функціонування та розвиток міста як цілісного просторового утворення [2]. Дослідження екологічних аспектів міського розвитку через систему озеленених просторів здійснюють І. Древаль, Л. Рубан та Г. Осиченко [3].

Дослідження, а також світова й українська наукова думка підтверджують формування інтегративної людиноцентричної парадигми в архітектурі та урбаністиці, у межах якої ергономічні (антропометричні), ергатичні (поведінкові), екологічні складові розглядаються як взаємопов'язані рівні аналізу й проектування міського середовища, що в сукупності становлять методологічну основу біхевіористичного проектування, орієнтованого на дослідження й моделювання взаємодії людини, простору й міської діяльності як єдиної динамічної системи – процесу. Водночас недостатньо розкритими

залишаються питання системної інтеграції зазначених складових у єдину методологічну платформу архітектурно-містобудівного проектування формалізації поведінкових закономірностей та їх використання в обґрунтуванні просторових рішень середовищ різного функціонального призначення.

Метою статті є міждисциплінарне обґрунтування біхевіористичної методологічної платформи проектування міського середовища, орієнтованого на людину, її потреби, поведінкові сценарії та умови життя й діяльності, з використанням аналізу просторових і поведінкових процесів, виявлення закономірностей їх взаємодії, а також обґрунтування вимог до формування архітектурно-містобудівних рішень на положеннях антропометричного, поведінкового й діяльнісного підходів.

Методи дослідження. Дослідження базується на інтеграції архітектурно-містобудівних і антропологічно-поведінкових методів, що включають спостереження реальних сценаріїв використання міського простору, аналіз переміщень і потоків, виявлення поведінкових патернів (тривалість перебування, концентрації, вузли й зупинки), а також застосування соціологічних інструментів (опитування, інтерв'ю, фокус-групи). Додатково використано методи просторового моделювання поведінкових сценаріїв, GIS-аналіз та цифрову аналітику мобільності й інтенсивності використання територій. Емпірична перевірка здійснювалася через експериментально-поведінкове тестування тимчасових змін міського середовища з подальшим урахуванням отриманих результатів у проектних рішеннях. Збір емпіричних даних і апробація підходів здійснювалися також у межах навчального процесу під час викладання курсу «Соціальні комунікації в архітектурі та громадському просторі міст» (лекції М. Габрель, практичні завдання Л. Форкуца, М. Габрель).

Виклад матеріалу. ***І. Теоретичні положення біхевіоризму в методології обґрунтування архітектурно-містобудівних рішень.*** Теорія біхевіоризму дозволяє інтерпретувати міський простір через поведінкові реакції користувачів як систему взаємопов'язаних дій, виявляти закономірності його використання та формувати проектні вимоги на основі емпірично зафіксованих моделей поведінки різних груп мешканців. Вона розглядає простір як середовище реалізації сценаріїв життєдіяльності, що проявляються у часі та в динаміці взаємодій, забезпечує перехід від інтуїтивного до доказового проектування, де ключовим критерієм виступає реальна взаємодія людини з середовищем [20; 24]. Методи поведінкового аналізу та аналізу процесів дають змогу визначати вплив просторової структури на характер і інтенсивність процесів і соціальних взаємодій, а також встановлювати умови ефективної реалізації різних типів діяльності в міському середовищі.

Антропометричність (ергономічність) в архітектурі — це принцип і методичні положення проектування, згідно з якими просторові параметри середовища узгоджуються з фізичними характеристиками тіла людини, її рухами, досяжністю, сприйняттям і поведінковими можливостями. Витоки цього підходу пов'язані з уявленням про людину як «міру всіх речей», сформульованим Протагором і розвинутим у працях Вітрувія [1], що обґрунтовували пропорційність архітектури через співвідношення частин людського тіла й закладали основу подальших теорій архітектурної пропорційності. У сучасному сприйнятті антропометричність виходить за межі тілесних розмірів людини та інтегрується в ширшу людиноцентричну методологію проектування, що враховує вікові, соціальні, психоемоційні та інші фізичні й нематеріальні аспекти взаємодії людини із середовищем.

Архітектурна антропологія пропонує дослідницьку платформу для аналізу множини взаємопов'язаних аспектів архітектурної практики, кожен із яких розкриває різні виміри взаємодії людини та середовища і формує уявлення про складну мережу факторів, що визначають просторове буття людини. Традиційно дослідження й проектування зосереджувалися на кінцевих результатах архітектурного проекту, часто ігноруючи динамічний процес сприйняття і використання простору. Сучасна архітектурна антропологія зміщує фокус на процеси формування середовища, простежуючи взаємодію людей, інструментів і технологій, залучених у процеси проектування, використання та утримання експлуатації просторів. Розуміння повсякденних практик фахівців і життєдіяльності мешканців дозволяє глибше зрозуміти, як виникають просторові структури та які чинники формують їх морфологію. Освоєння й організація простору при цьому виходять за межі побуту та функцій перебування, охоплюючи активну взаємодію, адаптацію і трансформацію середовища. Архітектурна антропологія досліджує повсякденні практики життя і діяльності в будівлях, аналізуючи, як користувачі взаємодіють із середовищем і поступово його змінюють. Вивчення побутових практик, ритуалів і просторової динаміки повсякденного життя дозволяє отримати уявлення про життєвий досвід людини та вплив архітектури на якість її життєдіяльності.

Поведінка (ергатичність) — це система знань і практик, що розглядає взаємодію людини з середовищем, а також процес безперервного формування, закріплення й трансформації поведінкових моделей під впливом зовнішніх умов і внутрішнього досвіду. Середовище виступає як система стимулів, підказок і обмежень, що організовують і спрямовують людську поведінку й діяльність через механізми навчання, засновані на повторюваних зв'язках між стимулом і реакцією, які поступово набувають стійкого асоціативного характеру. Важливу роль у формуванні поведінки відіграють наслідки дії, які

виконують функцію регулятора поведінкових стратегій: ефективні моделі закріплюються, а неефективні поступово витісняються або модифікуються. Позитивне підкріплення (отримання бажаного результату, покращення зручності чи комфорту, а також соціальне схвалення) підвищує ймовірність повторення відповідної поведінки людини в подібних умовах. Натомість негативний результат або відсутність очікуваного стимулює пошук альтернативних способів дії. Таким чином, поведінка набуває адаптивного характеру, постійно коригуючись відповідно до змін середовища та досвіду взаємодії з ним. У просторовому й архітектурному вимірі це означає, що організація середовища безпосередньо впливає на формування поведінкових сценаріїв людини, визначаючи, які дії стають типовими, зручними або, навпаки — небажаними чи малоймовірними. Поведінка постає як динамічна система, що одночасно залежить від просторових умов і сама частково їх формує через повторювані патерни використання середовища й взаємодії з ним.

Біхевіористичний підхід до організації й розвитку міського середовища ґрунтується на дослідженні поведінкових реакцій людини на просторові стимули, а також взаємозв'язку характеристик середовища й соціально-психологічних процесів, що визначають вибір дій і форм активності. Міський простір розглядається як система стимулів, подразників і реакцій на них, а також можливостей дії (affordances), які формують, спрямовують або обмежують поведінкові патерни користувачів. Архітектурне середовище постає як активний чинник регуляції поведінки, що впливає на інтенсивність соціальних взаємодій (комунікацій), характер пересування, тривалість перебування людей у просторі, рівень безпеки та комфортності міського середовища. Емпіричний аналіз реальних практик використання простору й поведінкових реакцій користувачів дозволяє досліджувати міську активність через вибір маршрутів, способи використання громадського простору, адаптацію до змін для подальшої оптимізації просторових, соціальних і управлінських рішень. Міське середовище при цьому трактується як система, що формує поведінкові сценарії, соціальні зв'язки і взаємини, а також культурні практики й форми активності, а міський простір розглядається як комплекс стимулів, символічних кодів і значень, які визначають поведінку людини.

Біхевіористична методологія розглядає людину також як носія життєвих практик, фізіологічних параметрів, культурних кодів, соціальних ролей і поведінкових сценаріїв, що формуються у взаємодії її діяльності (активностей) з архітектурним середовищем та водночас впливають на його організацію. Поведінкові прояви інтерпретуються як результат адаптації, навчання та взаємодії з просторовими, соціальними й організаційно-технологічними умовами. Вихідним положенням є вимога відповідності просторової організації

середовища природі людини, її тілесності (діти, особи старшого віку, маломобільні групи), способу життя та діяльності, що забезпечує функціональний і психологічний комфорт, безпеку, здоров'я, соціальну взаємодію та самореалізацію. Архітектурне середовище при цьому постає як система просторових стимулів, що формують або обмежують поведінкові моделі користувачів.

Архітектурно-містобудівні рішення набувають науково-обґрунтованого характеру, базуючись на аналіз антропометричних даних, поведінкових патернів і реальних практик використання простору (функціональне зонування, конфігурація шляхів руху, система візуальних орієнтирів, рівень доступності, умови комфортності та безпеки), впливають на вибір маршрутів переміщення, тривалість перебування, інтенсивність соціальних контактів, особливості використання території та формування поведінкових сценаріїв. Це дозволяє досліджувати взаємозв'язок між просторовою організацією територій і поведінкою (поведінковими реакціями) населення, зокрема вплив щільності забудови, функціонального змішування, транспортної доступності, озеленення й громадських просторів на мобільність, соціальну взаємодію та формування локальної ідентичності. Методологічну основу становлять: спостереження за поведінкою користувачів; аналіз сценаріїв використання середовища; дослідження потоків руху та місць концентрації людей; інтерпретація просторових моделей активності; емпірична перевірка проектних гіпотез; порівняльний аналіз проектних рішень із фактичними процесами та функціонуванням середовища. Такі дослідження дозволяють виявляти просторові бар'єри, конфлікти використання територій, недоліки планувальної структури та визначати напрями їх удосконалення.

Біхевіористична методологія враховує особливості сприйняття, навігації, адаптації та соціальної поведінки людини у просторі, розглядаючи архітектурні й урбаністичні рішення як інструменти формування сприятливих поведінкових моделей, активізації та впорядкування процесів у просторі, розвитку мобільності, інклюзивності, соціальної взаємодії та безпечного функціонування середовища міст. Ефективність рішень оцінюється через їх вплив на реальну поведінку людей.

У межах системного підходу середовище розглядається як багаторівнева структура L–F–U–G–T (людина – функції – умови – геометрія – час), у якій елементи перебувають у постійній взаємодії (табл.) [17]. Архітектура й містобудування в цій системі виконують функцію організації процесів життєдіяльності через узгодження в часі методологічних, фізіологічних, поведінкових компонентів та діяльності. Методологічно біхевіористичний підхід зміщує фокус з питання морфології середовища на питання процесів і реальної

поведінки користувачів. Це формує три взаємопов'язані складові аналізу: антропометричний (ергономічний), ергатичний (поведінковий) і діяльнісний (реальної активності), які в сукупності визначають архітектурну та урбаністичну діяльність як динамічну систему регуляції, формування й моделювання людської активності.

Таблиця.

Подвійні взаємодії вимірів простору у біхевіористичній методології

	Людина L	*Функція F*	*Умови U*	*Геометрія G*	*Час T*
1	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**
Людина L	**антропометричні параметри (тіло, рух, ергономіка); когнітивні схеми; поведінкові звички; соціально-культурні патерни**	рольові сценарії поведінки (користувач); інтенсивність активностей; рівень залучення в просторові практики	сприйнятливість до стимулів; реакція на безпеку/ризик; чутливість до комфорту/стресу	масштаб «тіло–простір»; досяжність; навігаційна зрозумілість; інтуїтивність середовища	добові/життєві ритми; адаптація поведінки; зміни активності в часі
Функція F	залученість у діяльність; поведінкові моделі; навантаження; когнітивна складність дій	**структура сценаріїв поведінки (рух, взаємодія, перебування, комунікація); частота повторення дій; сценарна насиченість середовища**	тригери активності (події, сервіси доступності); мотиваційні чинники; обмеження поведінки	функціональна організація простору; «підказки» для дії; зонування сценаріїв	сезонність сценаріїв; циклічність використання; пікові навантаження
Умови U	комфортність; безпека, ризик; стресостійкість; адаптивність поведінки	ймовірність вибору сценарію; зміна поведінки під впливом умов; відмова/ активація дій	**поведінкові тригери середовища: світло, шум, щільність людей, мікроклімат, соціальний контроль**	якість affordance (запрошення до дії); бар'єри/ прохідність; прозорість/ читабельність простору	інтенсивність впливу умов у часі; тривалість ефектів у середовищі
Геометрія G	тілесна масштабність; навігаційна поведінка; траєкторії руху; просторові навички	просторові сценарії (маршрути, зупинки, взаємодії); поведінка в вузлах/ переходах	просторові стимули (вузли активності, межі, пороги, переходи); контроль доступу	**структура affordance-простору: відстані, щільність, проникність, видимість, ієрархія маршрутів**	зміна поведінкових потоків у часі; динаміка використання простору

1	2	3	4	5	6
Час T	зміни поведінки впродовж життя; адаптація до міста; формування звичок	еволюція сценаріїв; навчання поведінці; рутинізація дій	зміна стимулів у часі (події, політика, середовище); ефект повторення	трансформація просторових сценаріїв; реновація середовища; зміна affordance-структур	**поведінкові ритми: добові цикли, сезонність, довготривалі тренди**

У межах цієї методологічної платформи змінюється логіка організації (проектування) та дослідження міського середовища, що переходить від статичного опису простору до аналізу процесів у просторі та часі, а також в реальних сценаріях використання (рис. 1).

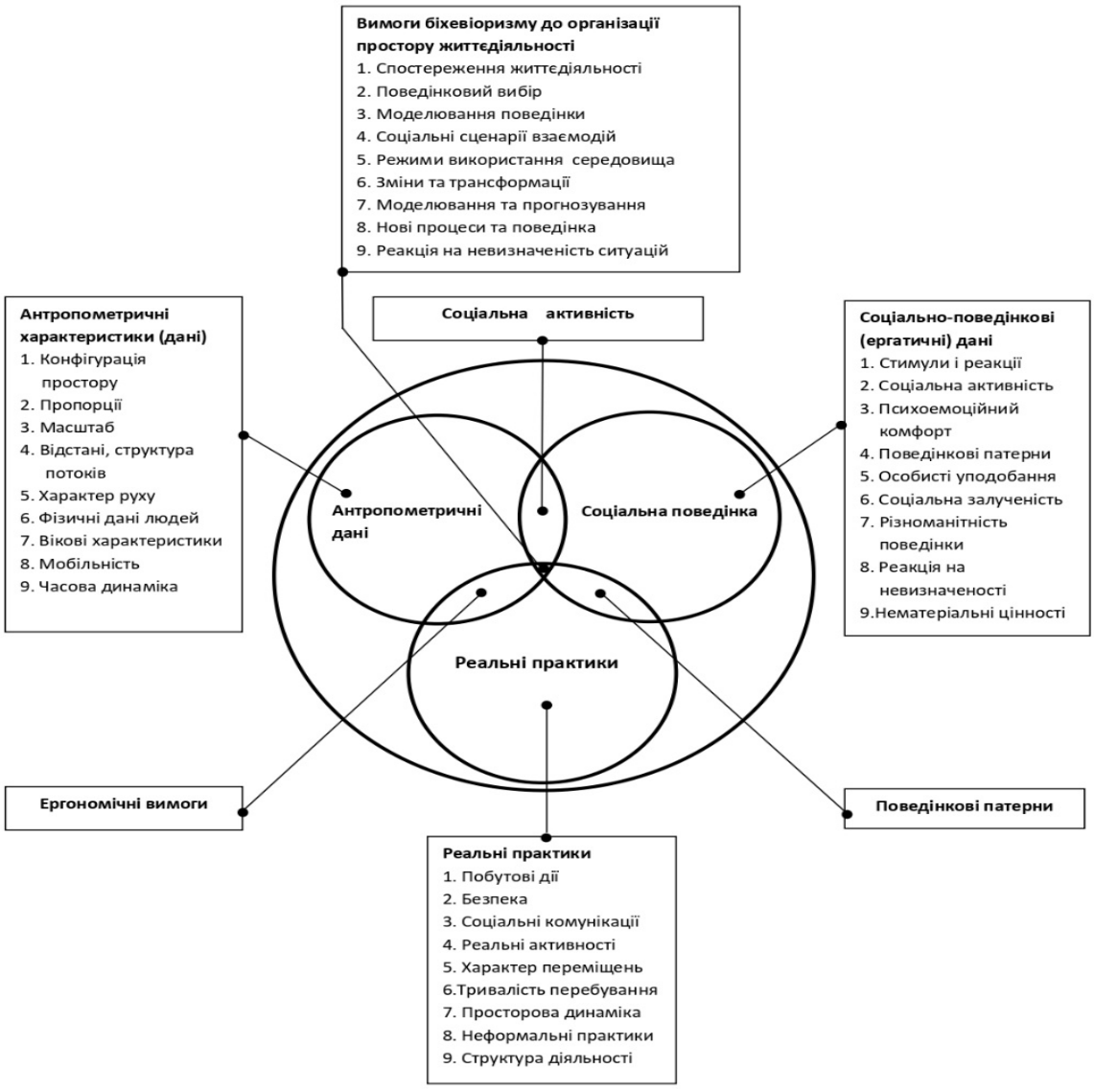


Рис. 1. Біхевіоризм в гармонізації простору, його конфігурації та характеристик

Зокрема:

1) *пріоритету поведінки, ергономічності та процесів у системі над формою та морфологією простору,* що передбачає фундаментальне зміщення акцентів у архітектурно-містобудівному проектуванні від нормативно-функціональної логіки до поведінково-сценарного моделювання. Вихідною точкою проектного мислення виступає умова, що організацію простору визначають реальні процеси і поведінка людини, її дії, взаємодії, способи життєдіяльності і використання середовища. Архітектурне середовище постає як система, що формується навколо сценаріїв поведінки користувачів: пересування, тривалості перебування, комунікації, відпочинку, праці, рекреації. Відповідно, простір проектується як «матриця можливих дій, подій, взаємодій і поведінки», у якій кожен елемент середовища (вхід та перехід, площа, вузол і межа, внутрішня, зовнішня й стикова складові тощо) оцінюється через їх здатність підтримувати, спрямовувати чи трансформувати поведінку людини. Форма при цьому змінює статус і зміст – із первинної детермінанти рішення набуває похідного характеру. Вона постає як результат узагальнення й просторової артикуляції поведінки та процесів, що відбуваються в середовищі, перетворюється із мети (самоцілі) в матеріалізовані проекції людської метрики, поведінки й активності;

2) *сценарного моделювання простору,* що ґрунтується на розумінні архітектурного середовища як системи організованих і потенційних сценаріїв людської поведінки в процесах життєдіяльності. Ключовою одиницею проектування стає не функціональна зона чи композиційний об’єкт (елемент), а сценарії поведінки та дій людини, послідовність процесів у середовищі й часі. Середовище розглядається як багаторівнева сценарна структура, що включає сценарії: повсякденні (рутинні процеси, переміщення, робота, навчання, побутова активність); ситуативні (події, зібрання, тимчасові й локальні активності, сезонні зміни використання простору); транзитні (орієнтовані на зовнішні та сценарії переміщення, зв’язки між вузлами подій, потокові процеси); неформальні (спонтанні взаємодії, альтернативні способи використання простору, «нематеріальні» відносини й поведінка користувачів). Простір при цьому проектується як система можливих дій і взаємодій, де кожен його елемент виконує «сценографічну» роль, що або активізує, або обмежує певні моделі поведінки;

3) *поведінкової детермінації функцій*, що обумовлює переосмислення традиційного розуміння функцій і функціонального підходу в архітектурі та містобудуванні, у межах якого функція розглядалася як наперед задана й стабільна характеристика простору (призначення чи використання території). Поведінкова детермінація функцій забезпечує перехід до виокремлення та

аналізу функціональних характеристик середовища, які визначаються реальними процесами життєдіяльності людини і набувають динамічного, змінного характеру, адаптуючись до трансформації моделей використання простору. Такий підхід змінює логіку функціонального зонування: замість жорсткого поділу територій за фіксованим призначенням (житлова, громадська, рекреаційна, транспортна) увага переноситься на виділення та аналіз: інтенсивності (сили функцій) і характеру людської активності; структури дій, потоків і переміщень; тривалості процесів і перебування людей у просторі; сценаріїв соціальної взаємодії; неформальної практики використання середовища; за «перетином» різних типів міських процесів і подій;

4) *просторових афордансів,* в основі яких знаходяться положення, що архітектурне середовище не є нейтральною фізичною оболонкою, а виступає системою можливостей дій і поведінкових підказок, які простір надає людині. Поняття «affordance», введене Дж.Ґібсон у межах екологічної психології [16], означає сукупність потенційних дій, які середовище «дозволяє», «підказує», стимулює або обмежує залежно від його характеристик, а також особистих якостей користувача. Афорданси охоплюють ландшафтні, процесуальні, візуальні й поведінкові характеристики (можливості) простору, формуючи особливості взаємодії людини із ним. Архітектурне середовище постає як активна система стимулів, яка не лише задає умови використання, а й формує сценарії поведінки, впливає на вибір дій, траєкторії переміщень та інтенсивність соціальних контактів. Відповідно, якість середовища визначається не лише його композиційними формами чи функціональними характеристиками, а насамперед здатністю створювати множинність і різноманітність потенційних сценаріїв життєдіяльності — забезпечувати орієнтацію, доступність, соціальну взаємодію, змінність, безпеку і психоемоційний комфорт. Це положення дозволяє розглядати архітектуру й архітектурне середовище як формування можливостей людини для життєдіяльності, соціальної взаємодії та самореалізації;

5) *динамічної гнучкості й адаптивності середовища*, що ґрунтується на розумінні архітектурно-містобудівного простору як відкритої динамічної системи, яка постійно змінюється під впливом соціальних, економічних, технологічних і демографічних процесів. Архітектурне середовище постає не як завершена й незмінна структура, а як гнучка система, що здатна адаптуватися до змін потреб людини, сценаріїв життєдіяльності, процесів та умов проживання в місті. Відповідно, архітектурно-містобудівні рішення орієнтуються на змінність соціальних процесів і повинні забезпечувати здатність простору до трансформації з урахуванням змін поведінкових моделей, мобільності й способу життя населення. Адаптивність як здатність середовища

реагувати на невизначеність і змінність (підтримувати різні сценарії використання простору; трансформувати функціональну структуру без втрати цілісності; реагувати на зміни поведінки користувачів; інтегрувати нові соціальні й технологічні процеси; змінювати режими використання середовища залежно від часу чи характеру активності) стає однією з ключових характеристик якості архітектурного простору міст;

6) *ергатичної узгодженості*, що розглядає середовище як гіперскладну систему взаємодій вимірів L – F – U – G – T («людина – функції – умови – геометрія – час»), спрямовану на координацію та активізацію взаємодій між різними вимірами (процесами життєдіяльності). У цій системі простір забезпечує інтеграцію й узгодження потоків, комунікацій і режимів використання середовища, включаючи потреби людини, сценарії діяльності, просторову структуру та інженерно-транспортну мережу, а також часові режими процесів і функціонування.

Таким чином, простір у біхевіористичній методології розглядається як система вимірів і взаємодій, що формують спосіб життя, поведінку та психологічний стан людини. Якість середовища життєдіяльності відображає властивості й характеристики: фізичного комфорту (мікроклімат, освітлення, акустика, ергономіка); просторової безпеки й «зрозумілості» середовища; доступності й безбар'єрності; можливості для соціальної взаємодії й комунікації; соціопсихологічного комфорту чи рівня стресу; ідентичності, семантичності та емоційного у сприйнятті місця; екологічної якості середовища; адаптивності простору до різних груп населення та моделей поведінки. Особливого значення набувають взаємозв'язки між організацією простору та психоемоційним станом людини. Це утверджує нову систему критеріїв оцінки архітектурно-містобудівних рішень, де головною цінністю виступає людина, її добробут, якість і умови життя, а також гармонійність взаємодій вимірів середовища життєдіяльності. Реалізація вимог гармонійності та якості можлива через: аналіз потреб різних груп користувачів; обґрунтованість поведінкових сценаріїв використання простору; дослідження психологічного сприйняття середовища; інтеграцію критеріїв інклюзивності, безпеки й добробуту в процес проектування; формування різноманітності і соціальної активності громадських просторів.

Запропоновані положення методології біхевіоризму формують перехід до інтегрованого, міждисциплінарного й людиноцентричного підходу, у межах якого ключовим критерієм оцінки виступають процеси життєдіяльності у міському середовищі та рівень його адаптивності до змінних сценаріїв поведінки користувачів. Концептуально визначаються три взаємопов'язані методологічні зсуви: а) *від об'єкта до процесів і поведінки* — пріоритет надається емпірично фіксованим моделям використання середовища,

просторовим практикам і сценаріям взаємодії користувачів із простором; б) *від функції до поведінкових патернів* — функціональна типологія змінюється до класифікації за критеріями: просторової активності; траєкторій руху; концентрацій подій; зон взаємодії; конфлікту потоків; неформальних практик освоєння простору; в) *від статичної до динамічної (сценарної) моделі* — середовище інтерпретується як динамічна й часово змінна система–процес, що перебуває у безперервній взаємодії з користувачами та адаптується відповідно до інтенсивності й структури активності. Перехід від функціонально-нормативного й протокольного за формою обґрунтування рішень і проектування до методології біхевіоризму як ергономічних (антропометричних), поведінкових (ергатичних) та діяльнісних (реальної активності) методів розглядає архітектуру як інструмент організації процесів життєдіяльності, соціальних взаємодій, психоемоційного комфорту та адаптивного (сценарного) розвитку середовища. Реалізація методології біхевіоризму базується на емпіричних даних про реальне функціонування простору, включаючи патерни мобільності, зони концентрації, точки тяжіння, структуру потоків та перебування (транзитне, короткочасне, рекреаційне, соціальне тощо). У цій логіці міський простір інтерпретується як система поведінкового вибору, стимулів і реакцій, соціальних сценаріїв взаємодії, що формуються під впливом просторової конфігурації та часової динаміки процесів у місті.

Ключовим у зазначених інструментах є фіксація, моделювання та прогнозування поведінки користувачів у міському середовищі, які дозволяють визначати просторові патерни та умови, що впливають на інтенсивність соціальної взаємодії, характер переміщень, тривалість перебування, рівень залученості до формування комфортності простору. Методично інструментарій біхевіоризму включає поєднання кількох взаємодоповнювальних кроків: 1) емпіричне спостереження та картографування, що забезпечує фіксацію реальних ситуацій використання простору, маршрутів руху, зон концентрації та місць активності; 2) науково-аналітичне моделювання, яке включає GIS-аналіз, аналіз інтенсивності використання середовища й потоків руху в різні часові періоди та на перспективу; 3) соціально-поведінкові дослідження, що охоплюють опитування, інтерв'ю та фокус-групи для виявлення мотивацій і суб'єктивних чинників і оцінок; 4) наукового обґрунтування й творчого пошуку, а також прийняття рішень за участі користувачів; 5) поведінкове тестування, що передбачає тимчасові й локальні просторові інтервенції для перевірки гіпотез проектних рішень щодо зміни поведінки користувачів у реальному середовищі (пост-оцінка), які дозволяють порівнювати проектні припущення з реаліями використання простору. Це створює замкнений цикл

зворотного зв'язку між проектуванням, реалізацією та використанням міського середовища.

ІІ. Приклади дослідження поведінки соціуму у вибраних фрагментах простору Львова. Дослідження, виконане за участі студентів у межах курсу «Соціальні комунікації в архітектурі та громадському просторі міст», базується на інтеграції методів, зокрема: спостереження, аналіз потоків, інтерв'ю, опитування та фокус-групи, а також інструментів GIS-аналізу й цифрової аналітики мобільності, просторової щільності та характеру використання територій, а також просторового моделювання. Додатково застосовано експериментально-поведінковий метод, що передбачає тимчасові «тестування» трансформації міського середовища для верифікації користувацьких реакцій і подальшої інтеграції результатів у проектні рішення. Емпіричні «тестування» спрямовані на оцінку інтенсивності та якості використання громадських просторів, формування комфортних умов перебування різних соціальних груп, мінімізацію конфліктів між пішохідними, велосипедними й транспортними потоками, стимулювання соціальної взаємодії, запобігання формуванню «мертвих зон» і просторової деградації, а також підвищення рівня безпеки, відчуття залученості й «привласненості» простору користувачами.

Сквер по вул. Івана Мазепи (рис. 2) розташований у структурі щільної багатоповерхової житлової забудови північного району м. Львова та є елементом локальної системи відкритих громадських просторів мікрорайонного рівня. Простір має витягнуту лінійну конфігурацію (приблизно 400 м завдовжки та 80 м завширшки), формуючи безперервний зелений коридор між житловими будинками площею близько 1,2–1,3 га. Така морфологія забезпечує високу пішохідну проникність і інтенсивне повсякденне використання території як транзитного й рекреаційного середовища. Просторова структура скверу характеризується функціональною змішаністю та багатофункціональністю. Тут фіксуються регулярні практики короткотривалого відпочинку, дитячої ігрової активності, міжособистісної взаємодії, а також інтенсивні пішохідні потоки між житловими будинками, зупинками громадського транспорту й об'єктами обслуговування. У поведінковому вимірі сквер функціонує як простір повторюваних маршрутів і усталених сценаріїв руху, що формуються конфігурацією входів до житлових будинків, найкоротшими зв'язками та візуально читабельними напрямками. Композиційна організація має відкритий характер із чергуванням озеленених ділянок, пішохідних осей і локальних вузлів активності. Важливою особливістю є співіснування формалізованих маршрутів із неформальними «слідами руху», що виникають як поведінкова адаптація простору до фактичних траєкторій переміщення користувачів і свідчать про його динамічну

корекцію під впливом щоденного використання. Додатково простір виконує функцію соціальної регуляції поведінки: ступінь відкритості, оглядовість, наявність активних фасадів, взаємна видимість користувачів формують відчуття безпеки й впливають на тривалість перебування. В умовах високої щільності забудови та дефіциту рекреаційних територій сквер слугує буферною зоною між приватним житловим і міським громадським середовищем, акумулюючи повсякденні поведінкові практики різних груп населення.

Нами сквер розглядався як поліфункціональна поведінкова система просторових стимулів і поведінкових реакцій користувачів, де конфігурація маршрутів, розміщення елементів благоустрою, ступінь відкритості й візуальна проникність безпосередньо впливають на поведінку і сценарії перебування користувачів. Простір одночасно виконує функції переміщення, короткочасного відпочинку та соціальної взаємодії, що зумовлює поєднання транзитної й рекреаційної поведінки мешканців. Він одночасно обслуговує дітей, молодь, працездатне населення та людей старшого віку, що потребує врахування вимог антропометричності, інклюзивності й предметного дизайну. Виявимо стійкі моделі поведінки простору та «точки напруження» між ними:

1) транзитний сценарій (рух через простір) домінує головно в ранкові й вечірні години пік (сквер функціонує як скорочений пішохідний коридор між житловими будинками, зупинками транспорту та об’єктами повсякденного обслуговування). Поведінка користувачів у цьому сценарії є цільовою, швидкою, з мінімізацією затримок. Саме тут найчіткіше проявляються «природні траєкторії руху», які часто не збігаються з формально запроектованою мережею доріжок;

2) рекреаційно-відновлювальні процеси (короткий відпочинок) характерні для денного періоду й вихідних (простір використовується для коротких пауз, сидіння на лавках, перебування в тіні, неформального спілкування і відновлення сил). Поведінка є розсіяною, уповільненою, залежною від якості локального місця (тінь, тиша, оглядовість, комфортність покриттів). Критично важливим є баланс між транзитом і «зонами затримки»;

3) соціально-комунікативні процеси (взаємодія) формуються у точках тяжіння — біля дитячих майданчиків, лавок, розширень пішохідних маршрутів. Тут виникають короткі розмови, зустрічі мешканців, спонтанні групові взаємодії. Особливо важливим стає компенсаційне озеленення, оскільки зниження рівня озеленення здатне знизити привабливість місць соціальної взаємодії, скоротити тривалість перебування користувачів і послабити рекреаційну функцію простору. Це «соціально чутливі» елементи, які залежать від візуальної відкритості, безпеки й контрольованості простору;

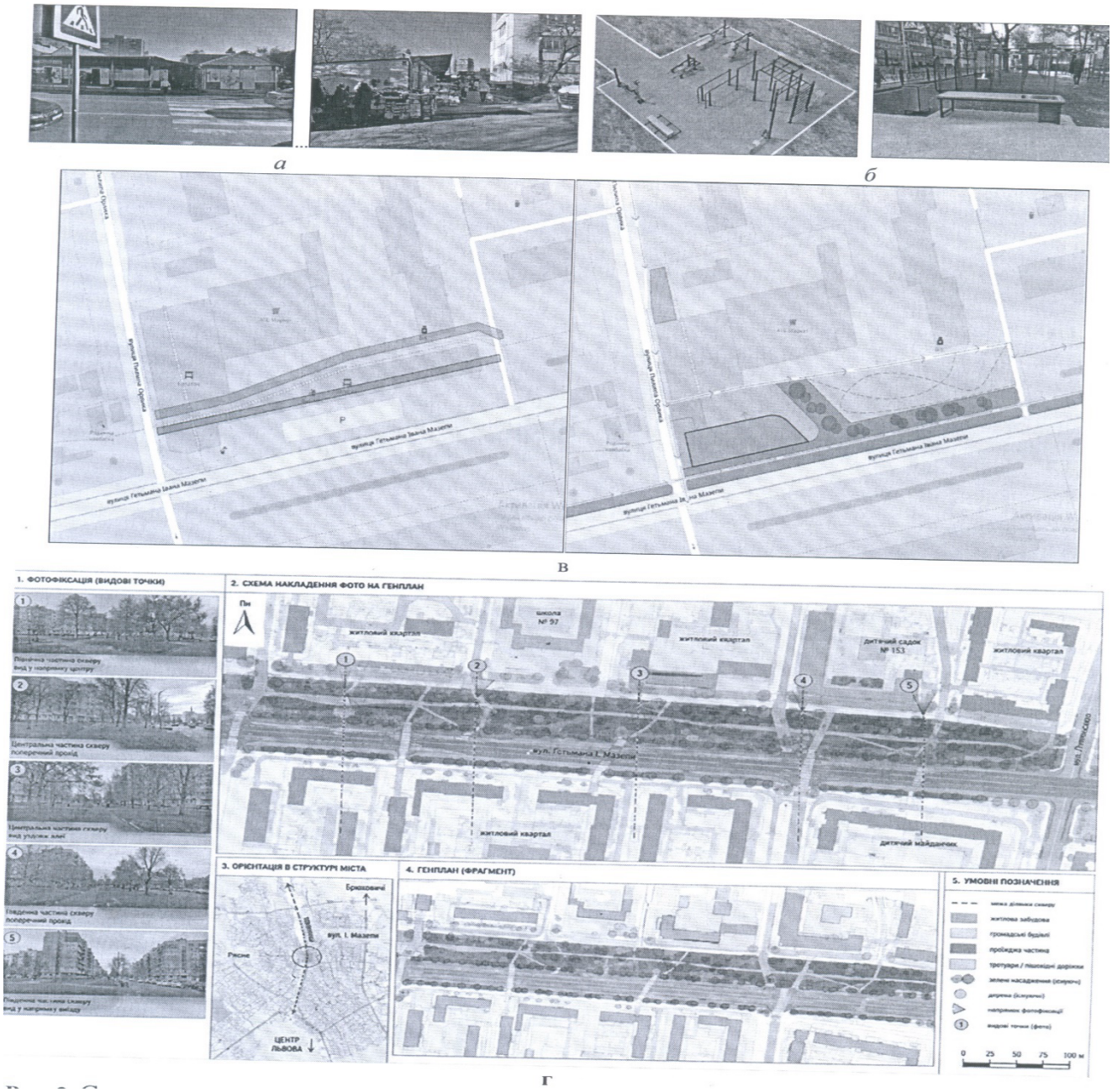


Рис. 2. Сквер по вул. Івана Мазепи (Шевченківський район м. Львова): а – серед проблем транспортне навантаження, функціональна невизначеність простору; б, в – серед вирішень проблем комплексна ревіталізація простору, збереження балансу транспорту і пішоходів, компенсаційне озеленення (нові дерева, сквери поблизу); г – використання сучасних інструментів аналізу даних

4) ігрова й дитяча активність концентрується в локалізованих безпечних зонах, де простір має бути гнучким, відкритим до різних сценаріїв використання, безпечним і візуально контрольованим, доступним для дітей різного віку й фізичних можливостей. Поведінка дітей має високу варіативність, спонтанність і нелінійність, що формує «хаотичну» поведінку й «непередбачувані» траєкторій руху. Для дорослих, які супроводжують дітей, такий простір одночасно виконує функції нагляду, контролю безпеки та

соціальної взаємодії, створюючи умови для неформального спілкування й формування локальних соціальних зв'язків;

5) фізичні активності (рух, спорт, прогулянки), які проявляються у вигляді бігу, вигулу собак, активних прогулянок і повсякденних переміщень, «прив'язані» до безперервних маршрутів із мінімальною кількістю бар'єрів і перешкод. Важливими є протяжність маршрутів, візуальна перспектива, ритм процесів у просторі та якість покриття пішохідних шляхів;

6) «тихого перебування» (індивідуальної рекреації), що передбачає усамітнення, читання, спостереження за оточенням і короткочасний відпочинок без активного соціального залучення. Такі процеси і поведінка потребують напівізольованих зон, периферійного розміщення місць відпочинку, візуального комфорту та захисту від інтенсивних потоків руху й шумового навантаження;

7) конфліктно-накладені сценарії (перетин поведінок) формуються у вузлах перетину транзитних, рекреаційних, комунікативних, ігрових та ін. практик. Тут можливі просторово-поведінкові конфлікти, пов'язані з різною інтенсивністю руху, рівнем шуму, потребами в безпеці, контролі та усамітненні. Аналіз таких вузлів дозволяє виявити ступінь відповідності планувальної структури реального використання простору та визначити сценарії (напрями) вдосконалення.

У підсумку, сквер по вул. Івана Мазепи доцільно трактувати як простір багатошарової поведінки, де одночасно реалізуються транзитні, рекреаційні, комунікативні, ігрові та рухові практики різних груп користувачів. Якість такого простору визначається ступенем упорядкованості, функціональним наповненням та здатністю узгоджувати й розділяти різні типи активностей у часі та просторі. Його вдосконалення передбачає насамперед формування адаптивної просторової системи, здатної гнучко підтримувати різні поведінкові сценарії та зменшувати їх конфліктність у межах єдиної міської структури.

Інші приклади просторів, процеси в яких нами аналізувались, подано на рисунку 3.

III. Архітектурно-містобудівні інструменти тестування та моделювання міського середовища на біхевіористичних положеннях. Біхевіористична методологія обґрунтування архітектурно-містобудівних рішень ґрунтується на розумінні, що архітектура визначається та формує поведінкові моделі, впливає на соціальні контакти, психологічний стан, відчуття безпеки й ідентичності, а також якості життя й діяльності людини. Особливого значення набувають інструменти поведінкового моделювання й експериментального тестування, що дозволяють оцінювати не лише ергономічні характеристики середовища, а й реальні сценарії його використання. Такий підхід забезпечує

перехід до емпірично верифікованої оцінки характеристик процесів, подій і взаємодії «людина – простір – поведінка».



Рис. 3. Приклади інших просторів, в яких аналізувались процеси

Деталізуємо інструментарій поведінкового моделювання та тестування впливу міського середовища на користувачів.

1. «Налаштування» *просторової морфології середовища* та процесів поведінки мешканців, що діє через структуру можливостей, сприйняття й досвід користувача у використанні простору. Вони визначають не форму як таку, а систему потенційних дій — напрями руху, зони зупинок, інтенсивність взаємодій і характер використання простору. Ключовим стає характер процесів і зв'язків (конфігурація маршрутів задає інтенсивність потоків та соціальних контактів, формуючи структуру між відкритістю й контрольованістю), на основі чого вибудовується ієрархія просторів — від громадських до приватних,

забезпечуючи логічні переходи, поведінку і впорядкованість процесів. Конфігурація маршрутів і вузлів визначає також динаміку руху: прямі осі стимулюють транзит, ускладнені траєкторії та локальні розширення сприяють зупинкам і взаємодії. Масштаб і пропорції просторів впливають на відчуття безпеки й орієнтацію — людиновимірні, структуровані середовища підтримують активність, тоді як надмірно великі чи монотонні – демотивують активність і знижують залученість мешканців до перебування в просторі. Морфологічна різноманітність і візуальна «проникність» середовища стимулюють активність і комфорт, а багатовимірна організація простору дозволяє поєднувати різні процеси й сценарії поведінки в межах однієї локації. Якість рішень може бути обґрунтована методами моделювання процесів, поведінкових карт, що дає змогу прогнозувати процеси та сценарії використання простору на етапі проектування. Відповідно, архітектура діє не директивно, а ймовірнісно, тестуючи та формуючи поле можливостей, у межах якого користувач обирає найбільш органічні для себе сценарії поведінки.

2. *Моделювавання процесів* в часі як інструменту формування поведінкових сценаріїв через організацію та тестування просторово-поведінкових структур середовища. Акцент зміщується зі звичного розміщення функцій (функціонального зонування) на системну інтеграцію процесів, рівень взаємозв’язків і здатність генерувати множинні моделі поведінки та використання простору в часі. Функція розглядається не як фіксована характеристика об’єкта чи території, а як сценарна програма дій, що активується користувачем або просторовим контекстом. Архітектурне середовище проектується як система потенційних сценаріїв його використання, а не як сукупність жорстко закріплених функціональних зон і елементів. Це забезпечує перехід до адаптивної просторової моделі, здатної змінювати характер, інтенсивність діяльності і процесів у часі. Важливим є їх змішування й накладання, коли в межах одного простору поєднуються різні активності (транзит, перебування, робота, дозвілля, сервіс), що визначає інтенсивність використання середовища, його часову варіативність та соціальні взаємодії. Гнучкість простору забезпечується можливістю трансформації без капітальної перебудови — через мобільні елементи, змінні конфігурації й багатофункціональні площі. *Темпоральне моделювання* дозволяє одному простору виконувати різні функції залежно від часу доби, події чи сезону, забезпечуючи ефективніше використання просторового потенціалу. Регулювання щільності та активностей здійснюється через формування центрів тяжіння та системи взаємопов’язаних просторів і маршрутів. Інструменти сценарного моделювання (аналіз потоків користувачів; дослідження поведінкових патернів; GIS-аналіз, цифрова аналітика мобільності; тестування (симуляція) просторових

змін) дозволяють ще на етапі проектування оцінювати гармонійність просторової організації. У результаті архітектурне середовище розглядається як відкрита адаптивна система, здатна формувати множинні сценарії поведінки залежно від контексту, часу та потреб користувачів.

3. *Картографування даних та агрегація поведінки* як базовий інструмент аналізу процесів взаємодії «людина – простір – процеси поведінки» дозволяє фіксувати реальні сценарії використання міського середовища в часово-просторовій динаміці. Метод ґрунтується на систематизованому спостереженні та кодуванні поведінкових дій, що забезпечує перехід від описових оцінок до кількісно вимірюваних показників і узагальнення просторової активності. Виділяються два взаємодоповнювальні рівні аналізу*: орієнтація на місце* (фіксація інтенсивності використання окремих зон, виявлення «гарячих точок», зон перевантаження та недостатнього використання), а також *орієнтація на користувача* (аналіз індивідуальних і групових траєкторій і локальних маршрутів, тривалості перебування, послідовності дій та поведінки у міському середовищі). Агрегація просторових і поведінкових орієнтацій і даних дозволяє фіксувати узагальнені моделі потоків, визначати домінуючі коридори руху, зони транзиту й тривалого перебування, а також оцінювати ефективність процесів у просторі та організації території. Метод реалізується через стандартизовані протоколи спостереження та поведінкові коди, що трансформують дії користувачів у порівнювані змінні (тип дії, час, координати місця, інтенсивність активності). Додатково застосовуються фото- й відеофіксація, а також GIS-інструменти для просторової візуалізації та подальшого моделювання сценаріїв використання простору. Таким чином, картографування поведінки забезпечує емпірично верифіковану основу для оцінювання якості міського середовища, дозволяє виявляти конфлікти процесів і потоків, неефективні просторові рішення та обґрунтовувати проектні втручання на основі реальної поведінки користувачів та розуміння їх особливостей.

4. *Інтеграція інструментарію біхевіористичності в* архітектурно-містобудівне проектування як інструментарію гармонізації архітектурного середовища на основі нематеріальних і поведінкових характеристик. Процеси і поведінка візуалізуються для моделювання, а також формування повноцінного середовища збору, обробки нових ергономічних (антропометричних) і ергатичних (поведінкових) просторових даних. Розгляд архітектурного середовища як системи з поведінкою генерує і накопичує дані про процеси, дозволяє переходити до підходу, де просторові рішення базуються на аналізі реальних або змодельованих процесів (активностей) користувачів, сценаріїв поведінки та часової динаміки. Ключовим є використання моделей багатовимірності простору, симуляційного середовища та агент-орієнтованого

моделювання, які забезпечують можливість багатоваріантного тестування і змін проектних рішень, створюючи умови для функціональної ефективності, покращення просторових взаємодій та навантаження на окремі елементи середовища. Основну роль відіграє аналіз масивів даних, що включають інформацію про мобільність, перебування, соціальну активність та ін. патерни процесів і поведінки користувачів. На основі цих даних формуються «поведінкові» моделі, здатні адаптуватися до змінних умов і підтримувати змінні процеси й сценарії використання простору. Вони забезпечують можливість інтерактивного зворотного зв'язку між користувачем і середовищем через сенсорні системи та адаптивні рішення, що перетворює архітектурне середовище на систему, яка здатна змінювати свої характеристики відповідно до змін умов і процесів як у системі, так і її оточенні.

Інтеграція поведінкових моделей і даних формує нову логіку проектування, у якій архітектурне середовище постає як відкритий, самооновлюваний процес, а проектне рішення набуває характеру адаптивної моделі, що постійно уточнюється на основі нових даних про процеси і поведінку системи.

5. *Інтеграція нематеріальних (якісних) змінних, а також технологічних аналітичних інструментів* поступово трансформує архітектурно-містобудівне проектування та планування з нормативно-детермінованої системи в адаптивну верифіковану модель прийняття рішень. За «логікою» нематеріального ці методи наближаються до природничих наук, зокрема медицини, де рішення базуються на постійному оновленні (моніторингу) даних, моделюванні сценаріїв і перевірці гіпотез у реальному або симульованому середовищі. У результаті містобудування переходить до керування процесами, де простір розглядається як динамічна система, що постійно взаємодіє з поведінкою користувачів і змінюється у часі.

На завершення виділимо кілька прикладних аспектів біхевіористичної методології до просторової організації і розвитку середовища міст:

- проектування потрібно розпочинати не з «форми», а з процесів, мережі зв'язків і «сценаріїв»;
- забезпечувати багаторівневу ієрархію, гнучкість просторів із «м'якими» переходами;
- створювати вузли процесів активності через керовані розширення, насичення та ін. проектні рішення;
- вводити контрольовану різноманітність, балансувати відкритість і приватність через інструменти процесуальної і візуальної проникності;
- використовувати технологічні можливості, нові знання і дані про процеси для моделювання й перевірки рішень.

Архітектура постає як активний інструмент взаємодії поведінки, соціальних взаємодій і якості міського середовища та передбачає: впровадження поведінкового тестування середовища на різних етапах (пілотні простори, тимчасові інтервенції); застосування міждисциплінарних підходів (психологія, соціологія, урбаністика, екологія); формування баз даних про використання простору (в т.ч. нематеріальних і якісних характеристик) та включення їх у процес прийняття рішень; розгляд середовища життєдіяльності як процесу, що розвивається; забезпечення ширшої участі користувачів у співтворенні простору. Формуючись і діючи не через директиви (нормативи, протоколи), а через ймовірності й процеси, архітектурне середовище підсилює одні типи дій та послаблює інші, формує поле можливостей, у якому користувач обирає найбільш «зручний» чи «зрозумілий» варіант поведінки та користування простором.

Висновки

1. Біхевіористичність вводить у містобудування логіку поведінкового аналізу, використання нематеріального й якісних даних, моделювання сценаріїв користування простором, що наближає архітектурне проектування та містобудівне планування до науково верифікованих та інноваційних рішень, які інтегрують місто й інтерпретують як систему з поведінкою та механізмами зворотного зв'язку. Реалізується методологія через: масштаб і пропорції простору (антроповимірність); прозорість і візуальні зв'язки (просторова читабельність й оглядовість); активність середовища та «добавок» у міському ландшафті (входи, активні периметри, функціональні інтерфейси); характеристики мікроклімату та ландшафту (тінь, провітрювання, акустичний комфорт); тактильні й світлові характеристики, що визначають орієнтацію в середовищі та рівень соціальної безпеки, а також через збільшення багатофункціональності й сценарної гнучкості простору.

2. Біхевіористична методологія передбачає відмову від суто нормативно-дискретних процедур інтерпретацій на користь верифікованого аналізу повторюваних спостережень, документування поведінкових патернів і моделювання реальних сценаріїв корисної взаємодії людини із середовищем. Важливим є врахування ролі нематеріальних характеристик середовища (соціальних, інституційних, естетичних, ландшафтно-природних і технологічних чинників) та їх взаємодії з поведінкою користувачів. Підкреслюється важливість аналізу та узагальнень повсякденних практик, що дає змогу фіксувати й узгоджувати локальні взаємодії, масштабні просторові ефекти та контекстні особливості використання міського середовища. Розмежовуються поняття функція, дія і процес в архітектурно-містобудівній діяльності. Орієнтація виключно на функціональні характеристики визначає формально коректні й економічно ефективні, однак часто негармонійні та

неякісні просторові рішення. Натомість урахування поведінкових сценаріїв, дій і процесуальної динаміки трансформує середовище у гнучку систему, здатну адаптуватися до зміни активності потоків, процесів і режимів життєдіяльності. Це забезпечує узгодження просторової організації з реальними практиками поведінки і життєдіяльності, зменшує конфліктність і підвищує гармонійність міського середовища.

3. Запропоноване розширене трактування гармонійності архітектурно-містобудівних рішень виходить за межі утилітарних зручностей і критеріїв ефективності. До системи оцінки включено психологічний комфорт, мікроклімат, здоров'я та емоційне сприйняття середовища. Гармонійність визначається як узгодження утилітарних, естетичних і соціокультурних характеристик простору, що забезпечує його цілісність, контекстуальність і довготривалу якість. Методологія біхевіоризму зміщує акцент до формування гармонійного середовища просторової ідентичності та активності. Архітектурне середовище розглядається як система–процес, що акцентується на процесах життєдіяльності, соціальних взаємодіях і просторових практиках. Методологічна основа формується на перетині антропометричного (ергономічного), поведінкового (ергатичного) та діяльнісного підходів, що дозволяє розглядати простір як динамічну взаємодію людини та середовища, їх поведінки.

4. Біхевіористична методологія в архітектурно-містобудівній діяльності спирається на модель п'ятивимірного простору («людина – функції – умови – геометрія – час») та інтеграцію міждисциплінарних знань і аналізу взаємодії вимірів, що забезпечує зменшення проектних помилок, а також їх своєчасне виявлення й усунення. У моделі людина (L) розглядається як носій антропометричних параметрів, когнітивного сприйняття, поведінкових сценаріїв і соціальних ролей. Функції (F) трактуються як змінні, контекстно залежні й поведінково активні характеристики. Умови (U) визначають «рамки поведінкового вибору», включаючи безпеку, комфорт, мікроклімат, доступність і соціальну інтенсивність середовища. Геометрія (G) представляє структуру маршрутів руху, вузлів взаємодії та морфологічних поведінкових тригерів. Час (T) стосується темпоральної динаміки, включаючи добові ритми, сезонність, варіації інтенсивності використання простору та сценарії функціонального перемикання. Ключовими в методології біхевіоризму є пріоритет поведінки, сценарне моделювання, поведінкова детермінація функцій та використання просторових афордансів. У результаті формується адаптивно-тестова модель, орієнтована на реальні сценарії життєдіяльності у часовій динаміці, що передбачає поведінкове моделювання та тестування рішень в архітектурно-містобудівному проектуванні та діяльності.

Використана література:

1. Вітрувій. Десять книг про архітектуру / пер. з лат. В. Блажевич. К.: Будівельник, 1995. 328 с.
2. Вяткін К. Аналіз структурних елементів містобудівних систем та їх функціонального призначення // Сучасні проблеми архітектури та містобудування. 2020. Вип. 58. С. 129–140. https://doi.org/10.32347/2077-3455.2020.58.129-140
3. Древаль І.В., Рубан Л.І., Осиченко Г.О. Дослідження екологічних аспектів міського розвитку через систему озеленених просторів // Комунальне господарство міст. 2023. Вип. 4 (178). С. 38–44. https://doi.org/10.33042/2522 -1809-2023-4-178-38-44
4. Дьомін М.М., Габрель М.М. Ергатичність в обґрунтуванні просторового майбутнього України: моделювання та завдання // Містобудування та територіальне планування. 2024. Вип. 85. С. 3–21. https://mtp.knuba.edu.ua/article/view/303561
5. Колбін В.М. Просторова організація міських потоків і громадських просторів. Харків: ХНУМГ, 2016. 200 с.
6. Косьмій М.М. Нематеріальне в архітектурі та просторі міст. Івано-Франківськ: Видавець Кушнір ГМ, 2022. 364 с.
7. Панченко Т.Ф. Туристичне середовище: архітектура, природа, інфраструктура: моногр. К.: Логос, 2009. 176 с.
8. Тімохін В.О. Архітектура міського розвитку. 7 книг з теорії містобудування. К.: КНУБА, 2008. 629 с.
9. Alexander C.A Pattern Language: Towns, Buildings, Construction. New York: Oxford University Press, 1977. 1216 p.
10. Barker R.G. Ecological Psychology: Concepts and Methods for Studying the Environment of Human Behavior. Stanford, CA: Stanford University Press, 1968. 329 p.
11. Batty M. The New Science of Cities. Cambridge, MA: MIT Press, 2013. 568 p.
12. Bhogali M.M.E., Mohamed Ali E.A., Ramdani A.K. Integrating behavioral science into urban planning: a framework for human-centered spatial design // Frontiers in Psychology. 2025. Vol. 16**.** https://doi.org/10.3389/fpsyg.2025.1632523
13. Chapanis A. Human Factors in Engineering and Design. New York: McGraw-Hill, 1965. 525 p.
14. Dreyfuss H. The Measure of Man and Woman: Human Factors in Design. New York: Wiley, 2002. 400 p.
15. Gehl J. Life Between Buildings: Using Public Space: 6th ed. Washington, DC: Island Press, 2011. 216 p.
16. Gibson J.J. The Ecological Approach to Visual Perception. Boston: Houghton Mifflin, 1979. 332 p.
17. Habrel M. Przestrzenna organizacja systemow urbanistycznych. Podejscie metodologiczne. Łódź: Wydawnictwo University Lodzkiego, 2016. 158 p.
18. Hertzberger H. Space and the Architect: Lessons in Architecture 2. Rotterdam: 010 Publishers, 2000. 272 p.
19. Hillier B. Space is the Machine: A Configurational Theory of Architecture. Cambridge: Cambridge University Press, 1996. 482 p.
20. Kavee K., Flanigan K.A. Encoding experience: Quantifying multisensory perception of urban form through a systematic review // Computers, Environment and Urban Systems. 2025. 122**,** 102349. https://doi.org/10.1016/j.compenvurbsys.2025.102349
21. Le Corbusier. The Modulor: A Harmonious Measure to the Human Scale Universally Applicable to Architecture and Mechanics. Cambridge, MA: Harvard University Press, 1954. 216 p.
22. Lynch K. The Image of the City. Cambridge, MA: MIT Press, 1960. 194 p.
23. Marcus C.C., Francis C. (eds.). People Places: Design Guidelines for Urban Open Space. New York: Van Nostrand Reinhold, 1998. 377 p.

24. Moreno C., Allam Z., Chabaud D., Gall C., Pratlong F. Introducing the «15-Minute City»: Sustainability, Resilience and Place Identity in Future Post-Pandemic Cities // Smart Cities. 2021. Vol. 4(1). Pp. 93–111. https://doi.org/10.3390/smartcities4010006
25. Neufert E. Architects' Data: 4th ed. Oxford: Wiley-Blackwell, 2012. 648 p.
26. Panero J., Zelnik M. Human Dimension and Interior Space: A Source Book of Design Reference Standards. New York: Whitney Library of Design, 1979. 320 p.
27. Prigogine I., Stengers I. Order out of Chaos: Man's New Dialogue with Nature. New York: Bantam Books, 1984. 368 p.

d.t.s., Professor **Mykola Habrel,**
PhD, Associate Professor **Mykhailo Habrel, Liudmyla Forkutsa,**
Department of Architectural Design, Lviv Polytechnic National University

INTEGRATION OF ANTHROPOMETRIC (ERGONOMIC) AND BEHAVIORAL (ERGATIC) APPROACHES INTO A BEHAVIORIST METHODOLOGY FOR THE SUBSTANTIATION OF ARCHITECTURAL AND URBAN PLANNING SOLUTIONS

The increasing complexity of geopolitical, social, and environmental processes– particularly war and the rising global level of conflict, the transformation of the role of cities, the shortage and deterioration of the quality of the living environment, growing population mobility and the intensification of uncontrolled migration processes, the aggravation of environmental challenges, as well as the rapid spread of digitalization and emerging technologies across all spheres of social life and activity – ecessitates the search for new methodological paradigms. This implies a shift from traditional design and decision-making approaches based on functional-normative and protocol-procedural frameworks toward the behaviorist methodology proposed by the authors. Within this paradigm, the architectural and urban environment is interpreted as a dynamic space of life and collective activity, where behavioral scenarios, social practices, and territorial use patterns are formed. The role of non-material factors in urban development increases significantly, particularly those related to processes, user behavior, and experiential perception. Architecture and urban planning are thus conceptualized as instruments for organizing life processes, social interactions, psychological comfort, and the adaptive development of the environment, emphasizing its flexibility and responsiveness to change.

The article systematizes the physical (ergonomic and anthropometric) and behavioral (ergatic and processual) determinants of humans and their living environments, which influence the selection, perception, and patterns of use of urban spaces of various functions. A distinction is made between the concepts of functions and processes: in architecture and urban planning, functions are interpreted as relatively static characteristics of territories and objects, whereas processes are understood as

dynamic and highly unpredictable phenomena shaped by the nonlinearity of human behavior and actions, as well as the high variability of interactions between users and their living environments. The behaviorist approach and its methodological toolkit are proposed to be based on the principles of the five-dimensional urban space model ("human L – functions F – conditions U – geometry G – time T"), which structures the logic of research, situational assessment, and the substantiation of architectural and urban planning decisions. In this model, the human (L) is considered as a carrier of anthropometric parameters, cognitive perception, behavioral scenarios, and social roles. Functions (F) are treated as variable, context-dependent, and behaviorally active characteristics. Conditions (U) define the "frameworks of behavioral choice," including safety, comfort, microclimate, accessibility, and the social intensity of the environment. Geometry (G) represents the structure of movement routes, interaction nodes, and morphological behavioral triggers. Time (T) refers to temporal dynamics, including daily rhythms, seasonality, variations in the intensity of space use, and scenarios of functional switching. Behavior is described as the result of the interaction of these five variables, with space operating as a multidimensional system. The behaviorist approach is aimed at enhancing the adaptability of the environment, activating social interactions, and promoting the inclusion of diverse user groups. It contributes to the integration of life processes and specialized activities, ensuring the harmonious development of urban systems.

Keywords: behavior-oriented system; architectural environment; behaviorist methodology; architectural and urban planning solutions; anthropometric, ergonomic, and ergatic components; socio-spatial interactions; human-centered design of the living environment.

REFERENCE:

1. Vitruvius. (1995). *Ten Books on Architecture*. Translated from Latin by V. Blazhevych. Kyiv: Budivelnyk. {in Ukrainian}

2. Vyatkin, K. (2020). Analysis of structural elements of urban planning systems and their functional purpose. *Modern Problems of Architecture and Urban Planning*, 58, 129–140. https://doi.org/10.32347/2077-3455.2020.58.129-140 {in Ukrainian}

3. Dreval, I.V., Ruban, L.I., & Osychenko, H.O. (2023). Study of environmental aspects of urban development through the system of green spaces. *Municipal Economy of Cities*, 4(178), 38–44. https://doi.org/10.33042/2522-1809-2023-4-178-38-44 {in Ukrainian}

4. Dyomin, M.M., & Habrel, M.M. (2024). Ergaticity in substantiating the spatial future of Ukraine: modeling and tasks. *Urban Planning and Territorial Planning*, 85, 3–21. https://mtp.knuba.edu.ua/article/view/303561 {in Ukrainian)

5. Kolbin, V.M. (2016). *Spatial organization of urban flows and public spaces*. Kharkiv: KhNUMG. {in Ukrainian}

6. Kosmii, M.M. (2022). *The non-material in architecture and urban space*. Ivano-Frankivsk: Publisher Kushnir G.M. {in Ukrainian}

7. Panchenko, T.F. (2009). *Tourist environment: architecture, nature, infrastructure*. Kyiv: Logos. {in Ukrainian}

8. Timokhin, V.O. (2008). *Architecture of urban development. Seven books on urban planning theory*. Kyiv: KNUBA. {in Ukrainian}

9. Alexander, C. (1977). *A Pattern Language: Towns, Buildings, Construction*. New York: Oxford University Press. {in English}

10. Barker, R.G. (1968). *Ecological Psychology: Concepts and Methods for Studying the Environment of Human Behavior*. Stanford, CA: Stanford University Press. {in English}

11. Batty, M. (2013). *The New Science of Cities*. Cambridge, MA: MIT Press. {in English}

12. Bhogali, M.M.E., Mohamed Ali, E.A., & Ramdani, A.K. (2025). Integrating behavioral science into urban planning: a framework for human-centered spatial design. *Frontiers in Psychology*, 16, 1632523. https://doi.org/10.3389/fpsyg.2025.1632523 {in English}

13. Chapanis, A. (1965). *Human Factors in Engineering and Design*. New York: McGraw-Hill. {in English}

14. Dreyfuss, H. (2002). *The Measure of Man and Woman: Human Factors in Design*. New York: Wiley {in English}

15. Gehl, J. (2011). *Life Between Buildings: Using Public Space* (6th ed.). Washington, DC: Island Press. {in English}

16. Gibson, J.J. (1979). *The Ecological Approach to Visual Perception*. Boston: Houghton Mifflin. {in English}

17. Habrel, M. (2016). *Przestrzenna organizacja systemów urbanistycznych. Podejście metodologiczne*. Łódź: University of Łódź Press. {in Polish}

18. Hertzberger, H. (2000). *Space and the Architect: Lessons in Architecture 2*. Rotterdam: 010 Publishers. {in English}

19. Hillier, B. (1996). *Space is the Machine: A Configurational Theory of Architecture*. Cambridge: Cambridge University Press. {in English}

20. Kavee, K., & Flanigan, K.A. (2025). Encoding experience: Quantifying multisensory perception of urban form through a systematic review. *Computers, Environment and Urban Systems*, 122, 102349. https://doi.org/10.1016/j.compenvurbsys.2025.102349 {in English}

21. Le Corbusier (1954). *The Modulor: A Harmonious Measure to the Human Scale Universally Applicable to Architecture and Mechanics*. Cambridge, MA: Harvard University Press. {in English}

22. Lynch, K. (1960). *The Image of the City*. Cambridge, MA: MIT Press. {in English}

23. Marcus, C.C., & Francis, C. (eds.). (1998). *People Places: Design Guidelines for Urban Open Space*. New York: Van Nostrand Reinhold. {in English}

24. Moreno, C., Allam, Z., Chabaud, D., Gall, C., & Pratlong, F. (2021). Introducing the "15-minute city": Sustainability, resilience and place identity in future post-pandemic cities. *Smart Cities*, 4(1), 93–111. https://doi.org/10.3390/smartcities4010006 {in English}

25. Neufert, E. (2012). *Architects' Data* (4th ed.). Oxford: Wiley-Blackwell. {in English}

26. Panero, J., & Zelnik, M. (1979). *Human Dimension and Interior Space: A Source Book of Design Reference Standards*. New York: Whitney Library of Design. {in English}

27. Prigogine, I., & Stengers, I. (1984). *Order out of Chaos: Man's New Dialogue with Nature*. New York: Bantam Books. {in English}

DOI: 10.32347/2076-815x.2026.93.32-53
УДК 72.01
Doctor of Arch., Professor **Osychenko Galyna,**
osychenko-galyna@ukr.net, ORCID: 0000-0001-5595-220X,
Zaporizhia National University

AN INTEGRATED ASPECT–SYSTEM APPROACH TO BUILDING TRANSFORMATION

The transformation of existing buildings is increasingly recognised as a complex, context-dependent process driven by environmental, socio-economic and cultural factors. However, existing research is predominantly focused on isolated parameters such as energy performance, functional change or technical modernisation, lacking an integrated analytical framework that enables a consistent transition from the analysis of conditions to the formation of a transformation concept. This study aims to develop an integrated aspect–system approach to building transformation, combining aspect-based analysis with a system-structural understanding of a building. The research methodology is based on a combination of theoretical analysis, system-structural modelling, and interpretative analysis, complemented by the empirical examination of implemented transformation projects. The study identifies seven analytical aspects of transformation and introduces the concept of a dominant aspect configuration as a mechanism for determining contextual priorities. Furthermore, an algorithm for applying the proposed approach within pre-design analysis is developed. Empirical verification based on multiple case studies demonstrates the applicability of the approach for identifying relationships between dominant aspects and the activation of building subsystems. The results provide a structured basis for the conceptual justification of transformation strategies and contribute to the methodological development of architectural design processes in the context of existing buildings.

Keywords: building transformation; aspect-based model of building transformation; integrated aspect-system approach; dominant aspect configuration; system-structural model of a building

Problem statement and relevance of the topic. Working with existing buildings is one of the key topics in contemporary architectural theory and practice. Urbanisation processes, climate challenges, resource constraints, socio-economic transformations and the need to reduce the carbon footprint are driving a reorientation of architectural activity from new construction to the rethinking and renovation of existing buildings. In the Ukrainian context, this issue is particularly acute due to the large-scale destruction of the built environment under conditions of war.

In contemporary scientific discourse, processes of intervention in existing buildings are described using various concepts, such as renovation, retrofit, adaptive reuse, modernisation and reconstruction. In this study, these are summarised under the concept of building transformation, which is considered a multidimensional process of change. Despite a significant body of research in this area, building transformation is often analysed through individual parameters, such as technical modernisation, energy efficiency, functional change or heritage preservation. While such approaches enable in-depth exploration of specific dimensions, they do not fully explain the diversity and variability of transformation outcomes. Buildings with similar initial characteristics may follow fundamentally different trajectories of change, reflecting the complex and non-linear nature of the transformation process.

The transformation of existing buildings is a complex, multifactorial and context-dependent process, in which the choice of concept is determined by the interaction of regulatory constraints, technical conditions, socio-cultural factors and creative interpretation. Under these conditions, the need for methodological structuring of pre-design analysis becomes particularly relevant, enabling the rationalisation of conceptual decision-making without reducing its multidimensional nature.

Within the scope of this study, a building is considered not only as a physical object or a set of material subsystems, but as a multidimensional phenomenon that exists in spatial, temporal, social, cultural, economic and value dimensions. It simultaneously functions as a material structure, a historical carrier of time, a cultural artefact, a social instrument and an economic resource. This understanding necessitates an aspect-based approach to analysing transformation as a means of capturing the multiple dimensions of a building's existence.

The purpose of this study is to develop an integrated analytical–design approach to the transformation of existing buildings as a tool for the methodological structuring of pre-design analysis.

To achieve this aim, the following tasks are addressed:

(1) to identify and systematise the aspects of building transformation as analytical dimensions of change;

(2) to develop an integrated analytical–design approach combining aspect-based and system-structural levels of analysis;

(3) to validate the operability of the proposed approach through empirical analysis.

The research hypothesis is based on the assumption that the transformation of an existing building is non-linear and context-dependent, and that its conceptual justification can be structured through the analysis of the interaction between transformation aspects and the condition of building subsystems.

Analysis of literary sources and recent publications. The research topic corresponds to the main provisions of several international programmes and initiatives, including the UN 2030 Agenda for Sustainable Development [1], the European Green Deal [2–3], and the New European Bauhaus initiative [4–5]. A multidimensional understanding of the transformation of the built environment is most clearly articulated in the New European Bauhaus Compass (2022), where environmental, social and cultural-aesthetic dimensions are integrated into a unified value framework for sustainable transition [5].

The theoretical basis of the study consists of several interrelated areas of contemporary research on the transformation of buildings:

*Terminological and conceptual dimensions of transformation***.** A number of studies address the clarification of the conceptual apparatus in the field of building reconstruction and transformation [6–8]. These works highlight the polysemy of terms such as ‘renovation’, ‘retrofit’ and ‘adaptive reuse’ and their variability across scientific traditions. In the Ukrainian context, Leshchenko [9–10] proposed the use of the term ‘transformation’ as a comprehensive concept for interventions in the built environment. However, this approach is primarily focused on historical urban environments and does not establish a universal analytical framework applicable to different building types. At the same time, the term ‘reconstruction’ remains prevalent in Ukrainian regulatory discourse [11], whereas English-language literature tends to favour procedural concepts such as ‘adaptation’, ‘renovation’ and ‘adaptive reuse’. These observations support the use of the concept of transformation as an integrative framework in this study.

*Methodological and decision-support approaches***.** A substantial body of research is devoted to the development of decision-support methods for building transformation [12–21]. These approaches typically focus on criteria such as energy efficiency, life-cycle performance, economic feasibility or technical condition. While they provide valuable tools for evaluation and optimisation, they predominantly address individual parameters and do not integrate them into a unified analytical model capable of supporting concept formation.

*Research on adaptive reuse and intervention strategies***.** Another strand of research focuses on adaptive reuse and architectural interventions in existing structures [22–32]. These studies explore the interaction between new and existing elements, cultural significance and design variability. Although they demonstrate the multidimensionality of transformation processes, the aspects of change are generally considered in parallel, without a structured analysis of their interaction.

Overall, existing research provides a solid theoretical foundation for understanding building transformation as a multidimensional and context-dependent process shaped by functional, environmental, economic, technical and social factors.

However, these approaches remain fragmented and do not establish a coherent analytical framework that links the multidimensional analysis of transformation conditions with the formation of a design concept. Despite the extensive body of research on building transformation, existing studies predominantly address individual dimensions of the process, such as technical performance, energy efficiency, functional adaptation or heritage preservation. While these approaches provide valuable insights into specific aspects of transformation, they do not establish a coherent analytical framework that integrates multiple dimensions into a unified logic of conceptual decision-making. In particular, there is a lack of methodologies that systematically link the analysis of transformation conditions with the formation of a design concept through the interaction of analytical parameters and the material structure of a building. This gap highlights the need for an integrative approach capable of structuring the pre-design analysis of building transformation as a multidimensional and context-dependent process. To address this gap, this study proposes an integrated analytical framework for building transformation.

This study contributes to the field of building transformation research in several ways. First, it proposes an integrated aspect–system approach that combines aspect-based analysis with a system-structural model of a building, enabling a structured transition from analytical evaluation to concept formation. Second, it introduces the concept of a dominant aspect configuration as a novel analytical mechanism for identifying context-dependent priorities among transformation dimensions and linking them to the activation of building subsystems.Third, it develops an algorithm for applying the proposed approach within the structure of pre-design analysis, providing a procedural framework for the justification of transformation strategies.

Finally, the study offers empirical validation of the approach through the analysis of implemented case studies, demonstrating its applicability in interpreting the relationship between analytical dimensions and material transformations of buildings.

Materials and research methods. The study is based on a combination of theoretical analysis, a system-structural approach, and interpretative analysis of architectural form. This methodological position is determined by the dual nature of building transformation, which simultaneously belongs to the engineering-technical and cultural-spatial spheres.

The study uses: system-structural analysis (to consider a building as a set of subsystems); comparative analysis of modern approaches and transformation projects (to support empirical verification of the approach and refine the indicators of aspects); interpretative analysis (to conceptualise aspects of transformation);

graphical-analytical method (to visualise the relationships between aspects and subsystems).

The research was carried out in three stages:

Stage 1: analysis of theoretical approaches and identification of the methodological gap (methods: systematic literature search based on keywords, comparative analysis of scientific approaches, theoretical analysis, interpretative analysis);

Stage 2: development of the integrated aspect-system approach (methods: system-structural analysis, interpretative analysis, graphical-analytical method);

Stage 3: empirical verification of the operability of the approach (methods: comparative analysis of implemented transformation projects, interpretative analysis, graphical-analytical method).

The study further develops the system-structural model of a building as a set of interconnected subsystems functioning within a single material-spatial structure. The model has been validated in previous studies [33]. In this study, architectural form is understood as the systemic spatial and material integrity of a building, which is the result of the organisation and interaction of its subsystems and reflects a certain state of this system. It is considered both in its initial and transformed state, which reflects the change in the configuration of the system in the process of its development. From a system-structural perspective, a building as an integral architectural form consists of seven subsystems:

- Load-bearing structural subsystem - a system of elements that ensure the stability, spatial rigidity and durability of a building. It determines the limits of possible structural changes.
- Engineering and technical subsystem - a set of engineering networks and equipment that ensure the operational, sanitary and energy characteristics of a facility.
- Material and technological subsystem - a system of materials and technologies of their combination, which forms the physical substance of a building and reflects its material condition and degree of deterioration, and renovation possibilities.
- Functional and spatial subsystem - the organisation of internal space, planning structure and zoning in accordance with the usage scenarios of a building.
- Communication and circulation subsystem - a system of internal spaces that ensures the movement of users within the building and the integration of a building into its surroundings.
- Enclosing and climate subsystem - external enclosing structures that form the microclimatic, energy and acoustic characteristics of a building.
- Architectural and artistic subsystem - compositional, stylistic, and expressive organisation of the building’s exterior and interior.

Subsystems are considered as analytically distinct levels that are in constant interaction in reality. Their identification is research-oriented and aimed at structured analysis of possible directions of transformation. The systemic-structural model of a building is considered as an analytical tool that allows correlating analytical measurements of transformation with specific material carriers of change.

Results: Integrated aspect-system approach to building transformation

The study develops an integrated aspect-system approach, which is considered as a methodological framework that combines the analytical level (aspects of transformation) and the material-project level (building subsystems) and ensures a consistent transition from the analysis of conditions to the formation of a transformation concept. Its methodological basis consists of an aspect-based model of building transformation, the concept of a dominant aspect configuration, and a system of principles**.** The integrated aspect-system approach is based on the following principles:

- *The principle of multidimensionality*: building transformation is viewed as a process that encompasses a set of interrelated analytical dimensions, rather than as a separate type of intervention.
- *The principle of contextual conditioning*: the direction and nature of changes are formed in the interaction of external factors and the state of building subsystems.
- *The principle of contextual prioritisation of aspects*: in a specific situation, a dominant aspect configuration is identified, reflecting the situational configuration of analytical priorities.
- *The principle of materialisation of transformation through subsystems*: the dominant aspect configuration is implemented through the activation of building subsystems.

The scientific novelty of the work lies in:

a. the expansion of the theoretical understanding of a building as a multidimensional phenomenon and the systematic distinction between the ideal and material levels of its transformation;

b. the introduction of the concept of a dominant aspect configuration as a mechanism for identifying the situational prioritisation of aspects and the structure of subsystem activation;

c. the conceptualisation of subsystem activation as a mediator between the analytical model and changes in the volumetric-spatial composition of a building;

d. the rejection of rigid typologisation in favour of a structural principle for the formation of transformation types.

In the general logic of building transformation (existing form F_1 → analytical process: pre-project analysis → concept → design → implementation → transformed form F_2) the process covers the analytical stage, concept formation, phased design

and implementation. The integrated aspect-system approach is treated as a structured part of pre-project analysis, providing conceptualisation of the transformation and justification of the architectural idea.

The integrated aspect-system approach combines the analytical level (aspects of transformation) with the material-spatial level of a building (subsystems), forming the logic of the transition from the conditions of transformation to the choice of a conceptual solution.

The generalised logic of the approach:

1. External and internal factors form the field of necessity for transformation.
2. Within this field, the relevant aspects of change are actualised.
3. The interaction of aspects leads to the identification of a dominant aspect configuration.
4. The dominant aspect configuration shapes the general direction of subsystem activation.
5. Subsystem activation guides the selection of a transformation concept (Figure 1).

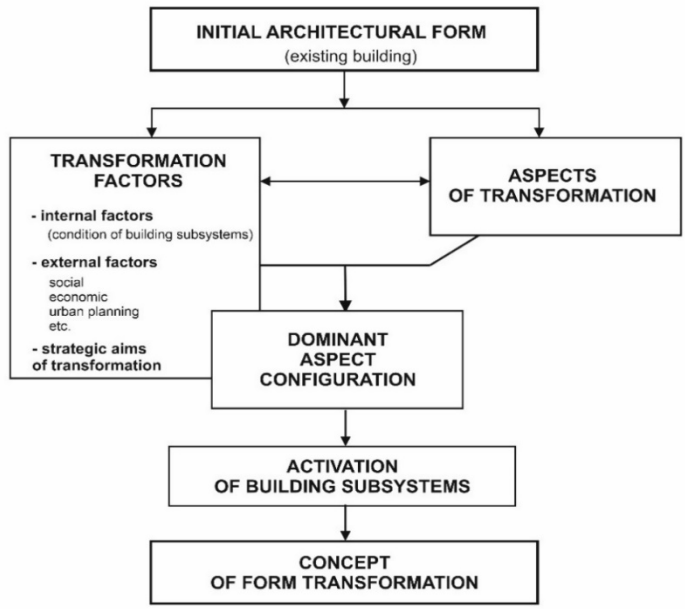


Fig 1. Integrated aspect-system approach: structural framework of building transformation

Aspect-based model of building transformation. Within the scope of this study, building transformation is treated as a multidimensional process that cannot be reduced to a change in form or function, but encompasses various dimensions of its existence. For a structured analysis of this process, a system of analytical aspects has been distinguished, allowing the direction, nature, and limits of change to be described. The aspects are treated as analytical coordinates of transformation: they are not instruments of intervention and do not describe the result post factum, but structure the field of possible conceptual solutions. Within the scope of the study,

seven aspects of transformation have been distinguished, reflecting recurring analytical dimensions of change:

Ontological aspect: Determines changes in the morphological and spatial logic of a building as a material-spatial system. It is related to the transformation of the volumetric structure, structural scheme, and principles of form organisation.

Temporal aspect: Records transformation in the coordinates of historical duration and the life cycle of a building. It is associated with the choice of historical phases, the attitude to the stratigraphy of time and the principles of preservation or reinterpretation of historical layers.

Socio-cultural aspect: Reflects changes in the role of the building in the system of social interactions, its functional status and significance for the community.

Value-semantic aspect: Relates to the rethinking of a building's significance, changes in value hierarchies, and the formation of a new semantic dominant.

Interpretative aspect: Defines the mode of correlation between new and existing elements and the nature of their spatial and formal interaction, including contrast, integration, or neutral adaptation.

Ethical aspect: Delineates the normative boundaries of permissible intervention in relation to historical responsibility, social justice, and environmental requirements.

*Economic and resource-related aspect***:** Reflects the feasibility of the transformation in terms of material, energy, and financial resources.

These aspects are identified for analytical purposes, but in practice they do not function in isolation. The transformation takes shape within the field of their interaction, where certain dimensions may take on greater significance depending on the context, the condition of the building and external conditions. Such interaction is synergistic in nature and determines the structural logic of subsequent interventions in the building.

A general systematisation of the aspects with corresponding indicators of their manifestation is presented in Table 1.

Table 1.

Classification of aspects of building transformation

Aspect	**Indicators of manifestation**	**Key distinguishing feature**	**Type of impact on architectural form**
1	**2**	**3**	**4**
Ontological	Changes in the building's spatial structure; changes in the type of spatial organisation; changes in the configuration of the volume; changes in the structural and spatial layout; the integration of new structural or engineering solutions that alter the spatial logic	Is the morphological logic of a building as a spatial entity changing?	Depth-morphological (affecting the volume and spatial organisation of the building)

1	2	3	4
Socio-cultural	Change in function; reprogramming of usage scenarios; transition from single-purpose to multi-purpose functionality; change of publicity mode; change in social role	Does the way a building functions within society, and its role changing?	Spatial-typological (altering the model of use and the social role of space)
Temporal	Selection of a historical phase for interpretation; preservation or removal of historical layers; revealing temporal stratification and distinguishing between historical phases; the principle of continuity or rupture in time; reconstruction of a lost phase; minimization of intervention to preserve the historic fabric and continuity	In which temporal paradigm is the object positioned following the transformation? Within which temporal paradigm is the building positioned after transformation?	Stratigraphic and morphological (through the selection, preservation or reconstruction of historical layers)
Value-semantic	Identification of priority conservation elements; shift in the hierarchy of values (historical, cultural, economic, etc.); conflict or re-evaluation of the object's value paradigm; change in the symbolic status of a building; rethinking of identity; emphasising certain elements as carriers of meaning; transforming a utilitarian object into a representative one; creating a new narrative interpretation, symbolic reboot	Does the aim of the transformation to change or reinterpret the meaning of the object?	Imaginative-semantic (shapes semantic dominants and the principle of formal representation)
Interpretative	Conscious choice of the type of interaction between the existing and the new (contrast, symbiosis, neutrality); contrasting insert, integrative extension, neutral adaptation, the 'layer upon layer' principle, visible differences in materials and forms, strategy of 'visibility' or 'invisibility' of intervention, stylistic imitation / historicising mimicry of the new volume	What will be the mode of formal relationship between the new and the existing?	Compositional (determines the mode of spatial and formal interaction between the new and the existing)
Ethical	Historical and ethical responsibility: minimising intervention; preserving authentic elements; reversibility; adhering to heritage conservation principles. Environmental responsibility: energy efficiency; reuse of materials; reducing the carbon footprint Social responsibility: accessibility; safety; non-discrimination; community involvement	Does the chosen transformation scenario comply with the principles of historical, social and environmental responsibility?	Normative-regulatory (defines the limits of permissible scale and character of intervention)

1	2	3	4
Economic and resource-related	Energy resources (resource-based approach): reduction of operational energy costs; optimisation of the building's energy balance; reduction of life-cycle costs (LCC); technical and economic modernisation of building services systems. Financial resources: budget constraints; phased implementation; cost-benefit ratio; economic viability of the property post-transformation; investment model. Material resources: reuse of structures; minimisation of demolition; durability of solutions; use of local materials	Is the transformation resource-justified and feasible?	Resource-operational (defines the scale, depth, and material-technological model of intervention)

Internal and external factors of transformation. The transformation process unfolds under the influence of a combination of factors, which are broadly divided into external and internal. External factors encompass the social, economic, regulatory, environmental, technical and cultural conditions that give rise to the need for change. Internal factors are related to the condition of the building itself and the elements of its subsystems. The interaction of these factors forms the context within which various analytical aspects of transformation are actualised.

Regulatory and legal requirements and building regulations have a dual nature. On the one hand, they act as an external regulatory factor establishing mandatory parameters of safety, accessibility, energy efficiency, and operational suitability of a building. On the other hand, the regulatory framework is an institutionalised expression of certain aspects of transformation, primarily ethical, economic and resource-related, and socio-cultural. Within the proposed approach, regulations are interpreted as the institutional form of implementation of the corresponding aspects.

Strategic and functional objectives of transformation occupy a distinct place among external factors. They act as a trigger for the transformation process, defining the overall orientation of change; however, they are not formulated within the proposed algorithm, but are determined by the conditions and requirements of the commission or by strategic development requirements.

The dominant aspect configuration. The aspects of transformation do not operate in isolation. In a specific context, a situational correlation of priorities is established between them. The dominant aspect configuration is defined as a contextually conditioned interaction of aspects, within which one or more dimensions acquire determining significance and outline the overall orientation of changes in the building.

It is not a fixed model or typological category, but manifests itself depending on the interplay of factors, the state of the building's subsystems, and the strategic goals of the transformation. The dominance of an aspect is understood as its defining role in shaping the logic of the design solution and the direction of subsystem activation, rather than as the quantitative intensity of change.

The dominant aspect configuration serves as an analytical mechanism for the transition from multidimensional analysis to the conceptualisation of the design solution.

The potential variability of dominant aspect configurations identified in the study indicates the multiplicity of possible combinations of analytical priorities, which corresponds to the diversity of transformation trajectories in practice and opens up prospects for the further development of their typologies.

Activation of subsystems. The dominant aspectual configuration is realised through the activation of the building's subsystems. Depending on the context and the balance of priorities, activation may vary in depth and scale:

• *Local activation*: intervention is limited to a single subsystem (e.g. modernisation of engineering systems).

• *Combined activation*: changes affect several interrelated subsystems (for example, reconfiguration of the layout together with the restructuring of communication and circulation links).

• *Systemic activation*: the transformation involves most subsystems and is accompanied by significant structural changes to the building.

The interaction between the dominant aspectual configuration and the activated subsystems in each specific case can be interpreted as the scenario logic of the transformation – the building transformation scenario.

Algorithm for applying the integrated aspect-system approach. Thus, the transformation of a building emerges as a structured yet context-dependent process, within which the development of a concept involves aligning analytical dimensions with the state of the building's subsystems. The proposed approach allows one to trace the logic of the transition from identifying factors to conceptualising changes within a single methodological framework.

The described sequence of interactions between external and internal factors, aspects of transformation and building subsystems can be presented as an algorithm for applying the integrated aspect-system approach. This procedure ensures the analysis of the object's initial state, the development of possible transformation scenarios, and the justification of the concept as the basis for subsequent phased design. A generalised diagram of the algorithm is shown in Figure 2. The process of developing a transformation concept is iterative. If a proposed solution is found to be inconsistent with the transformation objectives, external constraints or

implementation conditions, it may be necessary to return to earlier stages to refine the dominant aspect configuration or the activation structure of the subsystems.

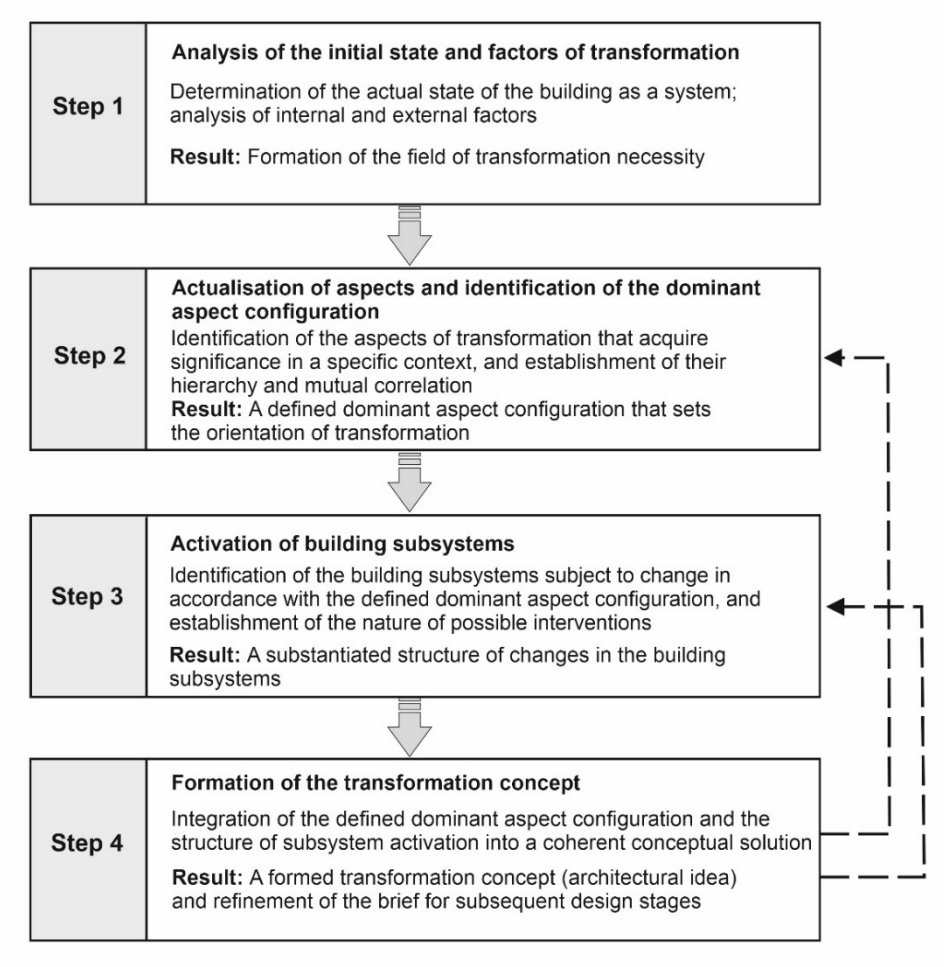


Fig. 2. Algorithm for applying the integrated aspect-system approach

Empirical analysis of the integrated aspect-system approach to building transformation. Empirical verification of the integrated aspect-system approach was carried out through the analysis of implemented transformation projects of existing buildings. Its aim was not to establish universal typological patterns, but to test the analytical applicability of the proposed approach when interpreting specific cases.

The study analysed 18 case studies representing different countries, contexts and transformation strategies, including the restoration of architectural monuments. The article presents five examples that reflect different transformation scenarios.

The verification was aimed at:

1. Finding the possibility of identifying a dominant aspect configuration within a specific transformation context.

2. Analysing the relationship between the identified dominant aspect configuration and the activation structure of the building's subsystems.

3. Refinement of the indicators of the aspects based on empirical material.

The analysis of the case studies was based not only on illustrative material (photographs and graphic materials), but also on textual sources accompanying the projects: the architects' own descriptions, publications, interviews and explanations. The use of these materials made it possible to interpret the authors' conceptual intentions and to identify more precisely the aspects of transformation that cannot always be directly discerned from the visual material.

The analysis has shown that, in each of the cases examined, it is possible to identify a dominant aspectual configuration as a contextually determined relationship between actualised aspects. At the same time, no direct correlation can be traced between the dominant aspectual configuration and specific changes in the building's volumetric-spatial composition, which confirms the context-dependent nature of forming and reveals its creative component.

At the same time, recurring links are identified between certain configurations of aspects and the structure of subsystem activation, which indicates the structured nature of the analytical level of transformation, which sets the direction for conceptual analysis. The identified recurring combinations of dominant aspect configurations with types of subsystem activation do not have a normative character and do not determine specific changes in the volumetric-spatial composition of the building. However, this outlines typical directions for conceptual development, which forms the basis for further typologisation.

The empirical material also made it possible to refine the indicators of aspects, in particular the boundaries of the interpretative dimension (the relationship between the new and the existing), manifestations of the temporal aspect (stratigraphy, selection of historical phases), and the correlation between the ethical and economic-resource dimensions in transformation projects.

Thus, empirical testing has demonstrated the analytical suitability of the integrated aspect-system approach for the structured justification of the concept of transformation, whilst specific changes to the volumetric and spatial composition of the existing building remain the result of creative design interpretation.

It should be noted that the table records the activation of the relevant subsystems during the transformation process. At the same time, the extent and nature of intervention within each subsystem can vary significantly and require separate analysis.

Table 2.

Results of empirical analysis of transformation cases

(5 representative case studies)

Object	Transformation scenario		Implemented volumetric-spatial changes in the building
	Dominant aspect configuration	Activated subsystems	
1	**2**	**3**	**4**

1	2	3	4
Netherlands Fotomuseum, (Rotterdam) [34]	Interpretative, Ontological	Functional-spatial, architectural-artistic, communication-circulation, engineering-technical	Reconfiguration of the layout; preservation of the historical envelope with a change in spatial logic; extension of the building with contrastive integration of a new volume; provision of circulation between the new and the historical volumes
Providur's Palace (Zadar) [35]	Temporal, Interpretative, Ethical	Functional-spatial, communication-circulation, engineering-technical	Restoration of façades and authentic interior elements; preservation of the historical form and all authentic elements; reconfiguration of the layout; stratigraphic revealing of historical layers in interiors; creation of a new circulation system between spaces, independent of the historical one
Octo Tower (Kyiv) [36]	Socio-cultural, Economic and resource related	Functional-spatial, architectural-artistic, engineering-technical	Actualisation of the public role and use scenarios of the building without changing the existing volume; internal reconfiguration of the layout; upgrading of engineering systems and repair of the façade
Residential building (Hanoi) [37]	Economic and resource related, Interpretative	Functional-spatial, enclosing-climatic, architectural-artistic	Internal reconfiguration of the layout; environmental optimisation of the indoor microclimate and noise control; 'disappearance' of the existing façade through the creation of a 'green envelope'
Leinefelde Haus 07 (Germany) [38, 39]	Socio-cultural, Ontological	Load-bearing structural, functional-spatial, architectural-artistic	Radical transformation of the building's volume and silhouette through the removal of storeys and selected parts; morphological reconfiguration and a change in housing typology

Discussion

The empirical results demonstrate that building transformation cannot be reduced to predefined typologies and is instead characterised by context-dependent configurations of transformation aspects. As illustrated in Table 2, different dominant aspect configurations correspond to varying patterns of subsystem activation, confirming the analytical applicability of the proposed approach.

The results of this study highlight the distinct methodological positioning of the integrated aspect–system approach in relation to existing research frameworks. Decision-support approaches to building transformation primarily focus on the optimisation of technical, economic or operational parameters, treating

transformation as a problem of rational choice. In contrast, research on adaptive reuse emphasises cultural, spatial and design-related aspects, often without establishing a structured analytical relationship between them.

The proposed approach differs from these frameworks by operating at the level of conceptualisation, rather than optimisation or typological description. It integrates multiple analytical dimensions into a unified structure and explicitly links them to the material organisation of a building through the concept of subsystem activation. In this sense, the approach does not replace existing methods, but complements them by providing a higher-level analytical framework that organises the interaction between factors, aspects and design decisions.

From a theoretical perspective, the study contributes to the development of a multidimensional understanding of building transformation by formalising the interaction between analytical aspects and material subsystems. The introduction of the concept of a dominant aspect configuration extends existing approaches by providing a mechanism for interpreting the contextual prioritisation of transformation dimensions. From a practical perspective, the proposed approach can be applied as a tool for structuring pre-design analysis in architectural practice. It enables a more transparent and logically grounded justification of transformation strategies, supporting the alignment of analytical evaluation with conceptual design decisions. The algorithm developed within the study provides a procedural framework that can assist architects and planners in navigating complex transformation scenarios.

Despite the results obtained, the study has several limitations. First, the proposed approach is based on interpretative analysis, which involves a degree of subjectivity in identifying aspects and their configurations. Second, the empirical verification relies on a qualitative analysis of case studies, without the application of quantitative methods or formalised evaluation criteria.

Future research may focus on the further development of the approach through the formalisation of aspect indicators, the exploration of quantitative or hybrid methods of analysis, and the expansion of the empirical base to include a wider range of building types and transformation contexts. In addition, the development of typologies based on recurring configurations of aspects and subsystem activation patterns represents a promising direction for further investigation.

Conclusions. This study develops an integrated aspect–system approach to the transformation of existing buildings, aimed at structuring the pre-design analysis and supporting the formation of transformation concepts.

Seven analytical aspects of building transformation have been identified and systematised, allowing the process of change to be interpreted as multidimensional and context-dependent. The study establishes a methodological framework that

integrates external and internal factors, analytical aspects and building subsystems into a unified structure of transformation analysis.

The concept of a dominant aspect configuration is introduced as a mechanism for identifying context-dependent priorities among transformation dimensions and linking them to the activation of building subsystems. In addition, an algorithm for applying the proposed approach within the pre-design stage is developed, enabling a structured transition from analytical evaluation to conceptual decision-making.

The empirical analysis confirms the applicability of the approach for interpreting building transformation processes and supports the research hypothesis that transformation is non-linear and context-dependent, and can be analytically structured through the interaction of aspects and subsystems.

The proposed approach contributes to the methodological development of architectural design in the context of existing buildings and provides a basis for further research, particularly in the direction of formalising analytical procedures and expanding empirical applications across different transformation contexts.

The proposed framework may serve as a foundation for the development of more formalised and computational approaches to building transformation analysis in future research.

REFERENCES

1. United Nations. Transforming our world: the 2030 Agenda for Sustainable Development. 2015. Accessed: 14 February 2026. Available at: https://sdgs.un.org/2030agenda
2. European Commission. The European Green Deal. Brussels; 2019. Accessed: 14 February 2026. Available at: https://commission.europa.eu/strategy-and-policy/priorities-2019-2024/european-green-deal_en
3. European Commission. A Renovation Wave for Europe – Greening our buildings, creating jobs, improving lives. Brussels; 2020. Accessed: 14 February 2026. Available at: https://energy.ec.europa.eu/topics/energy-efficiency/energy-efficient-buildings/renovation-wave_en
4. European Commission. New European Bauhaus Initiative. 2021. Accessed: 14 February 2026. Available at: https://new-european-bauhaus.europa.eu/index_en
5. European Commission. New European Bauhaus Compass. Brussels; 2022. Accessed: 14 February 2026. Available at: https://new-european-bauhaus.europa.eu/tools-and-resources/use-compass_en
6. Shahi, S.; Esfahani, M.E.; Bachmann, C.; Haas, C. A definition framework for building adaptation projects. Sustainable Cities and Society, 2020, 63: 102345. https://doi.org/10.1016/j.scs.2020.102345
7. Douglas, J. Building Adaptation. 2nd ed. London: Routledge, 2006. https://doi.org/10.4324/9780080458519
8. Lanz, F.; Pendlebury, J. Adaptive reuse: a critical review. The Journal of Architecture, 2022, 27(2–3), pp. 441–462. https://doi.org/10.1080/13602365.2022.2105381
9. Leshchenko N. Complex process of restorative-reconstructive transformations in the sustainable development of historical small towns. Spatium, 2023,49, pp.1–9. https://doi.org/10.2298/spat2301230051
10. Leshchenko N. Methodology of determining the degree of damage to a historical city center for its comprehensive restorative and reconstructive transformation. Wiadomosci

Konserwatorskie - Journal of Heritage Conservation, 2023,76, pp.23–31. doi: 10.48234/WK76DAMAGE

11. Minrehion Ukrainy. DBN A.2.2-3:2014. Sklad ta zmist proektnoi dokumentatsii na budivnytstvo. Kyiv: DP "Ukrarkhbudinform"; 2014 [In Ukrainian]

12. Huang, Y.; Zhuang, W.; Zheng, F. A graph-based decision-support method for early-stage building transformation layout design through spatial suitability evaluation. Journal of Building Engineering, 2025,101,111922. https://doi.org/10.1016/j.jobe.2025.111922

13. Bordass, B.; Pender, R.; Steele, K.; Graham, A. Learning to sail a building: a people-first approach to retrofit. Buildings and Cities, 2025, 6(1), pp. 378–397. https://doi.org/10.5334/bc.572.

14. Armstrong, G.; Wilkinson, S.; Cilliers, E.J. A framework for sustainable adaptive reuse: understanding vacancy and underuse in existing urban buildings. Front. Sustain. Cities, 2023, 5, 985656. doi: 10.3389/frsc.2023.985656

15. Pourebrahimi, M.; Karimi Azeri, A. R.; Pour Ahmadi, M. A decision-making framework to prioritize existing buildings for adaptive reuse with a case study of school buildings in Guilan, Iran. Architectural Science Review, 2023, 66(3), pp. 201–213. https://doi.org/10.1080/00038628.2023.2174067

16. Van Laar, B.; Greco, A.; Remøy, H.; Gruis, V.; Hamida, M.B. Towards desirable futures for the circular adaptive reuse of buildings. Sustainable Cities and Society, 2025, 122,106259. https://doi.org/10.1016/j.scs.2025.106259

17. Shu, L.; Zhao, D. Decision-Making Approach to Urban Energy Retrofit- A Comprehensive Review. Buildings, 2023, 13(6),1425. https://doi.org/10.3390/buildings13061425

18. Wilkinson, S.J.; Remøy, H.; Langston, C. Sustainable Building Adaptation: Innovations in Decision-Making. Wiley-Blackwell, 2014. https://doi.org/10.1002/9781118477151

19. Langston, C.; Wong, F.K.W.; Hui, E.C.M.; Shen, L.Y. Strategic assessment of building adaptive reuse opportunities in Hong Kong. Building and Environment, 2008, 43(10), pp.1709–1718. https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2007.10.017

20. Gosling, J.; Sassi, P.; Naim, M.; Lark, R. Adaptable buildings: a systems approach. Sustainable Cities and Society, 2013,7, pp. 44–51. https://doi.org/10.1016/j.scs.2012.11.002

21. Thuvander, L.; Femenías, P.; Mjörnell, K.; Meiling, P. Unveiling the process of sustainable renovation. Sustainability, 2012, 4(6), pp. 1188–1213. https://doi.org/10.3390/su4061188

22. Plevoets, B.; Van Cleempoel, K. Adaptive Reuse of the Built Heritage: Concepts and Cases of an Emerging Discipline (1st ed.). London: Routledge, 2019. https://doi.org/10.4324/9781315161440

23. Wong, L. Adaptive Reuse: Extending the Lives of Buildings. Basel: Birkhäuser, 2016.

24. Brooker, G.; Stone, S. Re-readings: 2: Interior Architecture and the Principles of Remodelling Existing Buildings (1st ed.). London: RIBA Publishing, 2019. https://doi.org/10.4324/9780367814601

25. Vafaie, F.; Remøy, H.; Gruis, V. Adaptive reuse of heritage buildings; a systematic literature review of success factors. Habitat International,2023, 142, 102926. https://doi.org/10.1016/j.habitatint.2023.102926.

26. Passer, A.; Ouellet-Plamondon, C.; Kenneally, P.; John, V.; Habert, G. The impact of future scenarios on building refurbishment strategies towards plus energy buildings. Energy and Buildings, 2016,124, pp.153–163. https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2016.04.008

27. Thibodeau, C.; Bataille, A.; Sié, M. Building rehabilitation life cycle assessment methodology–state of the art. Renewable and Sustainable Energy Reviews, 2019,103, pp.408–422. https://doi.org/10.1016/j.rser.2018.12.037

28. Pardo-Bosch, F.; Cervera, C.; Ysa, T. Key aspects of building retrofitting: Strategizing sustainable cities. Journal of Environmental Management, 2019, 248, 109247. https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2019.07.018

29. Giebeler, G.; Krause, H.; Fisch, R.; Musso, F.; Petzinka, K.; Rudolphi, A. Refurbishment Manual: Maintenance, Conversions, Extensions. Birkhäuser Basel, 2009

30. Della Spina, L. Cultural heritage: a hybrid framework for ranking adaptive reuse strategies. Buildings, 2021,11(3),132. https://doi.org/10.3390/buildings11030132

31. Letzter, J.; Neuman, E. Addition to historic building: A hermeneutic interpretation. Cogent Arts & Humanities, 2022, 9 (1). https://doi.org/10.1080/23311983.2022.2079587

32. Neto, A.M.N.C. The architectural intervention in existent buildings. Semina: Ciências Exatas e Tecnológicas. 2004,13(4), pp. 265–268. https://doi.org/10.5433/1679-0375.1992v13n4p265

33. Osychenko, H.; Kuznietsova Y. Form-making methods in landform architecture. Electronic Journal of the Faculty of Civil Engineering Osijek-e-GFOS, 2020,11(21), pp.1–17. https://doi.org/10.13167/2020.21.1

34. Designboom. National Museum of Photography Rotterdam warehouse renovation. Accessed: 14 February 2026. Available at: https://www.designboom.com/architecture/national-museum-photography-rotterdam-netherlands-warehouse-renovation-11-26-2024/

35. Designboom. Providur's Palace renovation, Zadar. Accessed: 14 February 2026. Available at: https://www.designboom.com/architecture/iva-letilovic-igor-pedisic-providurs-palace-renovation-zadar-croatia-02-15-2023/

36. Village. Octo Tower – Blur Coffee Brew Bar School Studio. Accessed: 14 February 2026. Available at: https://www.village.com.ua/village/food/new-place/301619-octo-tower-blur-coffee-brew-bar-school-studio-klovska-mechnykova

37. ArchDaily. Green Renovation / Vo Trong Nghia Architects. Accessed:14 February 2026. Available at: https://www.archdaily.com/533878/green-renovation-vo-trong-nghia-architects,

38. SFA. Haus 07 project. Accessed: 14 February 2026. Available at: https://www.sfa.de/en/projekte/haus-07/

39. Baunetz Wissen. Rückbau einer Plattenbauzeile in Leinefelde. Accessed: 14 February 2026. Available at: https://www.baunetzwissen.de/bauen-im-bestand/objekte/wohnen/rueckbau-einer-plattenbauzeile-in-leinefelde-69134

Доктор архітектури, професор **Осиченко Галина,**
Запорізький національний університет

ІНТЕГРОВАНИЙ АСПЕКТНО-СИСТЕМНИЙ ПІДХІД ДО ТРАНСФОРМАЦІЇ БУДІВЕЛЬ

У статті розроблено інтегрований аспектно-системний підхід до трансформації існуючих будівель, що функціонує як методологічна рамка поєднання аналітичного рівня дослідження з концептуалізацією проектного рішення.

1. Виокремлено та систематизовано сім аналітичних аспектів трансформації *(онтологічний, соціо-культурний аспект, часовий, ціннісно-смисловий, інтерпретаційний, етичний аспект, економіко-ресурсний),* які дозволяють інтерпретувати зміни будівлі як багатовимірний і контекстно

зумовлений процес.

2. Сформовано інтегрований аспектно-системний підхід, що поєднує взаємодію зовнішніх і внутрішніх факторів, аспектів трансформації та підсистем будівлі в єдину структурну логіку обґрунтування концепції трансформації.

3. Визначено поняття домінантної аспектної конфігурації як механізму виявлення ситуативної пріоритетності аспектів та структури активації підсистем.

4. Розроблено алгоритм застосування підходу, що забезпечує послідовний аналіз умов трансформації та формування концепції на стадії передпроєктного аналізу.

Емпірична верифікація засвідчила операційність підходу та його придатність для інтерпретації характеру активації підсистем у різних контекстах, при цьому морфологічний результат трансформації формується у межах проектного рішення.

Теоретична значущість дослідження полягає у забезпеченні методологічної структуризації передпроєктного аналізу трансформації існуючих будівель. Практична значущість полягає у можливості використання запропонованого алгоритму як інструменту структурованого аналізу та обґрунтування трансформаційних стратегій на стадії передпроєктного аналізу. Отримані результати відкривають перспективи подальших теоретичних і прикладних досліджень, пов’язаних із поглибленим аналізом взаємодії аспектів трансформації, розробленням типологій на основі варіацій домінантних аспектних конфігурацій і структури активації підсистем, а також апробацією підходу на ширшому спектрі об’єктів і формуванням критеріїв оцінювання глибини втручання в окремі підсистеми будівлі

Ключові слова: трансформація будівлі; аспектно-орієнтована модель трансформації будівлі; інтегрований аспектно-системний підхід; конфігурація домінантних аспектів; системно-структурна модель будівлі

BIBLIOGRAPHY:

1. United Nations. Transforming our world: the 2030 Agenda for Sustainable Development. 2015. Accessed: 14 February 2026. Available at: https://sdgs.un.org/2030agenda {in English}

2. European Commission. The European Green Deal. Brussels; 2019. Accessed: 14 February 2026. Available at: https://commission.europa.eu/strategy-and-policy/priorities-2019-2024/european-green-deal_en {in English}

3. European Commission. A Renovation Wave for Europe – Greening our buildings, creating jobs, improving lives. Brussels; 2020. Accessed: 14 February

2026. Available at: https://energy.ec.europa.eu/topics/energy-efficiency/energy-efficient-buildings/renovation-wave_en {in English}

4. European Commission. New European Bauhaus Initiative. 2021. Accessed: 14 February 2026. Available at: https://new-european-bauhaus.europa.eu/index_en {in English}

5. European Commission. New European Bauhaus Compass. Brussels; 2022. Accessed: 14 February 2026. Available at: https://new-european-bauhaus.europa.eu/tools-and-resources/use-compass_en {in English}

6. Shahi, S.; Esfahani, M.E.; Bachmann, C.; Haas, C. A definition framework for building adaptation projects. Sustainable Cities and Society, 2020, 63: 102345. https://doi.org/10.1016/j.scs.2020.102345 {in English}

7. Douglas, J. Building Adaptation. 2nd ed. London: Routledge, 2006. https://doi.org/10.4324/9780080458519 {in English}

8. Lanz, F.; Pendlebury, J. Adaptive reuse: a critical review. The Journal of Architecture, 2022, 27(2–3), pp. 441–462. https://doi.org/10.1080/13602365.2022.2105381 {in English}

9. Leshchenko N. Complex process of restorative-reconstructive transformations in the sustainable development of historical small towns. Spatium, 2023,49, pp.1–9. https://doi.org/10.2298/spat2301230051 {in English}

10. Leshchenko N. Methodology of determining the degree of damage to a historical city center for its comprehensive restorative and reconstructive transformation. Wiadomosci Konserwatorskie - Journal of Heritage Conservation, 2023,76, pp.23–31. doi: 10.48234/WK76DAMAGE {in English}

11. Minrehion Ukrainy. DBN A.2.2-3:2014. Sklad ta zmist proektnoi dokumentatsii na budivnytstvo. Kyiv: DP "Ukrarkhbudinform"; 2014 {In Ukrainian}

12. Huang, Y.; Zhuang, W.; Zheng, F. A graph-based decision-support method for early-stage building transformation layout design through spatial suitability evaluation. Journal of Building Engineering, 2025,101,111922. https://doi.org/10.1016/j.jobe.2025.111922 {in English}

13. Bordass, B.; Pender, R.; Steele, K.; Graham, A. Learning to sail a building: a people-first approach to retrofit. Buildings and Cities, 2025, 6(1), pp. 378–397. https://doi.org/10.5334/bc.572. {in English}

14. Armstrong, G.; Wilkinson, S.; Cilliers, E.J. A framework for sustainable adaptive reuse: understanding vacancy and underuse in existing urban buildings. Front. Sustain. Cities, 2023, 5, 985656. doi: 10.3389/frsc.2023.985656 {in English}

15. Pourebrahimi, M.; Karimi Azeri, A. R.; Pour Ahmadi, M. A decision-making framework to prioritize existing buildings for adaptive reuse with a case study of school buildings in Guilan, Iran. Architectural Science Review, 2023, 66(3), pp. 201–213. https://doi.org/10.1080/00038628.2023.2174067 {in English}

16. Van Laar, B.; Greco, A.; Remøy, H.; Gruis, V.; Hamida, M.B. Towards desirable futures for the circular adaptive reuse of buildings. Sustainable Cities and Society, 2025, 122,106259. https://doi.org/10.1016/j.scs.2025.106259 in English}

17. Shu, L.; Zhao, D. Decision-Making Approach to Urban Energy Retrofit-A Comprehensive Review. Buildings, 2023, 13(6),1425. https://doi.org/10.3390/buildings13061425 {in English}

18. Wilkinson, S.J.; Remøy, H.; Langston, C. Sustainable Building Adaptation: Innovations in Decision-Making. Wiley-Blackwell, 2014. https://doi.org/10.1002/9781118477151 {in English}

19. Langston, C.; Wong, F.K.W.; Hui, E.C.M.; Shen, L.Y. Strategic assessment of building adaptive reuse opportunities in Hong Kong. Building and Environment, 2008, 43(10), pp.1709–1718. https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2007.10.017 {in English}

20. Gosling, J.; Sassi, P.; Naim, M.; Lark, R. Adaptable buildings: a systems approach. Sustainable Cities and Society, 2013,7, pp. 44–51. https://doi.org/10.1016/j.scs.2012.11.002 {in English}

21. Thuvander, L.; Femenías, P.; Mjörnell, K.; Meiling, P. Unveiling the process of sustainable renovation. Sustainability, 2012, 4(6), pp. 1188–1213. https://doi.org/10.3390/su4061188 {in English}

22. Plevoets, B.; Van Cleempoel, K. Adaptive Reuse of the Built Heritage: Concepts and Cases of an Emerging Discipline (1st ed.). London: Routledge, 2019. https://doi.org/10.4324/9781315161440

23. Wong, L. Adaptive Reuse: Extending the Lives of Buildings. Basel: Birkhäuser, 2016. {in English}

24. Brooker, G.; Stone, S. Re-readings: 2: Interior Architecture and the Principles of Remodelling Existing Buildings (1st ed.). London: RIBA Publishing, 2019. https://doi.org/10.4324/9780367814601 {in English}

25. Vafaie, F.; Remøy, H.; Gruis, V. Adaptive reuse of heritage buildings; a systematic literature review of success factors. Habitat International,2023, 142, 102926. https://doi.org/10.1016/j.habitatint.2023.102926. {in English}

26. Passer, A.; Ouellet-Plamondon, C.; Kenneally, P.; John, V.; Habert, G. The impact of future scenarios on building refurbishment strategies towards plus energy buildings. Energy and Buildings, 2016,124, pp.153–163. https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2016.04.008 in English}

27. Thibodeau, C.; Bataille, A.; Sié, M. Building rehabilitation life cycle assessment methodology–state of the art. Renewable and Sustainable Energy Reviews, 2019,103, pp.408–422. https://doi.org/10.1016/j.rser.2018.12.037 {in English}

28. Pardo-Bosch, F.; Cervera, C.; Ysa, T. Key aspects of building retrofitting: Strategizing sustainable cities. Journal of Environmental Management, 2019, 248, 109247. https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2019.07.018 {in English}

29. Giebeler, G.; Krause, H.; Fisch, R.; Musso, F.; Petzinka, K.; Rudolphi, A. Refurbishment Manual: Maintenance, Conversions, Extensions. Birkhäuser Basel, 2009 {in English}

30. Della Spina, L. Cultural heritage: a hybrid framework for ranking adaptive reuse strategies. Buildings, 2021,11(3),132. https://doi.org/10.3390/buildings11030132 {in English}

31. Letzter, J.; Neuman, E. Addition to historic building: A hermeneutic interpretation. Cogent Arts & Humanities, 2022, 9 (1). https://doi.org/10.1080/23311983.2022.2079587 {in English}

32. Neto, A.M.N.C. The architectural intervention in existent buildings. Semina: Ciências Exatas e Tecnológicas. 2004,13(4), pp. 265–268. https://doi.org/10.5433/1679-0375.1992v13n4p265 {in English}

33. Osychenko, H.; Kuznietsova Y. Form-making methods in landform architecture. Electronic Journal of the Faculty of Civil Engineering Osijek-e-GFOS, 2020,11(21), pp.1–17. https://doi.org/10.13167/2020.21.1 {in English}

34. Designboom. National Museum of Photography Rotterdam warehouse renovation. Accessed: 14 February 2026. Available at: https://www.designboom.com/architecture/national-museum-photography-rotterdam-netherlands-warehouse-renovation-11-26-2024/ {in English}

35. Designboom. Providur's Palace renovation, Zadar. Accessed: 14 February 2026. Available at: https://www.designboom.com/architecture/iva-letilovic-igor-pedisic-providurs-palace-renovation-zadar-croatia-02-15-2023/ {in English}

36. Village. Octo Tower – Blur Coffee Brew Bar School Studio. Accessed: 14 February 2026. Available at: https://www.village.com.ua/village/food/new-place/301619-octo-tower-blur-coffee-brew-bar-school-studio-klovska-mechnykova {in Ukrainian}

37. ArchDaily. Green Renovation / Vo Trong Nghia Architects. Accessed:14 February 2026. Available at: https://www.archdaily.com/533878/green-renovation-vo-trong-nghia-architects, {in English}

38. SFA. Haus 07 project. Accessed: 14 February 2026. Available at: https://www.sfa.de/en/projekte/haus-07/ {in English}

39. Baunetz Wissen. Rückbau einer Plattenbauzeile in Leinefelde. Accessed: 14 February 2026. Available at: https://www.baunetzwissen.de/bauen-im-bestand/objekte/wohnen/rueckbau-einer-plattenbauzeile-in-leinefelde-69134 {in English}

DOI: 10.32347/2076-815x.2026.93.54-64
УДК: 72.01:004.92:711.4

Андрухів М.І.,
marian.i.andrukhiv@ukd.edu.ua, ORCID: 0009-0008-2446-536X,
компанія «БЛАГО», м. Івано-Франківськ, Україна

МЕТОДОЛОГІЧНІ ПІДХОДИ ДО АНАЛІЗУ ПАРАМЕТРИЧНИХ АРХІТЕКТУРНИХ ФОРМ

Систематизовано методологічні підходи до аналізу параметричних архітектурних форм у контексті цифрової трансформації сучасної архітектури. Обґрунтовано, що параметрична архітектура не може розглядатися лише як формально-пластичний експеримент або візуальна мова складних поверхонь, оскільки її сутність полягає у взаємозв'язку геометрії, алгоритмів, конструкції, матеріалу, екологічних параметрів, сценаріїв користування та користувацького досвіду. Запропоновано інтегровану методологічну рамку, яка поєднує системний, структурно-функціональний, морфологічний, генеративно-алгоритмічний, сценарний, поведінковий, когнітивно-орієнтаційний, візуально-перцептивний, середовищно-екологічний, матеріально-конструктивний, соціально-просторовий, семіотичний, аксіологічний, порівняльно-типологічний і післяексплуатаційний підходи. Доведено, що оцінювання параметричних форм має враховувати не лише складність геометрії, а й функціональну доцільність, читабельність, адаптивність, екологічну ефективність, соціальну інклюзивність, семантичну зрозумілість та відповідність заявленим цінностям. Окреслено послідовну процедуру аналізу параметричного об'єкта від опису контексту й алгоритмічної логіки до перевірки реального користування та багатокритеріальної оцінки.

Ключові слова: параметрична архітектура; параметричне проєктування; методологія аналізу; архітектурна форма; цифрове моделювання; морфологічний аналіз; користувацький досвід; середовищна ефективність.

Вступ. Сучасна архітектура перебуває у стані глибокої методологічної трансформації, що зумовлена активним поширенням цифрових технологій, алгоритмічного проєктування, інформаційного моделювання, параметричного формоутворення та імітаційного аналізу архітектурного середовища. У цьому контексті параметрична архітектура постає не лише як напрям формально-пластичних експериментів або як візуально впізнавана мова складних криволінійних поверхонь, а як особливий спосіб організації архітектурного мислення. Її сутність полягає в тому, що форма розглядається не як остаточно

зафіксований композиційний результат, а як похідна від системи взаємопов'язаних параметрів, обмежень, алгоритмічних правил, сценаріїв використання, матеріальних властивостей, інженерних вимог, екологічних чинників і очікуваного користувацького досвіду [3, с. 14].

Параметрична форма є не стільки завершеним «об'єктом» у традиційному розумінні, скільки процесуальною моделлю, у якій зміна вихідних параметрів може спричиняти зміну просторової конфігурації, функціональної логіки, візуального образу або середовищної ефективності. Саме тому її аналіз не може обмежуватися традиційними прийомами опису композиції, стилю, пропорцій чи художньої виразності. Параметричну архітектуру необхідно оцінювати одночасно як алгоритмічно згенеровану систему, матеріально-конструктивний об'єкт, функціональне середовище, простір користування та носій соціокультурних значень.

Мета статті – систематизувати методологічні підходи до аналізу параметричних архітектурних форм та обґрунтувати інтегровану модель їх оцінювання з урахуванням алгоритмічної логіки, просторової організації, функціональної ефективності, користувацького досвіду, екологічної доцільності та соціокультурного змісту.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. У сучасних працях з архітектурної теорії та цифрового проєктування параметрична архітектура дедалі частіше трактується не лише як засіб формотворення, а як інструмент роботи з комплексними взаємозалежностями між формою, функцією, матеріалом, конструкцією, середовищем і користувачем. Дослідження системного підходу в архітектурі підкреслюють необхідність розглядати об'єкт як цілісну структуру взаємопов'язаних елементів [7]. Праці з основ архітектурного проєктування акцентують значення функціональної організації, ієрархії простору, композиційної логіки та відповідності форми завданням середовища [11].

Окремий напрям досліджень пов'язаний із морфологічним аналізом, що дозволяє розглядати архітектурну форму не як одиничний результат, а як варіант у ширшому полі можливих конфігурацій [4; 19]. Важливими для дослідження параметричної форми є також роботи, присвячені візуальному сприйняттю, сценарному моделюванню, поведінковому аналізу, адаптивності архітектурного середовища та семіотичному прочитанню простору [2; 6; 9; 10]. Водночас у науковому дискурсі ще недостатньо систематизовано методологію комплексного оцінювання параметричних форм як одночасно цифрових, матеріальних, екологічних, соціальних і семіотичних явищ.

Виклад основного матеріалу. З огляду на те, що форма параметричної архітектури майже ніколи не є ізольованим художнім жестом або автономною

пластичною композицією, вона вимагає системного аналізу. Параметрична форма формується через мережу залежностей між геометрією, конструкцією, матеріалом, кліматичними параметрами, функціональною програмою, потоками користувачів, економікою реалізації, сценаріями експлуатації та логікою майбутньої адаптації. У такому розумінні архітектурний об'єкт постає як складна багаторівнева система, у якій окремі елементи не можуть бути повноцінно оцінені поза їхніми зв'язками з іншими елементами.

Системний підхід дозволяє виявити, які параметри є визначальними для формоутворення, які виконують допоміжну роль, а які виступають обмеженнями, що спрямовують варіативність форми. Наприклад, у параметричному фасаді важливо аналізувати не лише пластичний рисунок оболонки, а й те, як він пов'язаний із сонячною інсоляцією, візуальною проникністю, енергоефективністю, вентиляцією, акустичним захистом, конструктивною логікою, матеріальною витратністю та характером сприйняття будівлі з різних точок міського простору. Такий підхід дає змогу розрізнити складність, що має конструктивне або середовищне підґрунтя, і складність, яка є лише стилізованим образом цифрової форми.

Структурно-функціональний підхід конкретизує системний аналіз, оскільки спрямований на виявлення того, як внутрішня організація параметричної форми забезпечує виконання її функцій. Йдеться не лише про відповідність простору запроєктованій програмі, а й про здатність архітектурної форми підтримувати різні режими користування, трансформуватися відповідно до зміни інтенсивності потоків, розрізняти рівні публічності та приватності, забезпечувати зрозумілу ієрархію зон і не створювати конфліктів між транзитом, перебуванням, комунікацією та відпочинком.

Для параметричних об'єктів це особливо важливо, адже складна геометрія може як підсилювати функціональну гнучкість, так і породжувати надлишкову невизначеність. Пластична поверхня, градієнтна оболонка або криволінійний план можуть виглядати як ознаки інноваційності, проте з погляду користувача вони мають бути перевірені через питання зручності, доступності, читабельності та сценарної доцільності. Якщо складність не підсилює функцію, не покращує навігацію, комфорт і сценарії користування, вона може бути інтерпретована як формальна надмірність.

Важливою складовою структурно-функціонального підходу є використання топологічних і графових методів. Простір може бути представлений як мережа вузлів, зв'язків, переходів, зон концентрації та напрямів руху. Такий підхід дає змогу кількісно оцінювати доступність, зв'язність, центральність, глибину простору, інтенсивність потенційних

потоків, ризики перевантаження окремих ділянок і рівень інтегрованості різних зон. Для параметричної архітектури це має особливе значення, адже її візуальна складність не завжди збігається з просторовою ефективністю [8].

Морфологічний аналіз параметричних форм спрямований на дослідження закономірностей їхньої побудови, трансформації та варіативності. На відміну від традиційного морфологічного аналізу, який часто описує форму як завершений об'єкт, у параметричній архітектурі морфологія розглядається як процес, тобто як результат дії певних правил формоутворення [4, с. 79]. Форма тут генерується через зміну параметрів: радіуса кривизни, щільності сітки, кута нахилу елементів, модуляції фасадної оболонки, висоти, ритму, масштабу, розподілу світла, ступеня прозорості, інтенсивності перфорації або характеру взаємодії з ландшафтом.

Особливо продуктивним для такого аналізу є поняття простору морфологічних варіантів. Воно дозволяє розглядати параметричну форму як одну з можливих реалізацій у ширшому полі проєктних альтернатив, які формуються через модулі, параметри, обмеження сумісності та критерії ефективності [19]. Для аналізу фасадної системи, наприклад, можна визначити тип геометричної основи, щільність елементів, глибину оболонки, ступінь прозорості, характер затінення, матеріал, конструктивну схему, можливість демонтажу та зв'язок із внутрішньою функцією. Це дає змогу оцінювати не лише естетичну виразність, а й енергоефективність, матеріальну раціональність, вартість, ремонтопридатність і вплив на користувацьке сприйняття.

Окремим напрямом є генеративно-алгоритмічний аналіз, який дозволяє оцінити параметричну форму через логіку її цифрового породження. У цьому випадку предметом дослідження стає не лише готовий архітектурний результат, а й алгоритм, який його створив. Аналізуються правила побудови, вихідні параметри, обмеження, взаємозалежності, сценарії варіативності, критерії оптимізації та межі допустимої трансформації. Такий підхід дозволяє відокремити справжню параметричність від поверхового використання цифрової естетики – не кожна складна криволінійна форма є параметричною у методологічному сенсі.

Сценарний підхід дозволяє оцінити параметричну форму через послідовність дій користувача в просторі. Параметричне середовище не може бути повноцінно зрозумілим лише через план, розріз, фасад або візуалізацію. Його необхідно аналізувати як процес перебування: вхід, наближення, орієнтація, вибір маршруту, рух, зупинка, споглядання, комунікація, відпочинок, зміна режиму користування та вихід. Саме сценарний аналіз

показує, чи підтримує форма реальні поведінкові моделі, чи вона залишається переважно формальною композицією.

Сценарний підхід доцільно посилювати методами семіотичного аналізу архітектурного середовища. У дослідженні О. Трошкіної наголошується на значенні сценарію сприйняття, сюжетної структури середовища та точок-«гачків», які впливають на рух і сприйняття людини на семантичному, морфологічному й синтактичному рівнях [10, с. 58]. Для параметричних форм це особливо важливо, адже складна архітектурна геометрія часто розгортається не одномоментно, а послідовно – через зміну ракурсів, просторових епізодів, візуальних акцентів і поведінкових переходів.

Сценарний аналіз доцільно поєднувати з поведінковим картуванням, яке дозволяє фіксувати реальні просторові дії користувачів. За допомогою спостереження можна встановити, де люди зупиняються, які маршрути обирають, які зони уникають, де виникає комунікація, де формується скупчення, які елементи середовища стимулюють затримку, а які залишаються невикористаними. Для параметричної архітектури це особливо важливо, оскільки її елементи часто мають неоднозначне функціональне призначення і можуть одночасно виконувати роль лави, межі, сцени, ландшафтного елемента або візуального акценту [9, с. 69].

Когнітивно-орієнтаційний підхід дає змогу оцінити параметричну форму з погляду її зрозумілості для користувача. Параметрична архітектура часто характеризується складною геометрією, криволінійністю, нестандартними переходами, змінною висотою, багатошаровими оболонками та нетиповою організацією простору. Такі ознаки можуть збагачувати архітектурний досвід, однак водночас ускладнювати орієнтацію. Тому одним із ключових критеріїв оцінки параметричних форм є читабельність середовища, тобто здатність користувача зрозуміти просторову структуру, виокремити орієнтири, запам’ятати маршрути та сформувати внутрішню карту простору [2, с. 175].

Візуально-перцептивний підхід спрямований на оцінку того, як параметрична форма сприймається в русі, з різних точок огляду, за різних умов освітлення та на різних масштабних рівнях. Параметрична архітектура часто не розкривається повністю з однієї позиції, тому важливо аналізувати не лише фасадну композицію або загальний силует, а й послідовність візуальних вражень. Доцільними є методи аналізу видимості, оцінювання візуальних полів, побудови карт візуальної проникності, виявлення зон відкритості та закритості, аналізу перспективних розкриттів [1, с. 23; 15].

Середовищно-екологічний підхід розглядає параметричну форму як інструмент регулювання мікроклімату, енергетичних потоків і екологічної ефективності. Параметричне моделювання дає змогу враховувати інсоляцію,

затінення, природну вентиляцію, тепловий комфорт, аерацію, вітрові коридори, акустичні умови, водовідведення, озеленення та матеріальну ефективність [17]. Водночас такий аналіз має бути критичним: не кожна біоморфна або криволінійна форма є екологічно ефективною. Форма може імітувати природні структури, але потребувати надмірної кількості матеріалів, складного виробництва або високої вартості обслуговування.

Матеріально-конструктивний підхід дозволяє перевірити, наскільки параметрична форма є технологічно обґрунтованою. Одна з проблем параметричної архітектури полягає в тому, що складна геометрія може залишатися ефектною на рівні цифрової моделі, але бути складною, дорогою або нераціональною в реалізації. Тому методологія аналізу повинна включати оцінку конструктивної логіки, матеріальної доцільності, вузлів, модульності, повторюваності елементів, можливостей виготовлення, монтажу, обслуговування та демонтажу [12]. Особливо важливим є співвідношення унікальності й серійності, оскільки ефективна реалізація складної форми часто потребує модульної дисципліни.

Соціально-просторовий підхід оцінює параметричну форму з погляду її впливу на взаємодію людей. Архітектура не лише організовує рух, а й формує умови комунікації, спільного перебування, приватності, видимості, доступності та соціальної інклюзії. Параметричне середовище може створювати гнучкі просторові сценарії, де різні групи користувачів мають можливість перебувати поруч, не витісняючи одна одну. Водночас складна форма може створювати приховані бар’єри, зони соціальної ізоляції, простори надмірної експозиції або, навпаки, ділянки недостатнього соціального контролю [14, p. 301].

Просторово-семіотичний підхід дозволяє інтерпретувати параметричну архітектуру як систему знаків, образів і смислів. Складна форма завжди комунікує з користувачем: вона може позначати відкритість або закритість, динаміку або стабільність, технологічність або природність, публічність або камерність. У параметричній архітектурі ця комунікація часто здійснюється не через прямі символи, а через градієнти, ритми, структури, фактури, прозорість, щільність, світло й тінь [5, с. 51; 13, p. 2180]. Тому семіотичний аналіз має виявляти, які значення продукує форма і чи є вони зрозумілими для користувача.

Аксіологічний підхід доповнює семіотичний аналіз, оскільки дозволяє з’ясувати, які цінності втілює параметрична форма. Для сучасної архітектури такими цінностями можуть бути інноваційність, екологічність, відкритість, інклюзивність, адаптивність, технологічність, локальна ідентичність, комфорт, соціальна взаємодія, економія ресурсів і повага до контексту [16, p. 37; 18, с. 182]. Параметрична форма не є нейтральною: вона завжди репрезентує певну

модель ставлення до простору, людини, природи й технології. Тому оцінка має включати питання про відповідність форми заявленим цінностям.

Важливою методологічною складовою є післяексплуатаційне оцінювання, яке дозволяє перевірити параметричну форму через реальний досвід користувачів після початку експлуатації об'єкта. Цей підхід дає змогу зіставити проєктний задум із фактичним використанням простору, виявити непередбачені сценарії, проблемні маршрути, зони надмірного або недостатнього навантаження, рівень задоволеності користувачів, ефективність навігації, соціальну інклюзивність і довготривалу стійкість середовища.

Окремо слід виділити порівняльно-типологічний підхід, який дозволяє оцінювати параметричні форми через зіставлення з іншими архітектурними рішеннями. Такий аналіз може здійснюватися на кількох рівнях: порівняння параметричних і непараметричних об'єктів однієї функції; порівняння різних параметричних об'єктів у межах одного типу; порівняння міжнародних і локальних практик; порівняння проєктної моделі та реалізованого об'єкта. Це дає змогу уникнути ізольованої оцінки та виявити реальні переваги й обмеження параметричного підходу.

Загальною рамкою для інтеграції названих підходів може бути багатокритеріальне оцінювання параметричних форм. Оскільки параметрична архітектура поєднує естетичний, функціональний, конструктивний, екологічний, соціальний, семіотичний і технологічний виміри, її оцінка не може ґрунтуватися на одному показнику. Об'єкт може бути естетично виразним, але функціонально незручним; технологічно інноваційним, але екологічно неефективним; символічно сильним, але соціально закритим. Саме багатокритеріальна модель дозволяє виявити баланс між різними якостями архітектурної форми.

На нашу думку, параметричну форму доцільно розглядати як результат взаємодії трьох рівнів: проєктної логіки, середовищної дії та користувацького досвіду. Проєктна логіка пояснює, які параметри, алгоритми й обмеження сформували об'єкт. Середовищна дія показує, як форма впливає на клімат, матеріальність, просторові зв'язки та функціонування. Користувацький досвід виявляє, як люди реально сприймають, освоюють і використовують простір. Лише поєднання цих трьох рівнів дозволяє сформувати науково обґрунтовану оцінку параметричної архітектури.

Висновки. Методологія оцінювання параметричних архітектурних об'єктів повинна бути інтегрованою, багаторівневою та міждисциплінарною. Системний підхід дозволяє побачити об'єкт як цілісну структуру взаємозалежних параметрів; структурно-функціональний – перевірити відповідність форми функції; морфологічний – описати логіку варіативності;

генеративно-алгоритмічний – реконструювати цифровий процес формотворення; сценарний і поведінковий – оцінити реальні моделі користування; когнітивний і візуально-перцептивний – визначити читабельність і якість сприйняття; середовищно-екологічний і матеріально-конструктивний – перевірити доцільність форми з погляду ресурсів, клімату та реалізації; соціально-просторовий, семіотичний і аксіологічний – з'ясувати її соціокультурний зміст.

Параметрична архітектура не може оцінюватися лише за ознакою складної геометрії або цифрової новизни. Її справжня якість визначається тим, чи здатна форма забезпечити функціональну ясність, конструктивну раціональність, екологічну ефективність, соціальну відкритість, сценарну гнучкість, зрозумілу орієнтацію та змістовний зв'язок із контекстом. Якщо ці виміри не враховані, параметрична форма ризикує залишитися стилістичним жестом, а не повноцінним архітектурним середовищем.

Подальший напрямок дослідження. Перспективи подальших досліджень полягають у розробленні прикладних шкал багатокритеріального оцінювання параметричних архітектурних форм, які дозволять зіставляти функціональні, екологічні, конструктивні, перцептивні та соціокультурні показники. Окремого вивчення потребує апробація запропонованої методології на конкретних реалізованих об'єктах громадської, житлової та промислової архітектури. Важливим напрямом є також поєднання класичних методів архітектурного аналізу з цифровими інструментами симуляції, поведінкового картування, BIM-аналітики та післяексплуатаційного оцінювання.

Бібліографічний список

1. Андрусенко Є., Давидов А. Трансформація інструментарію та засобів презентації архітектурних проєктів: історичний та сучасний контексти. *Українська академія мистецтва*. 2025. Вип. 37. С. 20-28. DOI: https://doi.org/10.32782/2411-3034-2025-37-3.

2. Буравченко С.Г. Ситуативні підходи у сценарному моделюванні візуального сприйняття архітектурних об'єктів і середовища. *Архітектурний вісник КНУБА*. 2019. Вип. 17–18. С. 171–181.

3. Іванова С., Анпілогов А. Параметрична архітектура у контексті розширення інструментів публічного управління. *Аспекти публічного управління*. 2025. Т. 13, № 3. С. 12-20. URL: DOI: https://doi.org/10.15421/152525

4. Крамарчук Х., Бабкіна О. Морфологічний аналіз як інструменту проєктуванні. *Вісник Національного університету «Львівська політехніка». Серія: «Архітектура»*. 2023. №2(10). С. 77-86. URL: https://science.lpnu.ua/sites/default/files/journal-paper/2023/oct/31616/8.pdf

5. Нестеренко В., Давидов А. Досвід та засоби параметричного проєктування житлових будівель. *Вісник Національної академії образотворчого мистецтва і архітектури*. 2025. №3. С. 49–59. URL: https://doi.org/10.32782/naoma-bulletin-2025-3-6

6. Олійник О.П. Теоретико-методологічні основи формоутворення міських громадських просторів : дис. … д-ра архітектури : 18.00.01. Харків, 2021. 437 с.

7. Панова Л.П. Теорія систем і архітектура : лекції для студентів 5 курсу напряму «Архітектура». Харків : ХНАМГ, 2007. 175 с.

8. Порівняння графових баз даних Neo4j, ArangoDB та OrientDB: яку обрати? URL: https://careers.epam.ua/blog/comparison-of-graph-databases-neo4j-arangodb-orientdb

9. Стасюк О.В., Шило Н.М. Розвиток ідей адаптивності в архітектурі. *Архітектурний вісник КНУБА*. 2017. Вип. 17–18. С. 66–72.

10. Трошкіна О. Семіотичний аналіз архітектурного середовища на основі методу побудови кіносценарію. *Українська академія мистецтва*. 2023. Вип. 34. С. 55-61. DOI: https://doi.org/10.32782/2411-3034-2023-34-7

11. Шубович С.О., Панова Л.П., Гамалєй Г.В. та ін. Основи і методи архітектурного проектування : курс лекцій. Харків: ХНАМГ, 2009. 113 с.

12. Abdelmohsen S., Massoud P. Material-based Parametric Form Finding: Learning Parametric Design through Computational Making. *Conference Paper*. 2021. URL: https://www.researchgate.net/publication/350740101_Material-based_Parametric_Form_Finding_Learning_Parametric_Design_through_Computational_Making

13. Abdullah H.K. Exploring the meaning in parametricism: a semiotic approach. *Journal of Asian Architecture and Building Engineering*. 2025. Vol. 24, Issue 4. P. 2178–2190. URL: https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/13467581.2024.2358207

14. Al-Jokhadar A. Towards a socio-spatial parametric grammar for sustainable tall residential buildings in hot-arid regions learning from the vernacular model of the Middle East and North Africa. 2018. 840 p. URL: https://www.academia.edu/72991412/Towards_a_socio_spatial_parametric_grammar_for_sustainable_tall_residential_buildings_in_hot_arid_regions_learning_from_the_vernacular_model_of_the_Middle_East_and_North_Africa

15. Basu T., Ghosh M. Visual perception of space and parametric design: A brief discussion. *Annual International Conference on Urban Planning and Property Development (UPPD 2016)*. 2016. DOI: 10.5176/0000-0000_UPPD.24. URL: https://www.researchgate.net/publication/309221382_Visual_perception_of_space_and_parametric_design_A_brief_discussion

16. Boychenko K.V. Philosophy of Parametric Design in Interactive Architecture Framework. *Bulletin of Science and Practice*. 2017. No. 3. P. 35–41. DOI: https://doi.org/10.5281/zenodo.399061.

17. Giedrowicz M. Parametric Design for Ecological Purposes – Case Studies and Algorithm Examples. *Journal of Sustainable Architecture and Civil Engineering*. 2015. Vol. 12, No. 3. DOI: https://doi.org/10.5755/j01.sace.12.3.12989.

18. Liu W., Bezuhla R. Natural Forms and Patterns in Parametric Design. *Актуальні проблеми сучасного дизайну*: матеріали VI Міжнародної науково-практичної конференції, Київ, КНУТД, 4 квітня 2025 р. Київ : КНУТД, 2025. С. 181-184.

19. Parameterized Morphology Design Space. Emergent Mind. 2025. URL: https://www.emergentmind.com/topics/parameterized-morphology-design-space.

Marian Andrukhiv,
BLAGO Company, Ivano-Frankivsk, Ukraine

METHODOLOGICAL APPROACHES TO THE ANALYSIS OF PARAMETRIC ARCHITECTURAL FORMS

The article systematizes methodological approaches to the analysis of parametric architectural forms in the context of the digital transformation of

contemporary architecture. It is argued that parametric architecture should not be interpreted only as a formal-plastic experiment or a visually recognizable language of complex curvilinear surfaces. Its essence lies in the interaction of geometry, algorithms, structure, material, environmental parameters, scenarios of use and user experience. The study proposes an integrated methodological framework that combines systemic, structural-functional, morphological, generative-algorithmic, scenario-based, behavioral, cognitive-orientational, visual-perceptual, environmental-ecological, material-structural, socio-spatial, semiotic, axiological, comparative-typological and post-occupancy approaches. The article emphasizes that the assessment of parametric forms must consider not only geometric complexity, but also functional relevance, legibility, adaptability, environmental efficiency, social inclusiveness, semantic clarity and correspondence between declared values and actual architectural implementation. The proposed framework makes it possible to distinguish genuinely parameter-driven architectural solutions from superficial digital stylization. It also allows researchers to evaluate whether a parametric form operates as an integrated architectural environment or merely as an expressive visual object. The article outlines a sequential research procedure: description of the object and its context; reconstruction of the algorithmic logic of form generation; analysis of spatial, functional, constructive and environmental characteristics; study of behavioral and perceptual effects; and multi-criteria evaluation of the realised object. The conclusion states that parametric architecture requires an interdisciplinary methodology capable of connecting design logic, environmental performance and lived user experience.

Keywords: parametric architecture; parametric design; methodology of analysis; architectural form; digital modelling; morphological analysis; user experience; environmental performance.

REFERENCES

1. Andrusenko, Ye., & Davydov, A. (2025). Transformation of tools and means of presentation of architectural projects: Historical and contemporary contexts. *Ukrainian Academy of Art*, 37, 20–28. URL: https://doi.org/10.32782/2411-3034-2025-37-3. {in Ukrainian}.

2. Buravchenko, S.H. (2019). Situational approaches in scenario modeling of visual perception of architectural objects and environment. *Architectural Bulletin of KNUBA*, 17–18, 171–181. {in Ukrainian}.

3. Ivanova, S., & Anpilohov, A. (2025). Parametric architecture in the context of expanding public administration tools. *Aspects of Public Administration*, 13(3), 12–20. URL: https://doi.org/10.15421/152525. {in Ukrainian}.

4. Kramarchuk, Kh., & Babkina, O. (2023). Morphological analysis as a design tool. *Bulletin of Lviv Polytechnic National University. Series: Architecture*, 2(10), 77–86. URL: https://science.lpnu.ua/sites/default/files/journal-paper/2023/oct/31616/8.pdf. {in Ukrainian}.

5. Nesterenko, V., & Davydov, A. (2025). Experience and tools for parametric design of residential buildings. *Bulletin of the National Academy of Fine Arts and Architecture*, 3, 49–59. URL: https://doi.org/10.32782/naoma-bulletin-2025-3-6. {in Ukrainian}.

6. Oliinyk, O.P. (2021). Theoretical and methodological foundations of the formation of urban public spaces. Doctoral dissertation, Kharkiv. 437. {in Ukrainian}.

7. Panova, L.P. (2007). Systems theory and architecture: Lectures for fifth-year students in architecture. KhNAMH. 175. {in Ukrainian}.

8. Comparison of graph databases Neo4j, ArangoDB and OrientDB: Which one to choose?. (2025, February 3). *EPAM Ukraina*. URL: https://careers.epam.ua/blog/comparison-of-graph-databases-neo4j-arangodb-orientdb. {in Ukrainian}.

9. Stasiuk, O.V., & Shylo, N.M. (2017). Development of ideas of adaptability in architecture. *Architectural Bulletin of KNUBA*, 17–18, 66–72. {in Ukrainian}.

10. Troshkina, O. (2023). Semiotic analysis of the architectural environment based on the method of constructing a film script. *Ukrainian Academy of Art*, 34, 55–61. URL: https://doi.org/10.32782/2411-3034-2023-34-7 {in Ukrainian}.

11. Shubovych, S.O., Panova, L.P., Hamaliei, H.V., et al. (2009). Fundamentals and methods of architectural design: Lecture course. KhNAMH. 113. {in Ukrainian}.

12. Abdelmohsen, S., & Massoud, P. (2021). *Material-based parametric form finding: Learning parametric design through computational making* [Conference paper]. URL: https://www.researchgate.net/publication/350740101_Material-based_Parametric_Form_Finding_Learning_Parametric_Design_through_Computational_Making {in English}.

13. Abdullah, H.K. (2025). Exploring the meaning in parametricism: A semiotic approach. *Journal of Asian Architecture and Building Engineering, 24*(4), 2178–2190. URL: https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/13467581.2024.2358207 {in English}.

14. Al-Jokhadar, A. (2018). *Towards a socio-spatial parametric grammar for sustainable tall residential buildings in hot-arid regions learning from the vernacular model of the Middle East and North Africa*. Academia.edu. URL: https://www.academia.edu/72991412/Towards_a_socio_spatial_parametric_grammar_for_sustainable_tall_residential_buildings_in_hot_arid_regions_learning_from_the_vernacular_model_of_the_Middle_East_and_North_Africa {in English}.

15. Basu, T., & Ghosh, M. (2016). Visual perception of space and parametric design: A brief discussion. *Annual International Conference on Urban Planning and Property Development (UPPD 2016)*. URL: https://doi.org/10.5176/0000-0000_UPPD.24 {in English}.

16. Boychenko, K.V. (2017). Philosophy of parametric design in interactive architecture framework. *Bulletin of Science and Practice*, 3, 35–41. URL: https://doi.org/10.5281/zenodo.399061 {in English}.

17. Giedrowicz, M. (2015). Parametric design for ecological purposes: Case studies and algorithm examples. *Journal of Sustainable Architecture and Civil Engineering, 12*(3). URL: https://doi.org/10.5755/j01.sace.12.3.12989 {in English}.

18. Liu, W., & Bezuhla, R. (2025). Natural forms and patterns in parametric design. In *Aktualni problemy suchasnoho dyzainu: Materialy VI Mizhnarodnoi naukovo-praktychnoi konferentsii* [Current problems of modern design: Proceedings of the VI International Scientific and Practical Conference] (pp. 181–184). KNUTD. {in English}.

19. Emergent Mind. (2025). *Parameterized morphology design space*. URL: https://www.emergentmind.com/topics/parameterized-morphology-design-space {in English}.

DOI: 10.32347/2076-815X.2026.93.65-79
УДК 72.01

Балабанов І.В.,
ihor.balabanov@kname.edu.ua, ORCID: 0009-0005-6460-0405,
Зінченко А.К.,
anton.zinchenko@kname.edu.ua, ORCID: 0009-0000-0663-5478,
Харківський Національний університет
міського господарства імені О.М. Бекетова.

ШТУЧНИЙ ІНТЕЛЕКТ ЯК ІНСТРУМЕНТ СУПРОВОДУ НАУКОВИХ ДОСЛІДЖЕНЬ В АРХІТЕКТУРІ

Висвітлюється перебіг проведення подвійного експерименту, який відбувся на кафедрі Інноваційних технологій у дизайні архітектурного середовища ХНУМГ ім. О.М. Бекетова (Харків). Експеримент об'єднав два дисертаційних дослідження: 1) Методи формування візуальних ознак безпеки архітектурного середовища (Зінченко А.К.) та 2) Методи штучного інтелекту як фактор формування архітектури сталого розвитку (Балабанов І.В.). Мета експерименту полягає у дослідженні перспектив використання інструментарію штучного інтелекту у збиранні та управлінні статистичними даними. Завдання: сформувати шаблон анкети для опитування респондентів щодо емоційного сприйняття (страхи та тривоги) що потенційно може провокувати архітектурна композиція; розробити промт для ШІ з описом шаблону анкети та завданням створити інтерактивний опитувальник; апробація опитувальника та коригування даних. Дослідження проводяться в межах НДДКР № 0123U101317 «Інноваційні технології в аналізі, моделюванні та проєктуванні архітектурної складової міста».

Ключові слова: архітектура; штучний інтелект; експеримент; страхи; тривоги; архітектурна композиція

Постановка проблеми

Штучний інтелект суттєво розширює можливості дослідження архітектурної складової міст завдяки автоматизованому аналізу просторових, соціальних і функціональних даних. Алгоритми машинного навчання дають змогу виявляти закономірності розвитку міського середовища, моделювати сценарії трансформації територій та оцінювати ефективність проєктних рішень. Використання ШІ підвищує обґрунтованість наукових висновків і сприяє розвитку доказової урбаністики.

Сьогодні розвиток інструментарію штучного інтелекту дозволяє автоматизувати рутинні операції в процесах досліджень архітектурного середовища. Цікавим моментом в даному процесі є нова можливість створення спеціалізованих програм без наявності у архітектора відповідних компетенцій. Для архітектурної науки важливим є освоєння нових можливостей і створення наукових традицій по використанню штучного інтелекту в оптимізації процесів наукових досліджень.

Аналіз останніх досліджень і публікацій.

Враховуючи специфіку дослідження [3], автори розглянули три блоки публікацій у рейтингових виданнях, присвячених наступним напрямкам: ШІ в архітектурних практиках, ШІ в психології та роль ШІ у розробці програмних продуктів.

Ролі Штучного Інтелекту в архітектурних практиках присвячено безліч публікацій, основна кількість яких припадає останні п'ять років. Серед них можна виділити роботи, присвячені впровадженням методів, що підвищують ефективність, точність та просторову адаптивність архітектурних об'єктів. [4]. Значне місце в континуумі публікацій займає тема генеративного проєктування, де алгоритми автономно генерують та оцінюють тисячі варіантів на основі певних обмежень, таких як форма, функція, матеріали та енергоефективність [5]. Ці інструменти відрізняються від практик, заснованих на інтуїції, дозволяючи архітекторам балансувати між структурною цілісністю, надійністю конструкцій та інноваціями за допомогою цифрових технологій. [6].

Płoszaj-Mazurek досліджує як машинне навчання та нейронні мережі змінили архітектурне планування, оптимізувавши простір, прогнозуючи продуктивність та підвищуючи енергоефективність [7]. Розвиток принципів машинного навчання в різних програмних програмах підвищує точність проектування, ефективність та енергоактивність архітектурних об'єктів. [8]. Альнасер вивчає концепцію екологічного забудованого середовища протягом усього терміну служби споруди – від концептуалізації до деконструкції [9].

Застосування ШІ у психології. В останні роки з'явилися безпрецедентні перспективи психологічних досліджень завдяки швидкому розвитку генеративного штучного інтелекту [10]. Генеративний ШІ виявив величезний потенціал у таких галузях, як соціальна психологія [11]. Pennebaker стверджує, що з розвитком ШІ психологи отримали можливість ефективно оцінювати величезні обсяги текстових даних та моделювати складні соціальні відносини, надаючи нові знання та ресурси для розуміння соціальних явищ та людської поведінки [12]. Binns розкриває переваги застосування ШІ у психологічних дослідженнях [13]. Mittelstadt вказує на можливі проблеми, наприклад, генеративний ШІ може загострювати етичні питання та мати можливі

упередженості, закладені в процесі навчання, що потребує додаткової уваги [14].

Роль ШІ у створенні програмних продуктів. Штучний інтелект революціонізує процес розробки програмного забезпечення, впроваджуючи інструменти та методи, що підвищують продуктивність, точність та інновації [15]. На всіх етапах програмування - від автоматизації генерації коду до оптимізації тестування та розгортання ШІ змінює способи проектування, створення та обслуговування програмного забезпечення [16]. ШІ може використовуватися для автоматизації щоденної роботи, передбачання загроз та допомоги у прийнятті рішень у реальному часі. [17].

Актуальність дослідження.

У процесі роботи над дисертаційним дослідженням «Методи формування візуальних ознак безпеки архітектурного середовища» аспірант Антон Зінченко зіткнувся із низкою проблем, вирішення яких лежало у площині автоматизації низки рутинних операцій. Проблема полягала в необхідності проведення анкетування як мінімум 80 осіб, які повинні відповісти на 462 питання лише тільки по одному досліджуваному архітектурному об'єкту. При цьому мінімальна кількість об'єктів становила 20. Без такої кількості інформації, яку потрібно обробити, довести об'єктивність методів дисертаційного дослідження є складним завданням. У той же час цифрові технології, що стрімко розвиваються, демонструють високий потенціал в оптимізації принципів роботи та управлінні великими масивами даних. Ця теза стала основою дискусії, що розгорнулася між викладачами та аспірантами університету.

На семінарі, проведеному кафедрами УтаМ (Урбаністики та Містобудування) та ІТуДАС (Інноваційних технологій у дизайні архітектурного середовища) в результаті активного обговорення перспектив автоматизації збору та обробки анкетних даних сформувалася концепція експерименту. Основа експерименту полягала у пропозиції аспіранта Ігоря Балабанова у межах його дисертаційного дослідження розробити з використанням засобів ШІ програмну оболонку опитувальника та автоматизувати процес збору та обробки інформації. В результаті опрацювання ідеї сформувалася основна концепція експерименту.

Мета дослідження полягає у виявленні аспектів застосування інструментарію Штучного Інтелекту в науково-дослідній архітектурній діяльності.

Об'єкт дослідження: інтерактивний шаблон анкети в якому на інтуїтивно зрозумілому рівні, з наданням чисельних візуальних матеріалів, розташовані питання про емоційне сприйняття архітектурної композиції об’єктів, що досліджуються.

Предмет дослідження: програма chat.deepseek.com як інтерактивний інструмент програмування з елементами ШІ у середовищі Python.

Управління проектом: сформовано дослідницьку вертикаль, що складається з трьох рівнів оперування даними, а саме, консультант – модератор-оператор.

Консультант – в якості консультантів у проект запрошено д.арх., проф. Фоменко Оксана, яка є керівником обох дисертаційних досліджень та д.арх., доц. Данилов Сергій як спеціаліста, тема досліджень якого пов'язана з розробкою «Програмного комплексу моделювання міста як динамічної системи» що активно використовує засоби Штучного Інтелекту [1].

Модератор - Антон Зінченко як замовник на проектування програмної оболонки інтерактивного опитувальника. До його завдань входить складання технічного завдання на проектування, оцінка проміжних етапів та фінального варіанту програми, впровадження отриманих результатів у науково-дослідну практику, надання всім учасникам проекту розширеного звіту про етапи та результати роботи [2].

Оператор - Ігор Балабанов. В його завдання входить написання промту, який базується на наданому технічному завданні, надання всіх отриманих результатів на експертну оцінку Консультантам та Модератору. Коригування промту відповідно до побажань експертів. Доведення проекту до стану стійкого результату, що задовольняє запити замовника.

Методи дослідження.

Однією з базових завдань експерименту було формування технічного завдання розробку програмного продукту, що автоматизує збір та обробку анкетних статистичних даних. Цей блок робіт належить до зони відповідальності аспіранта Антона Зінченка та його дослідження «Методі формування візуальних ознак безпеки архітектурної середовища». В роботі візуальні якості архітектурної композиції розглядаються як можливі провокатори страхів та тривог у людини. Також архітектура може виступати як захист від цих страхів.

Завдання експерименту – створення інтерактивного шаблону анкети із функцією автоматизованого збору та узагальнення даних. Завдання аспіранта – отримати кількісні дані, що підтверджують гіпотезу про вплив візуальних властивостей архітектури на страхи людини. Це означає необхідність розробки критеріїв оцінки сили впливу архітектурної композиції емоційне сприйняття людини. В результаті поглибленого аналізу публікацій з експериментальної психології вибір зупинився на методі «Колеса емоцій Роберта Плутчика» (Рис.1.).

Роберт Плутчик запропонував психоеволюційну класифікацію загальних емоційних реакцій, наголосивши на їх важливій ролі в поведінці людини. Він виділив вісім основних емоцій — гнів, страх, смуток, огиду, здивування, очікування, довіру та радість — наголосивши на їх значній цінності для виживання. Його модель часто зображується у вигляді «Колеса емоцій». Ця структурована модель дає уявлення про те, як емоції взаємодіють і впливають на людський досвід.

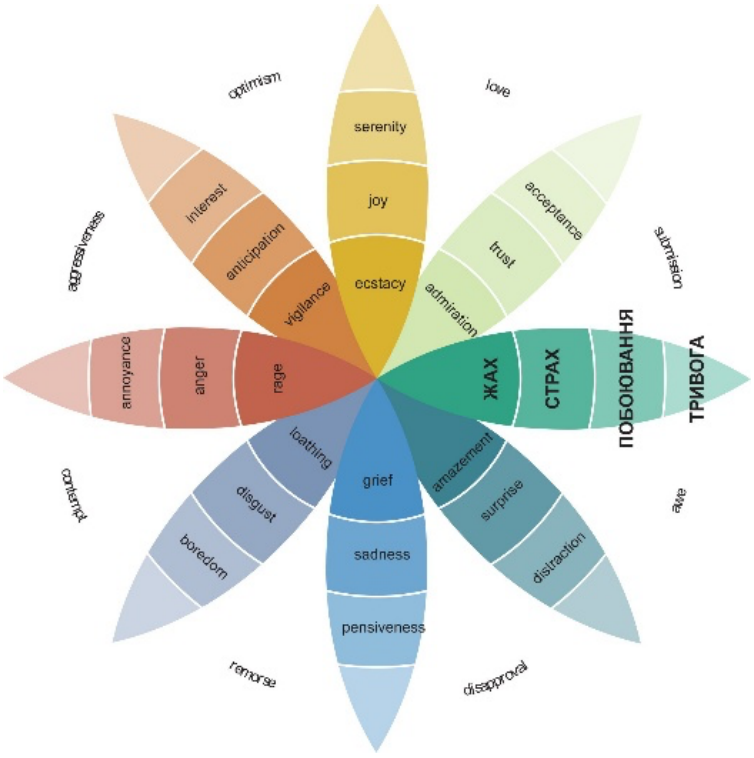


Рис.1. Колесо емоцій Роберта Плутчика [18]

Колесо Емоцій складається із трьох елементів, які також є його трьома основними характеристиками: 1) Колір. Вісім основних емоцій відзначені відомим кольором усередині Колеса Емоцій. 2) Шари. Ближче до середини Колеса інтенсивність емоцій та кольору зростає. 3) Взаємозв'язки. Колесо емоцій відображає взаємні відносини, що виникають між протилежними емоціями. В результаті всі емоції знаходяться у взаємному контакті один з одним.

Цей метод дозволив створити градуйовану оціночну шкалу між парою емоцій: страх – довіра (Рис 2). Завдяки чому ми отримали можливість кількісної оцінки емоційних реакцій групи респондентів на візуальний ряд архітектурного об'єкта, що оцінюється.

В експерименті аналізувався діапазон відчуттів, що зв’язані зі страхами та тривогами, які провокує архітектурна композиція. На даному етапі

дослідження обрано наступний перелік можливих страхів що відносяться до типу «Біологічні», які оформились в анкеті у вигляді запитань: Питання 1: оцініть можливий вплив об’єкту на страх висоти; Питання 2: оцініть можливий вплив об’єкту на страх замкнутих просторів; Питання 3: оцініть можливий вплив об’єкту на страх відкритих місць; Питання 4: оцініть можливий вплив об’єкту на страх смерті; Питання 5: оцініть можливий вплив об’єкту на страх нестачі ресурсів; Питання 6: оцініть можливий вплив об’єкту на страх болі; Питання 7: оцініть можливий вплив об’єкту на страх опинитися в пастці; Питання 8: оцініть можливий вплив об’єкту на страх дикої природи; Питання 9: оцініть можливий вплив об’єкту на страх ненадійних опор; Питання 10: оцініть можливий вплив об’єкту на страх втрати орієнтації; Питання 11: оцініть можливий вплив об’єкту на страх перед екологічними проблемами.

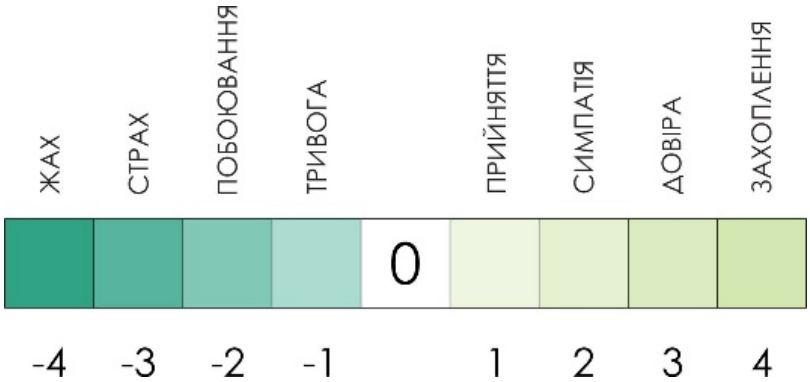


Рис. 2. Градуйована оцінна шкала між парою емоцій: страх – довіра

Наступним етапом стало формування комплексу категорій оцінювання. У нашому випадку це категорії архітектурної композиції. З усього спектра відомих категорій вибрано такі: Величина; Маса; Цілісність; Гармонійність; Тектоніка; Симетрія; Асиметрія; Пропорційність; Масштабність; Масштаб; Метр; Ритм; Члененність.

Результати дослідження.

Експеримент розбито на наступні етапи:

На стартовому рівні модератор формує перше завдання оператора. Оператор повинен виявити систему зі штучним інтелектом, здатну розробляти програмні оболонки та з'ясувати, чи існує принципова можливість створення інтерактивної анкети.

З доступних варіантів, що було проаналізовано, вибрано DeepSeek. На першому етапі сформовано наступний промт: «Завдання: написати код для Pyton, який дозволить створити програму за інтерфейсом схожу на форму опитувальника. Особливістю коду є можливість підключати файли у форматі 3ds до вікна перегляду. Питання виглядають так: тема питання, під темою питання знаходиться шкала з градуйованою розтяжкою кольору, яка поділена

на 9 нумерованих сегментів з інтерактивним повзунком. Запитання 1: У тебе закладено можливість створення таких кодів? Питання 2 ти можеш побудувати наше спілкування за допомогою циклів уточнюючих питань та проміжних рішень таким чином, щоб досягти максимально ефективного результату нашої роботи?»

Програма згенерувала наступну відповідь:

Стратегія нашого спілкування (Цикл уточнень).

Ми побудуємо роботу серед Python в 3 ітерації, як ви і просили:

Перша ітерація (Я зараз): Я даю базовий працюючий код PyQt5/PyQt6 + PyOpenGL + pyqtgraph (для шкали) + trimesh/py3ds. Ви зможете запустити його, побачити вікно, шкалу з 9 сегментами та повзунком, та завантажити .3ds файл.

Друга ітерація (Ви відповідаєте): Ви запускаєте код, повідомляєте: Про помилки (якщо py3ds або проблеми з OpenGL). Чи потрібний вам рендеринг з текстурами чи досить каркасної моделі (wireframe). Як саме має виглядати шкала (колір від червоного до зеленого, або градієнт сірого).

Третя ітерація (Я уточнюю): Я надсилаю фінальний код з урахуванням: Підтримка миші для обертання моделі. Збереження відповідей у JSON. Адаптації під вашу версію Python (3.8+).

В результаті програма згенерувала код для Python, який порекомендувала зберегти в Блокноті з розширенням ру. На малюнку 3 показано первинний результат роботи (Рис.3).

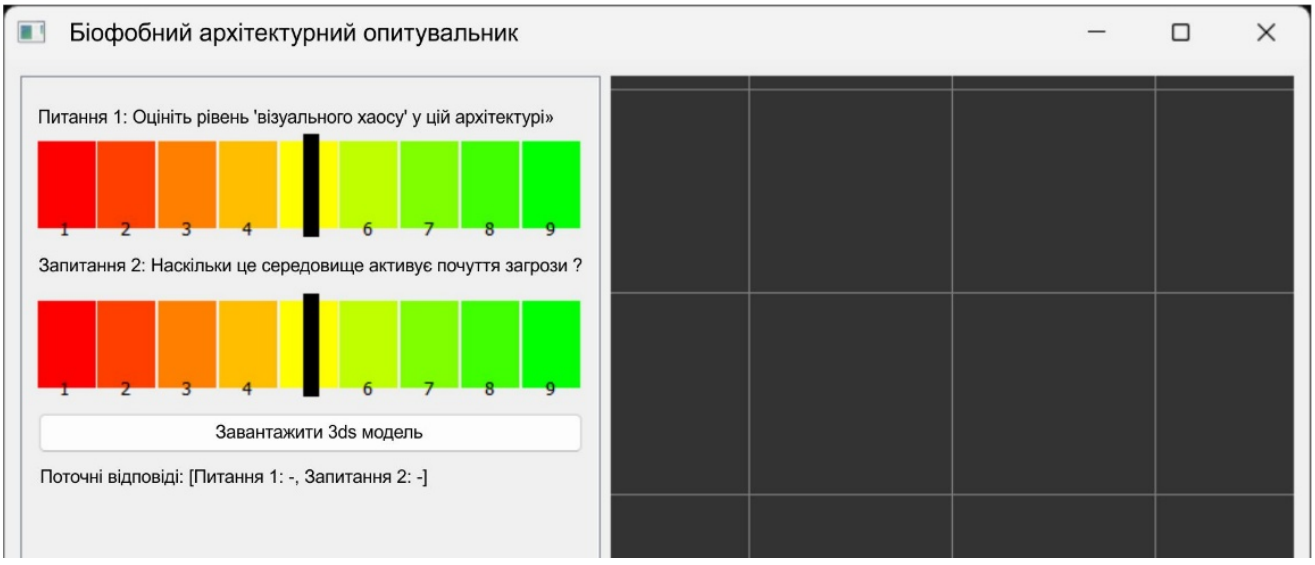


Рис. 3. Перший варіант інтерактивного опитувальника.

На другому етапі сформульовано проблеми та уточнюючі вимоги до програми.

- не завантажується файл із розширенням 3ds.

- додай в код перелік запитань: Питання 1: оцініть можливий вплив об’єкту на страх висоти; Питання 2: оцініть можливий вплив об’єкту на страх замкнутих просторів; Питання 3: оцініть можливий вплив об’єкту на страх відкритих місць; Питання 4: оцініть можливий вплив об’єкту на страх смерті; Питання 5: оцініть можливий вплив об’єкту на страх нестачі ресурсів; Питання 6: оцініть можливий вплив об’єкту на страх болі; Питання 7: оцініть можливий вплив об’єкту на страх опинитися в пастці; Питання 8: оцініть можливий вплив об’єкту на страх дикої природи; Питання 9: оцініть можливий вплив об’єкту на страх ненадійних опор; Питання 10: оцініть можливий вплив об’єкту на страх втрати орієнтації; Питання 11: оцініть можливий вплив об’єкту на страх перед екол. проблемами.

- Шкала оцінки емоційного відгука повинна виглядати наступним чином (колір/тон/сила відчуття):

Комірка 1, оцінка «-4» «ЖАХ» - R 48, G 163, B 133;

Комірка 2, оцінка «-3» «СТРАХ» - R 88, G 181, B 157;

Комірка 3, оцінка «-2» «ПОБОЮВАННЯ» - R 130, G 200, B 182;

Комірка 4, оцінка «-1» «ТРИВОГА» - R 172, G 219, B 207;

Комірка 5, оцінка «0» «Нульове відчуття» - R 225, G 225, B 225;

Комірка 6, оцінка «1» - «ПРИЙНЯТТЯ» - R 238, G 246, B 225;

Комірка 7, оцінка «2» «СИМПАТІЯ» - R 229, G 241, B 209;

Комірка 8, оцінка «3» «ДОВІРА» - R 220, G 236, B 194;

Комірка 9, оцінка «4» «ЗАХОПЛЕННЯ» - R 211, G 231, B 179

В результаті 8 циклів уточнень ШІ запропонував змінити розширення об’єкту що завантажується з 3ds на OBJ. Також були пропозиції для завантаження додаткових модулів для Python. Виникали проблеми з форматуванням надписів тощо. В наступному варіанті програма виглядає таким чином (Рис. 4).

На цьому етапі розробки програми виявилось, що спроби завантажувати 3D моделі до програми стикаються з проблемою занадто повільної обробки даних. Об’єкти з великою кількістю вертексів та полігонів практично блокували програму. За цією причиною модератор склав наступне завдання:

- зробити так, щоби в праве поле замість 3D об'єкту можна було вставити декілька фото у вигляді невеличких картинок при натисканні на які вони могли збільшуватися до розмірів правого вікна, а після натискання лівою клавішою миші поверталися до попереднього розміру?

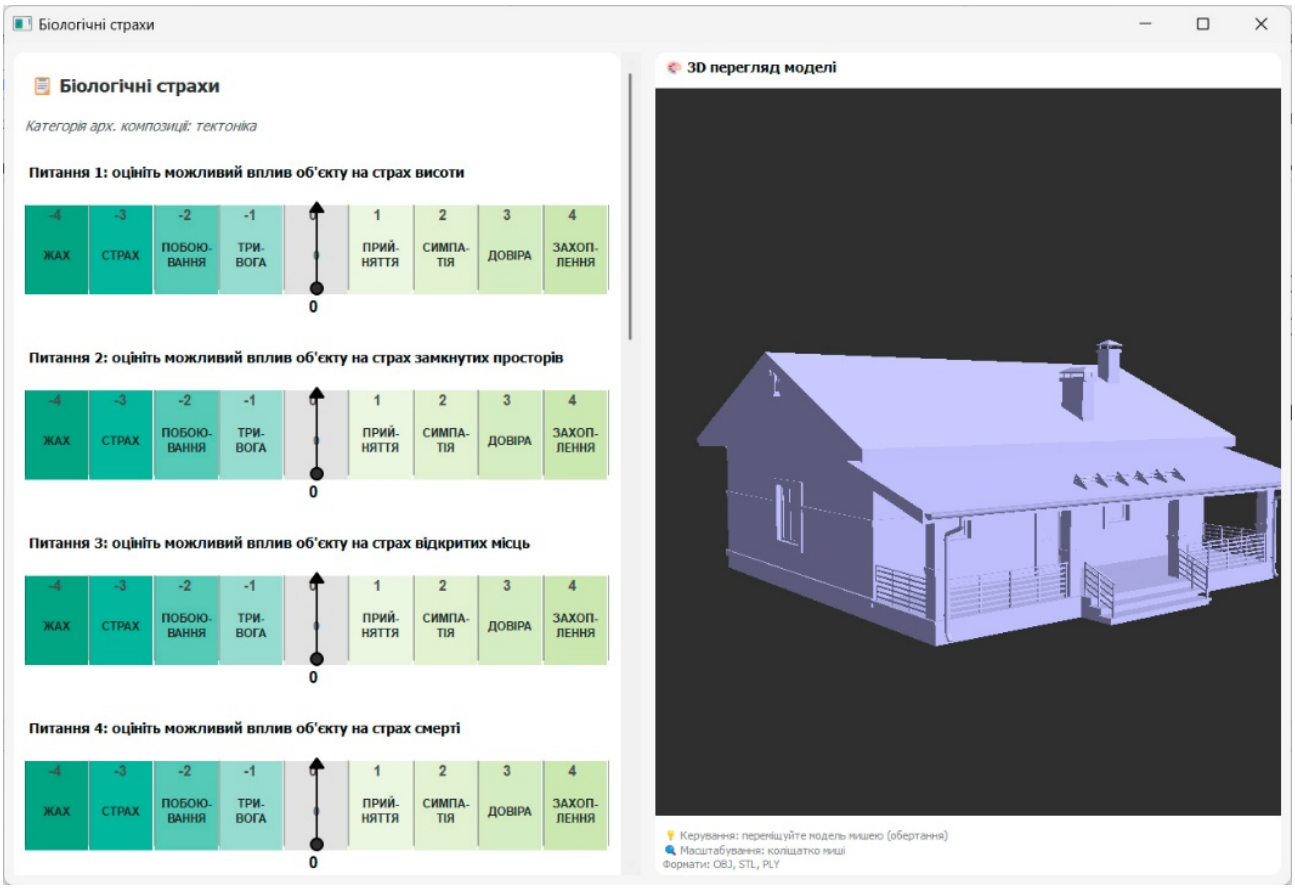


Рис. 4. Другий варіант інтерфейсу програми

Після отримання задовільного результату сформовано наступне завдання:

- розширити роботу програми таким чином, щоби вона могла працювати з декількама категоріями послідовно. Наприклад, додати після "Категорія арх. композиції: тектоніка" додатинаступні категорії:

"Категорія арх. композиції: величина"
"Категорія арх. композиції: маса"
"Категорія арх. композиції: колір"
"Категорія арх. композиції: світлотінь"
"Категорія арх. композиції: цілісність"
"Категорія арх. композиції: гармонійність"
"Категорія арх. композиції: симетрія"
"Категорія арх. композиції: асиметрія"
"Категорія арх. композиції: пропорційність"
"Категорія арх. композиції: масштабність"
"Категорія арх. композиції: метр"
"Категорія арх. композиції: ритм"
"Категорія арх. композиції: члененність"

Для того, щоби інтерфейс програми буд дружнім треба зробити так, щоби проходити опитування по всім питанням, після натискати кнопку "Зафіксувати" і повертатися у начало анкети, де у вікні "Категорії композиції" буде вже наступне питання.

На цьому етапі сформовано наступне питання: чи є можливість працювати з цим кодом через браузер? Мені потрібно опитувати велику кількість людей. Напиши базовий HTML-код, який буде візуально схожим на програму. Результати коригувань можна бачити на рисунку 5 (Рис.5).

Створення програмної оболонки склалося з 49 етапів узагальнень. Обсяг написаної програми – 937 рядків; 8 стовпців; 29 644 символи.

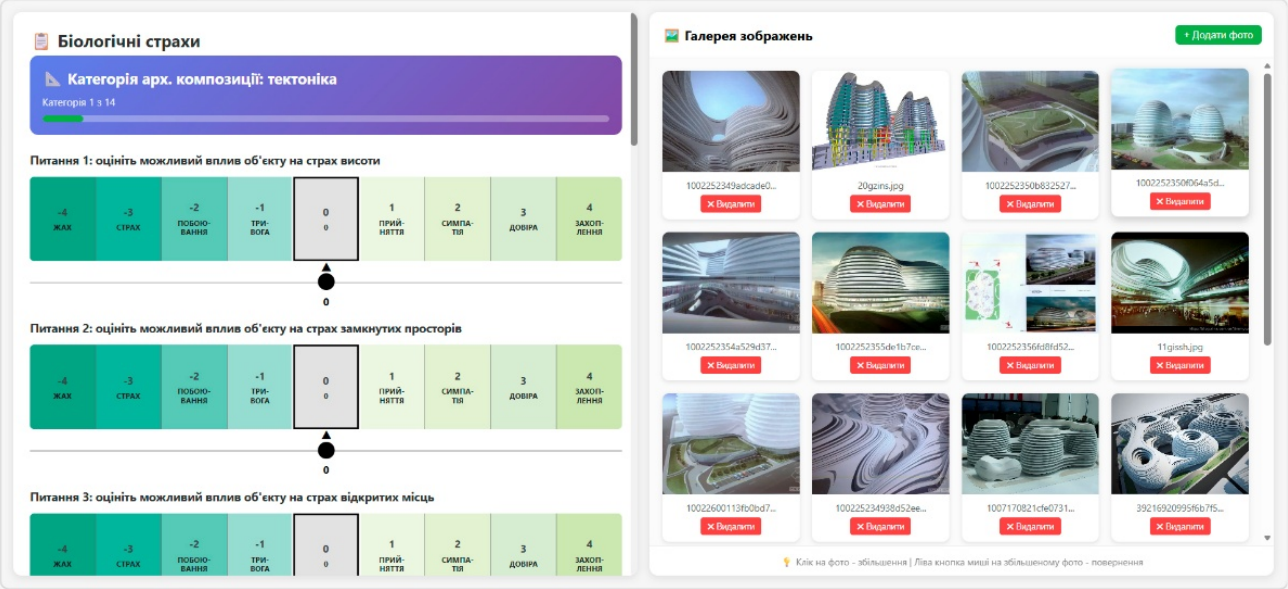


Рис. 5. Фінальний варіант програми.

Висновки.

В експерименті приймало участь 4 фахівця – д.арх, проф. Фоменко О.О, д.арх., доц. Данилов С.М., аспіранти Зінченко А.К., Балабанов І.В. Мета експерименту, що полягає у виявленні аспектів використання інструментарію Штучного Інтелекту в науково-дослідній архітектурній діяльності досягнута. У якості результатів можна відмітити наступне:

1. Доведено високу ефективність розподілу обов'язків в середині дослідницької групи по типу: консультант – модератор – оператор. Де консультант виконує обв'язки спостерігача, перевіряє перебіг всіх етапів експерименту, корегує постановки завдань та перевіряє адекватність даних.

2. Жоден з чотирьох учасників проєкту не володіє навичками програмування у середовищі Python. При цьому досягнений стійкий позитивний результат свідчить по високу цінність інструментарію штучного інтелекту в підтримці дослідницьких програм.

3. Термін проведення експерименту склав 26 годин робочого часу. Технічне завдання на проєктування програми складалося в процесі її створення. В процесі роботи пройдено 49 етапів корегувань та узагальнень. При цьому всі етапи виконані в межах запланованої роботи викладачів з аспірантами. Цей факт свідчить про високу ефективність використання ШІ в архітектурних дослідженнях.

4. Виявлено два типу помилок в процесі роботи: невірне формулювання завдань та введення помилкових даних. Всі помилки пов'язані з людським фактором. Наприклад: DeepSeek виявив помилку при складанні кольорів шкали оцінювання та запропонував виправлення.

5. Середній час написання DeepSeek коду склав 7-16 хвилин, що в десятки разів швидше ніж можливості людини при цьому комп'ютерне обладнання що використовувалось відноситься до непрофесійного.

6. Отримання швидких результатів дуже підвищує вмотивованість дослідницької групи.

Експеримент довів надвисокий потенціал використання штучного інтелекту в архітектурній дослідницькій практиці. Не маючи досвіду у програмуванні група в короткий термін отримала гарний результат. Головним акцентом роботи стало формулювання декількох зауважень: треба працювати на одному комп'ютері в одному чаті програми; процес написання промтів є чудовий інструмент розвитку об'єктоорієнтованого вербального спілкування між вченими, у даному випадку між аспірантами.

Список використаних джерел

1. Fomenko, O., Danylov, S., Vigdorovich, O., & Izbash, A. (2025). Artificial Intelligence as an Innovative Factor of Forming "The Program Complex of Modelling the City as a Dynamic System". En Lecture notes in mechanical engineering (pp. 636-649). https://doi.org/10.1007/978-3-031-98379-5_48

2. Фоменко О.О., Зінченко А.К. (2025). АСПЕКТИ ФОРМУВАННЯ ВІЗУАЛЬНИХ ОЗНАК БЕЗПЕКИ АРХІТЕКТУРНОГО СЕРЕДОВИЩА. Просторовий розвиток: Науковий збірник / Головн. ред. О. Шкуратов. – К., КНУБА, 2025. – Вип. 11. С. 197–212. УДК 711.11; 656.13.05; 528.482; 69.003.12; 911.3. DOI 11: https://doi.org/10.32347/2786-7269.2025.11

3. Фоменко О.О., Балабанов І.В. (2025). Штучний інтелект як фактор розвитку інноваційної архітектури. Містобудування та територіальне планування: Наук.-техн. збірник / Головн. ред. М.М. Дьомін. – К., КНУБА, 2025. – Вип. 89. – 544 с. С. 243-267. DOI 89: https://doi.org/10.32347/2076-815x.2025.89

4. MMatter, N., & GGado, N. (2024). Artificial Intelligence in Architecture: Integration into Architectural Design Process. Engineering Research Journal, 181(0), 1-16. https://doi.org/10.21608/erj.2024.344313

5. Nagy, Danil & Lau, Damon & Locke, John & Stoddart, James & Villaggi, Lorenzo & Wang, Ray & Zhao, Dale & Benjamin, David. (2017). Project Discover: An Application of Generative Design for Architectural Space Planning. https://doi.org/10.22360/simaud.2017.simaud.007

6. Bonsa Regassa Hunde, Abraham Debebe Woldeyohannes (2022). Future prospects of computer-aided design (CAD) – A review from the perspective of artificial intelligence (AI), extended reality, and 3D printing, Results in Engineering, Volume 14, https://doi.org/10.1016/j.rineng.2022.100478.

7. Płoszaj-Mazurek, M., Ryńska, E., & Grochulska-Salak, M. (2020). Methods to Optimize Carbon Footprint of Buildings in Regenerative Architectural Design with the Use of Machine Learning, Convolutional Neural Network, and Parametric Design. Energies, 13(20), 5289. https://doi.org/10.3390/en13205289

8. Li, Yangluxi & Chen, Huishu & Yu, Peijun & Yang, Li. (2025). A Review of Artificial Intelligence Applications in Architectural Design: Energy-Saving Renovations and Adaptive Building Envelopes. Energies. 18. 918. https://doi.org/10.3390/en18040918

9. Alnaser, A.A., Maxi, M., & Elmousalami, H. (2024). AI-Powered Digital Twins and Internet of Things for Smart Cities and Sustainable Building Environment. Applied Sciences, 14(24), 12056. https://doi.org/10.3390/app142412056

10. Chen, D., Liu, Y., Guo, Y., & Zhang, Y. (2024). The revolution of generative artificial intelligence in psychology: The interweaving of behavior, consciousness, and ethics. Acta Psychologica, 251, 104593. https://doi.org/10.1016/j.actpsy.2024.104593

11. Fiske, S. T. (2018). Social beings: Core Motives in Social Psychology. John Wiley & Sons. 592 p. ISBN 1119492734

12. Pennebaker, James & Boyd, Ryan & Jordan, Kayla & Blackburn, Kate. (2015). The Development and Psychometric Properties of LIWC2015. https://doi.org/10.15781/T29G6Z.

13. Binns, R. (2018). Fairness in Machine Learning: Lessons from Political Philosophy. In Proceedings of the 2018 Conference on Fairness, Accountability, and Transparency (pp. 149-159). https://proceedings.mlr.press/v81/binns18a.html

14. Mittelstadt, B. Principles alone cannot guarantee ethical AI. Nat Mach Intell 1, 501–507 (2019). https://doi.org/10.1038/s42256-019-0114-4

15. K. Bhandari, K. Kumar and A. L. Sangal, "Artificial Intelligence in Software Engineering: Perspectives and Challenges," *2023 Third International*

Conference on Secure Cyber Computing and Communication (ICSCCC), Jalandhar, India, 2023, pp. 133-137, doi: 10.1109/ICSCCC58608.2023.10176436.

16. Anjum, Nirjhor & Kabir, Anwarul & Islam, Kazi. (2025). A Comprehensive Review of AI-Driven Project Management Techniques in Software Development. IARJSET. 12. 269-275. https://doi.org/10.17148/IARJSET.2025.12635.

17. Siddiqui, Muhammad & Wasif, Muhammad. (2025). The Future of AI-Integrated Project Management: A Structured Literature Review Based Risk Identification. International Journal of Engineering and Management Sciences. 11. 42-67. https://doi.org/10.21791/IJEMS.2025.22.

18. Plutchik, R. (2006). World of Emotions. Pagefree Pub Incorporated. 264 pages. ISBN: 1589613333

postgraduate student **Balabanov Igor,**
postgraduate student **Zinchenko Anton,**
O.M. Beketov National University of Urban Economy in Kharkiv

ARTIFICIAL INTELLIGENCE AS A TOOL FOR SUPPORTING SCIENTIFIC RESEARCH IN ARCHITECTURE

This article highlights the course of a double experiment that took place at the Department of Innovative Technologies in Architectural Environment Design of the O.M. Beketov KhNUMG (Kharkiv). The experiment combined two dissertation studies: 1) Methods for Forming Visual Signs of Architectural Environment Safety (A.K. Zinchenko) and 2) Methods of Artificial Intelligence as a Factor in Forming Sustainable Architecture (I.V. Balabanov). The purpose of the experiment is to study the prospects for using artificial intelligence tools in collecting and managing statistical data. Tasks: to create a questionnaire template for surveying respondents about emotional perception (fear and anxiety) that can potentially be provoked by an architectural composition; to develop a prompt for AI with a description of the questionnaire template and the task of creating an interactive questionnaire; to test the questionnaire and adjust the data. The research is conducted within the framework of R&D No. 0123U101317 "Innovative technologies in the analysis, modeling and design of the architectural component of the city".

Keywords: architecture; artificial intelligence; experiment; fears; anxieties; architectural composition

REFERENCES

1. Fomenko, O., Danylov, S., Vigdorovich, O., & Izbash, A. (2025). Artificial Intelligence as an Innovative Factor of Forming “The Program Complex of Modelling the City as a Dynamic System”. En Lecture notes in mechanical engineering (pp. 636-649). https://doi.org/10.1007/978-3-031-98379-5_48 {in English}

2. Fomenko O.O., Zinchenko A.K. (2025). ASPEKTY FORMUVANNYA VIZUAL′NYKH OZNAK BEZPEKY ARKHITEKTURNOHO SEREDOVYSHCHA. Prostorovyy rozvytok: Naukovyy zbirnyk / Holovn. red. O. Shkuratov. – K., KNUBA, 2025. – Vyp. 11. S. 197–212. UDK 711.11; 656.13.05; 528.482; 69.003.12; 911.3. DOI 11: https://doi.org/10.32347/2786-7269.2025.11 {in Ukrainian}

3. Fomenko O.O., Balabanov I.V. (2025). Shtuchnyy intelekt yak faktor rozvytku innovatsiynoyi arkhitektury. Mistobuduvannya ta terytorial′ne planuvannya: Nauk.-tekhn. zbirnyk / Holovn. red. M.M. D′omin. – K., KNUBA, 2025. – Vyp. 89. – 544 s.C. 243-267. DOI 89: https://doi.org/10.32347/2076-815x.2025.89 {in Ukrainian}

4. MMatter, N., & GGado, N. (2024). Artificial Intelligence in Architecture: Integration into Architectural Design Process. Engineering Research Journal, 181(0), 1-16. https://doi.org/10.21608/erj.2024.344313 {in English}

5. Nagy, Danil & Lau, Damon & Locke, John & Stoddart, James & Villaggi, Lorenzo & Wang, Ray & Zhao, Dale & Benjamin, David. (2017). Project Discover: An Application of Generative Design for Architectural Space Planning. https://doi.org/10.22360/simaud.2017.simaud.007 {in English}

6. Bonsa Regassa Hunde, Abraham Debebe Woldeyohannes (2022). Future prospects of computer-aided design (CAD) – A review from the perspective of artificial intelligence (AI), extended reality, and 3D printing, Results in Engineering, Volume 14, https://doi.org/10.1016/j.rineng.2022.100478. {in English}

7. Płoszaj-Mazurek, M., Ryńska, E., & Grochulska-Salak, M. (2020). Methods to Optimize Carbon Footprint of Buildings in Regenerative Architectural Design with the Use of Machine Learning, Convolutional Neural Network, and Parametric Design. Energies, 13(20), 5289. https://doi.org/10.3390/en13205289 {in English}

8. Li, Yangluxi & Chen, Huishu & Yu, Peijun & Yang, Li. (2025). A Review of Artificial Intelligence Applications in Architectural Design: Energy-Saving Renovations and Adaptive Building Envelopes. Energies. 18. 918. https://doi.org/10.3390/en18040918 {in English}

9. Alnaser, A.A., Maxi, M., & Elmousalami, H. (2024). AI-Powered Digital Twins and Internet of Things for Smart Cities and Sustainable Building

Environment. Applied Sciences, 14(24), 12056. https://doi.org/10.3390/app142412056 {in English}

10. Chen, D., Liu, Y., Guo, Y., & Zhang, Y. (2024). The revolution of generative artificial intelligence in psychology: The interweaving of behavior, consciousness, and ethics. Acta Psychologica, 251, 104593. https://doi.org/10.1016/j.actpsy.2024.104593 {in English}

11. Fiske, S.T. (2018). Social beings: Core Motives in Social Psychology. John Wiley & Sons. 592 p. ISBN 1119492734 {in English}

12. Pennebaker, James & Boyd, Ryan & Jordan, Kayla & Blackburn, Kate. (2015). The Development and Psychometric Properties of LIWC2015. https://doi.org/10.15781/T29G6Z. {in English}

13. Binns, R. (2018). Fairness in Machine Learning: Lessons from Political Philosophy. In Proceedings of the 2018 Conference on Fairness, Accountability, and Transparency (pp. 149-159). https://proceedings.mlr.press/v81/binns18a.html {in English}

14. Mittelstadt, B. Principles alone cannot guarantee ethical AI. Nat Mach Intell 1, 501–507 (2019). https://doi.org/10.1038/s42256-019-0114-4 {in English}

15. K. Bhandari, K. Kumar and A. L. Sangal, "Artificial Intelligence in Software Engineering: Perspectives and Challenges," *2023 Third International Conference on Secure Cyber Computing and Communication (ICSCCC)*, Jalandhar, India, 2023, pp. 133-137, doi: 10.1109/ICSCCC58608.2023.10176436. {in English}

16. Anjum, Nirjhor & Kabir, Anwarul & Islam, Kazi. (2025). A Comprehensive Review of AI-Driven Project Management Techniques in Software Development. IARJSET. 12. 269-275. https://doi.org/10.17148/IARJSET.2025.12635. {in English}

17. Siddiqui, Muhammad & Wasif, Muhammad. (2025). The Future of AI-Integrated Project Management: A Structured Literature Review Based Risk Identification. International Journal of Engineering and Management Sciences. 11. 42-67. https://doi.org/10.21791/IJEMS.2025.22. {in English}

18. Plutchik, R. (2006). World of Emotions. Pagefree Pub Incorporated. 264 pages. ISBN: 1589613333 {in English}

DOI: 10.32347/2076-815x.2026.93.80-89
УДК 711:004.8
кандидат мистецтвознавства, доцент **Вергунова Н.С.,**
natalia.vergunova@kname.edu.ua, ORCID: 0000-0002-8470-7956,
Харківський національний університет
міського господарства імені О.М. Бекетова

ШТУЧНИЙ ІНТЕЛЕКТ У ФОРМУВАННІ КУЛЬТУРНО-КОНТЕКСТНОГО ШАРУ МІСЬКОГО ЦИФРОВОГО ДВІЙНИКА

Актуальність дослідження зумовлена потребою в культурно обґрунтованому використанні міських цифрових двійників у процесах архітектурно-містобудівного аналізу та прийняття рішень. Мета полягає в розробленні концептуальної моделі формування культурно-контекстного шару міського цифрового двійника, визначенні функцій штучного інтелекту в опрацюванні різнорідних даних та встановленні умов переходу від алгоритмічних результатів до професійного висновку. Культурно-контекстний шар визначено як просторово й змістово організовану сукупність історико-документальних, просторово-морфологічних, соціокультурних і нормативно-інституційних даних, пов'язаних із джерелами, часовими станами та рівнями достовірності. Встановлено, що штучний інтелект підтримує вилучення і первинну підготовку відомостей, просторову прив'язку, змістове пов'язування, класифікацію, зіставлення різночасових станів, виявлення прогалин і суперечностей. Результати алгоритмічного опрацювання розмежовано на документовані записи, машинно виявлені ознаки, аналітичні й реконструктивні гіпотези та сценарії. Запропонована модель поєднує культурно-контекстні дані, операції за участю штучного інтелекту, доказові статуси результатів і процедури професійної перевірки. Наукова новизна полягає в поєднанні походження даних, способу їх алгоритмічного опрацювання, доказового статусу, достовірності та професійної перевірки в єдиній моделі. Культурну значущість, автентичність і допустиму трансформацію визначають шляхом зіставлення незалежних джерел, фахового оцінювання, натурного обстеження, врахування локального досвіду та фіксації підстав рішення. Потенційне практичне значення моделі полягає у формуванні вимог до культурного наповнення міських цифрових двійників, простежуваності алгоритмічних результатів і впорядкуванні їх переходу до професійно обґрунтованого архітектурно-містобудівного висновку.

Ключові слова: штучний інтелект; міський цифровий двійник; культурно-контекстний шар; культурна спадщина; історичний міський ландшафт; професійна перевірка.

Постановка проблеми. Міський цифровий двійник (Urban digital twin) поєднує геопросторові, інфраструктурні й поведінкові дані, моделює стани середовища та підтримує планувальні рішення [1; 2]. Культурний вимір таких систем здебільшого представлений реєстрами спадщини, тривимірними моделями та інвентаризаційними даними. Такий склад охоплює лише частину історичного міського ландшафту, до якого належать матеріальні об'єкти, історичні нашарування, просторова організація, візуальні зв'язки, соціокультурні практики та сприйняття місця [3].

Штучний інтелект дає змогу розпізнавати документи й зображення, виявляти просторово прив'язані об'єкти, поєднувати відомості з різних джерел і фіксувати зміни. Водночас машинно виявлені ознаки потребують перевірки, а реконструктивні гіпотези не можуть визначати культурну значущість, автентичність або допустиму трансформацію без професійного обґрунтування [4; 5].

Дослідження цифрових двійників охоплюють технічну побудову систем, змістове структурування даних про спадщину, культурне картування та орієнтовані на людину підходи. Проте структура культурно-контекстних даних, функції штучного інтелекту, доказовий статус результатів і процедури професійної перевірки розглядаються переважно окремо. Їх узгодження потрібне для культурно обґрунтованого використання міського цифрового двійника в архітектурно-містобудівному аналізі та обґрунтуванні рішень.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Джерельну базу сформовано цілеспрямовано з рецензованих праць і міжнародних документів, що безпосередньо висвітлюють міські цифрові двійники, цифрову спадщину, цифрову участь та культурно орієнтований міський розвиток. Дослідження міських цифрових двійників зосереджені на інтеграції геопросторових та інфраструктурних даних, сумісності платформ, моделюванні міських процесів і підтримці управлінських рішень. Б. Кетцлер (B. Ketzler), Ф. Дембскі (F. Dembski), С. Маццетто (S. Mazzetto) розглядають цифровий двійник як динамічне середовище, що поєднує просторову модель, дані, моделювання та взаємодію з учасниками планування [1; 2; 6]. Культурний контекст у цих працях представлений переважно окремим інформаційним складником.

Орієнтований на людину напрям доповнює цифровий двійник даними про сприйняття, локальні оцінки та участь користувачів. Цз. Ло (J. Luo) та співавтори пов'язали характеристики фізичного середовища з результатами його сприйняття [7]. К. Атаман (C. Ataman), С. Маршалл (S. Marshall) розглянули перетворення коментарів, картографічних позначок і користувацьких реакцій на відомості, придатні для планування [8; 9]. Автори

також вказують на залежність результатів від складу учасників і цифрової активності окремих груп.

Дослідження цифрового двійника спадщини (Heritage digital twin) охоплюють змістове збагачення моделей, онтології, графи знань, походження даних і фіксацію невизначеності. А. Фелічетті (A. Felicetti) та співавтори поєднали цифровий двійник спадщини з когнітивними моделями й графами знань [10]. А. Гілем (A. Guillem) та співавтори простежили перехід від тривимірного оцифрування до змістової інтерпретації та обґрунтували значення походження цифрових відомостей [11].

Документи Організації Об'єднаних Націй з питань освіти, науки і культури (United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization, UNESCO) та Світового банку (World Bank) пов'язують культурні ресурси, локальну своєрідність і цифрове середовище зі сталим міським розвитком [3; 12]. І. Кампо-Руїс (I. Campo-Ruiz) звертає увагу на ризик звуження культурного різноманіття в результатах генеративних систем [13]. С. Морони (S. Moroni) підкреслює обмеженість формалізованих моделей у відтворенні розподіленого локального знання [4].

Таким чином, наявні праці розкривають технічну побудову цифрових двійників, інтеграцію сприйняття й участі, змістове моделювання спадщини та культурні обмеження алгоритмічного опрацювання. Потребує узгодження склад культурно-контекстних даних, функції штучного інтелекту, доказовий статус результатів і процедури професійної перевірки в межах єдиної архітектурно-містобудівної моделі.

Метою дослідження є розроблення концептуальної моделі формування культурно-контекстного шару міського цифрового двійника, визначення функцій штучного інтелекту в опрацюванні даних та встановлення меж використання алгоритмічних результатів у професійному архітектурно-містобудівному рішенні.

Виклад основного матеріалу дослідження. Дослідження має теоретико-методичний характер і ґрунтується на структурно-функціональному та порівняльному аналізі праць, присвячених міським цифровим двійникам, цифровим двійникам спадщини, цифровій участі та культурно орієнтованому міському розвитку. Положення джерел зіставлено за чотирма аналітичними параметрами: складом культурно-контекстних даних, функціями штучного інтелекту в їх опрацюванні, доказовим статусом отриманих результатів і процедурами професійної перевірки. За допомогою категоріального узагальнення виділено повторювані компоненти, встановлено зв'язки між ними та сформовано концептуальну модель культурно-контекстного шару міського цифрового двійника. Модель визначає структуру даних, послідовність їх

алгоритмічного опрацювання, способи фіксації результатів і умови переходу до архітектурно-містобудівної інтерпретації. Програмно-технічна реалізація конкретної цифрової платформи перебуває поза межами дослідження.

Культурно-контекстний шар міського цифрового двійника визначено як просторово й змістово організовану сукупність історико-документальних, просторово-морфологічних, соціокультурних і нормативно-інституційних даних, пов'язаних із джерелами, часовими станами та рівнями достовірності. Він підтримує аналіз культурної спадщини, історичних нашарувань, візуальних зв'язків, локальних знань, повсякденних практик та умов регулювання. Таке розуміння відповідає положенням про історичний міський ландшафт і культурно орієнтований сталий розвиток [3; 12].

Зміст культурно-контекстного шару утворюють чотири взаємопов'язані групи даних. Історико-документальна група охоплює архівні плани, креслення, фотографії, текстові описи, реєстри, усні свідчення та відомості про попередні стани, пошкодження і перетворення середовища. Просторово-морфологічна й візуальна група поєднує міську тканину, конфігурацію та висотність забудови, домінанти, панорами, візуальні коридори, маршрути, охоронні й буферні зони.

Соціокультурна група містить локальну пам'ять, культурні практики, значущі для спільнот місця, користувацьке сприйняття, карти громадської участі та просторово прив'язані коментарі. Нормативно-інституційна група охоплює охоронні статуси, містобудівні обмеження, відповідальні установи, процедури участі та прийняття рішень. Для кожного елемента шару фіксують походження, часовий стан, доказовий статус, достовірність і рівень невизначеності. Це дає змогу розмежувати первинне джерело й цифрову копію, документований стан і реконструктивну гіпотезу, зафіксовану зміну й сценарій. Така структура забезпечує простежуваність даних цифрової спадщини [10; 11].

У запропонованій моделі штучний інтелект слугує засобом опрацювання різнорідних культурно-контекстних даних. Він підтримує вилучення і первинну підготовку відомостей, їх змістове пов'язування, аналітичне зіставлення, оновлення та дослідження можливих сценаріїв. На початковому етапі розпізнавання документів і зображень, перетворення усних свідчень на текст, виявлення дат, адрес, топонімів, осіб, об'єктів і подій, просторова прив'язка та попереднє маркування переводять розрізнені джерела у форму, придатну для зіставлення.

Подальше опрацювання охоплює співвіднесення архівних документів, сучасних зображень, картографічних об'єктів, реєстрових даних і локальних свідчень; класифікацію матеріалів; виявлення просторових і часових змін; групування коментарів; визначення прогалин, повторів та суперечностей. Змістові зв'язки між об'єктами, подіями, місцями й учасниками формують

інформаційну основу дослідження, а тлумачення їх культурного значення потребує професійного обґрунтування [10; 11].

Оновлення культурно-контекстного шару охоплює відстеження змін, зіставлення різночасових станів, фіксацію версій і виявлення конфліктів між охоронними, просторовими та користувацькими вимогами. Алгоритмічний результат зберігає зв'язок із джерелом, часовим станом і рівнем невизначеності та фіксується як машинно виявлена ознака, аналітичний зв'язок або гіпотеза, що підлягає професійній перевірці. Результати алгоритмічного опрацювання класифіковано за доказовим статусом. Документований запис має ідентифіковане джерело, метадані й часовий стан; достовірність його змісту оцінюють окремо. Машинно виявлена ознака є результатом розпізнавання, класифікації або зіставлення й підлягає перевірці на помилки та спотворення. Аналітична чи реконструктивна гіпотеза поєднує кілька джерел і фіксує підстави, альтернативні тлумачення та невизначеність. Сценарій описує можливий напрям розвитку середовища [5; 10; 11].

Таке розмежування визначає межі використання результатів. Алгоритмічні зв'язки створюють основу для подальшого аналізу, але не встановлюють культурного значення. Частота згадувань відображає представленість теми в масиві даних, а цифрова активність характеризує інтенсивність участі представлених користувачів, але не репрезентативність спільноти [8; 9]. Геометрична точність характеризує відповідність моделі вихідним вимірюванням [1; 2; 11].

Професійна перевірка охоплює зіставлення незалежних джерел, оцінювання їх походження й репрезентативності, натурне обстеження, перевірку нормативної актуальності та фіксацію результатів. Локальний досвід доповнює офіційні реєстри й цифрові дані відомостями про повсякденні практики та значення місця [3; 4; 8; 9]. На цій основі формують архітектурно-містобудівний висновок, а рішення ухвалюють з урахуванням професійних критеріїв і відкрито зафіксованих тлумачень.

Запропонована концептуальна модель поєднує культурно-контекстні дані, операції за участю штучного інтелекту, доказові статуси результатів і професійну перевірку. Послідовність переходу від різнорідних джерел до професійно обґрунтованого архітектурно-містобудівного висновку подано на рис. 1.

Штучний інтелект підтримує опрацювання даних, однак визначення культурної значущості, допустимої міри трансформації та вибір сценарію залишаються сферою професійного й суспільного судження.

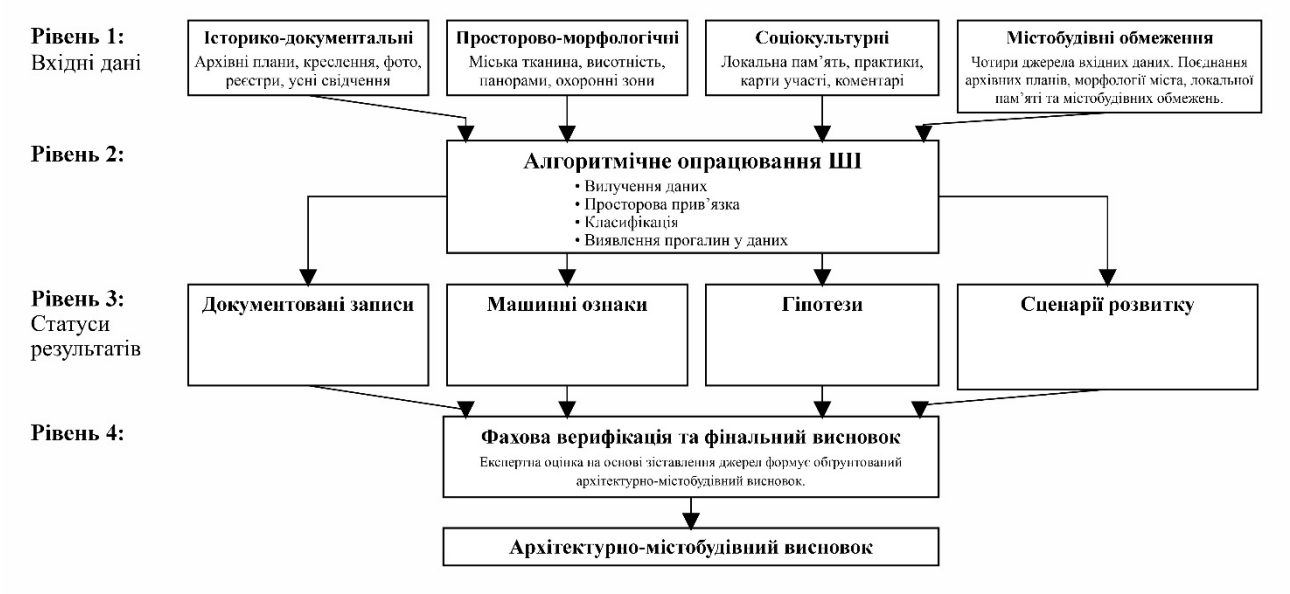


Рис. 1. Концептуальна модель формування культурно-контекстного шару міського цифрового двійника

Висновки. У дослідженні запропоновано концептуальну модель формування культурно-контекстного шару міського цифрового двійника. Його визначено як просторово й змістово організовану сукупність історико-документальних, просторово-морфологічних, соціокультурних і нормативно-інституційних даних, пов'язаних із джерелами, часовими станами та рівнями достовірності.

Штучний інтелект підтримує вилучення, просторову прив'язку, змістове пов'язування, класифікацію, оновлення та зіставлення даних. Результати фіксують як документовані записи, машинно виявлені ознаки, аналітичні чи реконструктивні гіпотези та сценарії. Для кожного результату окремо визначають доказовий статус, достовірність і рівень невизначеності.

Алгоритмічно встановлені зв'язки створюють основу для подальшого архітектурно-містобудівного аналізу. Культурну значущість, автентичність, допустиму міру трансформації та пріоритетність дій встановлюють шляхом зіставлення незалежних джерел, фахового оцінювання, натурного обстеження, урахування локального досвіду й документування рішення.

Наукова новизна полягає в поєднанні культурно-контекстних даних, операцій за участю штучного інтелекту, доказових статусів результатів і професійної перевірки в єдиній концептуальній моделі. Потенційне практичне значення полягає у формуванні вимог до культурного наповнення міських цифрових двійників. Подальші дослідження передбачають апробацію моделі на міському фрагменті, уточнення критеріїв оцінювання достовірності та процедур перевірки за участю громадськості.

Декларація про не використання ШІ

Під час підготовки рукопису генеративний штучний інтелект для створення змістовного контенту не використовувався. Автор несе повну відповідальність за зміст статті, достовірність відомостей і коректність посилань.

Список літератури

1. Ketzler B., Naserentin V., Latino F., Zangelidis C., Thuvander L., Logg A. Digital Twins for Cities: A state of the art review. Built Environment. 2020. Vol. 46, No. 4. P. 547–573. DOI: 10.2148/benv.46.4.547.

2. Dembski F., Wössner U., Letzgus M., Ruddat M., Yamu C. Urban Digital Twins for Smart Cities and Citizens: The Case Study of Herrenberg, Germany. Sustainability. 2020. Vol. 12, No. 6. Article 2307. DOI: 10.3390/su12062307.

3. UNESCO. Recommendation on the Historic Urban Landscape, Including a Glossary of Definitions. Paris: UNESCO, 2011. URL: https://www.unesco.org/en/legal-affairs/recommendation-historic-urban-landscape-including-glossary-definitions (дата звернення: 23.07.2026).

4. Moroni S. Insurmountable Limitations of City-Scale Digital Twins? On Urban Knowledge and Planning. Computational Urban Science. 2025. Vol. 5. Article 17. DOI: 10.1007/s43762-025-00174-0.

5. Shneiderman B. Human-Centered Artificial Intelligence: Reliable, Safe & Trustworthy. International Journal of Human–Computer Interaction. 2020. Vol. 36, No. 6. P. 495–504. DOI: 10.1080/10447318.2020.1741118.

6. Mazzetto S. A Review of Urban Digital Twins Integration, Challenges, and Future Directions in Smart City Development. Sustainability. 2024. Vol. 16, No. 19. Article 8337. DOI: 10.3390/su16198337.

7. Luo J., Liu P., Xu W., Zhao T., Biljecki F. A Perception-Powered Urban Digital Twin to Support Human-Centered Urban Planning and Sustainable City Development. Cities. 2025. Vol. 156. Article 105473. DOI: 10.1016/j.cities.2024.105473.

8. Ataman C., Tunçer B., Perrault S. Digital Participation in Urban Design and Planning: Addressing Data Translation Challenges in Urban Policy- and Decision-Making through Visualization Techniques. Accelerated Design: Proceedings of the 29th International Conference of the Association for Computer-Aided Architectural Design Research in Asia (CAADRIA 2024) / eds. N. Gardner, C. M. Herr, L. Wang, T. Hirano, S. A. Khan. Singapore: CAADRIA, 2024. Vol. 2. P. 201–210. DOI: 10.52842/conf.caadria.2024.2.201.

9. Marshall S., Farndon D., Hudson-Smith A., Kourniotis A., Karadimitriou N. Urban Design and Planning Participation in the Digital Age: Lessons from an

Experimental Online Platform. Smart Cities. 2024. Vol. 7, No. 1. P. 615–632. DOI: 10.3390/smartcities7010025.

10. Felicetti A., Himmiche A., Somenzi M. Knowledge Graphs and Artificial Intelligence for the Implementation of Cognitive Heritage Digital Twins. Applied Sciences. 2025. Vol. 15, No. 18. Article 10061. DOI: 10.3390/app151810061.

11. Guillem A., Abergel V., Roussel R., Comte F., Pamart A., De Luca L. Bridging the Provenance Knowledge Gap Between 3D Digitization and Semantic Interpretation. Heritage. 2025. Vol. 8, No. 11. Article 476. DOI: 10.3390/heritage8110476.

12. UNESCO, World Bank. Cities, Culture, Creativity: Leveraging Culture and Creativity for Sustainable Urban Development and Inclusive Growth. Paris: UNESCO; Washington, DC: World Bank, 2021. DOI: 10.1596/978-92-3-100452-0.

13. Campo-Ruiz I. Artificial Intelligence May Affect Diversity: Architecture and Cultural Context Reflected through ChatGPT, Midjourney, and Google Maps. Humanities and Social Sciences Communications. 2025. Vol. 12. Article 24. DOI: 10.1057/s41599-024-03968-5.

PhD in Art Studies, Associate Professor **Nataliia Vergunova**,
O.M. Beketov National University of Urban Economy in Kharkiv.

ARTIFICIAL INTELLIGENCE IN THE FORMATION OF THE CULTURAL-CONTEXTUAL LAYER OF AN URBAN DIGITAL TWIN

The relevance of the study is determined by the need for culturally grounded use of urban digital twins in architectural and urban planning analysis and decision-making. The aim is to develop a conceptual model for forming the cultural-contextual layer of an urban digital twin, define the functions of artificial intelligence in processing heterogeneous data, and establish the conditions for transition from algorithmic outputs to professional conclusions. The cultural-contextual layer is defined as a spatially and semantically organized body of historical and documentary, spatial and morphological, sociocultural, and regulatory and institutional data linked to their sources, temporal states, and levels of reliability. Artificial intelligence supports data extraction and preliminary preparation, spatial referencing, semantic linking, classification, comparison of states from different periods, and identification of gaps and inconsistencies. The results of algorithmic processing are differentiated into documented records, machine-detected features, analytical and reconstructive hypotheses, and scenarios. The proposed model integrates cultural-contextual data, artificial intelligence-assisted operations, the evidentiary status of results, and professional verification procedures. The scientific novelty lies in integrating data

provenance, algorithmic processing, evidentiary status, reliability, and professional verification within a single model. Cultural significance, authenticity, and the acceptable degree of transformation are determined through the comparison of independent sources, professional assessment, on-site investigation, consideration of local experience, and documentation of the grounds for decisions. The model's potential practical significance lies in defining requirements for the cultural content of urban digital twins, traceability of algorithmic results, and their transition to a professionally substantiated architectural and urban planning conclusion.

Keywords: artificial intelligence; urban digital twin; cultural-contextual layer; cultural heritage; historic urban landscape; professional verification.

REFERENCES

1. Ketzler, B., Naserentin, V., Latino, F., Zangelidis, C., Thuvander, L., & Logg, A. (2020). Digital Twins for Cities: A State of the art Review. Built Environment, Vol. 46, No. 4, pp. 547–573. https://doi.org/10.2148/benv.46.4.547 {in English}.

2. Dembski, F., Wössner, U., Letzgus, M., Ruddat, M., & Yamu, C. (2020). Urban Digital Twins for Smart Cities and Citizens: The Case Study of Herrenberg, Germany. Sustainability, Vol. 12, No. 6, Article 2307. https://doi.org/10.3390/su12062307 {in English}.

3. UNESCO. (2011). Recommendation on the Historic Urban Landscape, Including a Glossary of Definitions. Paris: UNESCO. https://www.unesco.org/en/legal-affairs/recommendation-historic-urban-landscape-including-glossary-definitions {in English}.

4. Moroni, S. (2025). Insurmountable Limitations of City-Scale Digital Twins? On Urban Knowledge and Planning. Computational Urban Science, Vol. 5, Article 17. https://doi.org/10.1007/s43762-025-00174-0 {in English}.

5. Shneiderman, B. (2020). Human-Centered Artificial Intelligence: Reliable, Safe & Trustworthy. International Journal of Human–Computer Interaction, Vol. 36, No. 6, pp. 495–504. https://doi.org/10.1080/10447318.2020.1741118 {in English}.

6. Mazzetto, S. (2024). A Review of Urban Digital Twins Integration, Challenges, and Future Directions in Smart City Development. Sustainability, Vol. 16, No. 19, Article 8337. https://doi.org/10.3390/su16198337 {in English}.

7. Luo, J., Liu, P., Xu, W., Zhao, T., & Biljecki, F. (2025). A Perception-Powered Urban Digital Twin to Support Human-Centered Urban Planning and Sustainable City Development. Cities, Vol. 156, Article 105473. https://doi.org/10.1016/j.cities.2024.105473 {in English}.

8. Ataman, C., Tunçer, B., & Perrault, S. (2024). Digital Participation in Urban Design and Planning: Addressing Data Translation Challenges in Urban Policy- and

Decision-Making through Visualization Techniques. In N. Gardner, C. M. Herr, L. Wang, T. Hirano, & S. A. Khan (Eds.), Accelerated Design: Proceedings of the 29th International Conference of the Association for Computer-Aided Architectural Design Research in Asia (CAADRIA 2024) (Vol. 2, pp. 201–210). Singapore: CAADRIA. https://doi.org/10.52842/conf.caadria.2024.2.201 {in English}.

9. Marshall, S., Farndon, D., Hudson-Smith, A., Kourniotis, A., & Karadimitriou, N. (2024). Urban Design and Planning Participation in the Digital Age: Lessons from an Experimental Online Platform. Smart Cities, Vol. 7, No. 1, pp. 615–632. https://doi.org/10.3390/smartcities7010025 {in English}.

10. Felicetti, A., Himmiche, A., & Somenzi, M. (2025). Knowledge Graphs and Artificial Intelligence for the Implementation of Cognitive Heritage Digital Twins. Applied Sciences, Vol. 15, No. 18, Article 10061. https://doi.org/10.3390/app151810061 {in English}.

11. Guillem, A., Abergel, V., Roussel, R., Comte, F., Pamart, A., & De Luca, L. (2025). Bridging the Provenance Knowledge Gap Between 3D Digitization and Semantic Interpretation. Heritage, Vol. 8, No. 11, Article 476. https://doi.org/10.3390/heritage8110476 {in English}.

12. UNESCO & World Bank. (2021). Cities, Culture, Creativity: Leveraging Culture and Creativity for Sustainable Urban Development and Inclusive Growth. Paris: UNESCO; Washington, DC: World Bank. https://doi.org/10.1596/978-92-3-100452-0 {in English}.

13. Campo-Ruiz, I. (2025). Artificial Intelligence May Affect Diversity: Architecture and Cultural Context Reflected through ChatGPT, Midjourney, and Google Maps. Humanities and Social Sciences Communications, Vol. 12, Article 24. https://doi.org/10.1057/s41599-024-03968-5 {in English}.

DOI: 10.32347/2076-815x.2026.93.90-119
УДК 711.1

к.т.н., доцент **Голик Й.М.,**
g.jolana@ukr.net, ORCID: 0000-0001-5135-0711,
Багрій Н.Ю.,
bagrij.n@ukr.net, ORCID: 0000-0003-4477-8239,
Стецько І.І.,
vanya.stetsko.95@ukr.net, ORCID: 0009-0006-8027-490X,
Калинич М.І.,
mifa.k555@gmail.com, ORCID: 0009-0000-3971-8544,
Ужгородський національний університет

ДО ПИТАННЯ ПРОСТОРОВОЇ ОРГАНІЗАЦІЇ ПАРКІВ. СКВЕРИ МІСТА УЖГОРОДА (ПРАВОБЕРЕЖНИЙ ПЛАНУВАЛЬНИЙ РАЙОН)

Сквери є важливою частиною міської комплексної зеленої зони і призначені переважно для короткочасного відпочинку. Незалежно від розмірів, вони суттєво впливають на умови проживання населення: покращують санітарно-гігієнічний режим території, підвищують естетичні, психофізіологічні та пізнавальні якості міського середовища завдяки своїй наближеності до мешканців. Сквери – місця взаємодії людини з природою, важливі елементи сталої містобудівної політики.

До складу зелених насаджень загального користування, крім скверів, входять парки. Найбільші за площею, частотою відвідування і рівнем дослідженості – ужгородські парки-пам'ятки садово-паркового мистецтва Боздоський і Підзамковий. У статті представлений аналіз просторової організації зелених насаджень правобережного планувального району.

Цей матеріал завершує цикл статей про садово-паркові об'єкти Закарпатської області.

Ключові слова: сквери; просторова організація; класифікаційні ознаки; планувальна структура; композиційне рішення; склад насаджень; доступність; безпека; планувальний район.

Актуальність теми. Комфортність урбанізованого середовища значною мірою залежить від кількості, якості та доступності зелених зон загального користування.

При розробці комплексної зеленої зони важливим є дотримання принципів формування мережі зелених насаджень – рівномірність, безперервність і зв'язок міських зелених насаджень із позаміськими.

У випадку Ужгорода порушені всі три принципи:

- більшість озеленених територій загального користування зосереджені в центральній і серединній зоні, біля русла річки Уж;

- безперервний зв’язок між окремими озелененими територіями загального користування порушено через русло річки Уж та пішохідні ділянки без озеленення;

- відсутній зв'язок міських зелених насаджень із позаміськими насадженнями через недостатнє озеленення периферійної зони.

Предмет дослідження – сквери міста Ужгорода.

Мета дослідження – вивчення просторової організації скверів: розташування, площа, форма, основне призначення, час створення, склад насаджень, декоративний ефект, доступність, безпека, рекомендації щодо оптимізації.

Методи дослідження – статистичний і картографічний аналіз, натурне обстеження, аналіз і синтез.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Вивченням проблем організації систем озеленення і розробкою методів проєктування міських рекреаційних систем в Україні займались Іван Родічкін, Леонід Рубцов, Анатолій Жирнов, Тамара Панченко, Володимир Кучерявий, Ярослав Геник.

В Ужгороді стан міських зелених насаджень досліджували Ярослава Гасинець, Інна Бесеганич, Андрій Сойма.

Історія озеленення м. Ужгорода пов’язана з іменами Іштвана Лаудона, Ференца Мішкольці, Лесі Жеграй, Наталії Небоженко, Миколи Лебедєва.

Іштван Лаудон – натураліст, викладач Ужгородської гімназії в кінці XIX-на початку XX ст., засновник дендропарку, у якому росли таксодіуми, сосни вірджинська, гігантська, канадська, китайська, ялини, тсуги, кипарисовики, ялівці, китайське мильне дерево, тис ягідний, кипарис болотний, криптомерія японська. Тут росте найстаріше дерево гінкго дволопатеве в Ужгороді та на Закарпатті. Зараз ці дерева звичні для нас і присутні в багатьох парках і скверах.

Ференц Мішкольці, садівник, в 60-70-х роках XX ст. озеленював центральну частину міста, в тому числі розарій на площі Народній.

Леся Жеграй, педагог, у 80-х роках XX ст. створила сквер на площі Захисників України.

Наталя Небоженко, інженер-озеленювач, працювала в рокарії ЗАТ «Закарпатліс» і ландшафтному парку на території санаторію «Деренівська купіль» біля Ужгорода, де створена виняткова за якістю і кількістю колекція рослин.

Микола Лебедєв – керівник ужгородського зеленгоспу в 70-80-х роках XX ст.. Під його керівництвом висадили платанову алею на Слов’янській

набережній, атлаські кедри на площі Кирила і Мефодія, ялини біля готелю «Закарпаття», алею з магнолій біля магазину «Осетія», пірамідальні дуби на набережній.

Популяризації і захисту зелених насаджень міста присвятив своє життя дендролог і педагог Адальберт Рішко.

Виклад основного матеріалу. Місто Ужгород розташоване у передгір'ї Карпат на території з унікальними природно-кліматичними умовами: з півдня на територію міста вільно проникає тепле атлантичне повітря, з півночі гірський масив Карпат захищає місто від холодних вітрів, що збільшує тривалість теплого періоду року і сприяє вегетації рослин.

Площа міста – 37,95 км^2, населення до повномасштабного вторгнення складало 115,5 тис. осіб.

Потреба в зелених насадженнях загального користування для розрахункової чисельності населення міста (120 тис. осіб), складає 132,00 га при нормативному забезпеченні 11 м^2/люд [3]. На даний час в місті нараховують 98,56 га зелених зон загального користування – це парки, набережні, сквери.

Місто не має територіальних резервів для розвитку значних за розмірами зелених зон. Оптимізувати систему ландшафтно-рекреаційних територій можливо розвиваючи їх вздовж р. Уж і створюючи об’єкти мікрорівня – малі сади і сквери, які максимально наближені до мешканців і можуть стати важливими елементами відкритих публічних просторів.

Планувальна структура м. Ужгорода складається з правобережної та лівобережної частин, розміщених на північ та південь відносно русла р. Уж.

Правобережна частина є найдавнішою містобудівною структурою Ужгорода. Формування її ядра відбувалось в XVI-XVII ст. на історичній Замковій Горі і територіях, розташованих біля підніжжя Дайбовецьких пагорбів. Головні вулиці в цій частині міста вели в напрямку Собранців і гірського перевалу. На початку XX ст. забудовувались квартали Малий, Великий Ґалаґов і «Свепомоц», Мала Прага; в другій половині XX ст. – БАМ, Червениця, Галагура, Флудер.

Забудова лівобережної частини почала формуватися в 30-х роках XVII ст. з торговиці (сучасній площі Петефі). Площу із правим берегом зв’язував дерев’яний міст. З площі радіальні вулиці розходились в напрямках найближчих до міста населених пунктів, назви яких вони носили – Капушанська і Мукачівська.

Значний розвиток лівобережжя відбувся в кінці XIX - на початку XX ст. після будівництва залізниці і масової типової забудови вздовж проспекту

Свободи в південно-західному напрямі, що дало поштовх розвитку «Нового» району.

Природне оточення міста створювало сприятливі умови для мешканців. Повноводна річка, навколишні дубові ліси і виноградники на південних схилах пагорбів правобережжя, а також озеленення приватних садиб сприяли формуванню комфортного середовища для невеликого міста. Навіть зараз в межах міста нараховують близько 104 га лісів. Необхідність створення повноцінної міської зеленої інфраструктури (парків, садів, скверів, набережних) виникла тільки з розвитком багатоповерхової забудови і підпорядковувалось тогочасній містобудівній стратегії.

До середини XX ст. для Ужгорода, як і для більшості історичних міст, які довгий час розвивались без перспективних планів, озеленення публічних просторів було справою окремих меценатів і аматорів.

Озеленені ділянки для громадського використання створювались в основному перед культовими, урядовими та освітніми будівлями. Пізніше садово-паркові об'єкти стали обов'язковим елементом ландшафтно-рекреаційних територій, проте їх функціональне використання було обмеженим і тяжіло до особливостей розміщення в планувальній структурі міста. Міські сквери стали «зеленими» вестибюлями адміністративних будівель або «зеленими» транзитними коридорами вулиць.

В різний час в Ужгороді статус пам'ятки отримали 11 об'єктів садово-паркового будівництва, в тому числі 7 скверів.

За матеріалами «Проєкту благоустрою та озеленення КЗЗ м. Ужгорода», розробленому проєктним інститутом Діпроміcто, м. Київ в 1982 р. у місті нараховували 34 сквери загальною площею 21,41 га [14]. Станом на початок 2023 р. кількість скверів (за даними міської ради) складала 31 [3]. Проте вивчення відкритих джерел і картографічних матеріалів дозволяє підтвердити існування щонайменше чотирьох десятків вже існуючих скверів.

Містобудівна політика агресивна. За останні кілька десятків років деякі сквери стали її жертвами і були забудовані повністю або частково.

Це сквери:

- на площі Постолакі, тепер тут знаходиться житловий будинок;
- на розі вулиць Івана Франка і Яна Гуса - культова споруда;
- на вул. Юрія Гойди - житловий комплекс;
- на вулиці Олександра Федінця – Держказначейство;
- на розі проспекту Свободи і вулиці Швабської - культова споруда;
- на розі проспекту Свободи і вулиці Капушанської - ТМ «Фокстрот»;
- на розі вулиць Мукачівської і Станційної - комерційна недобудова;
- на вулиці академіка Шпеника – автосалон;

- біля автовокзалу 2 – житловий будинок.

За визначенням нормативних документів, «сквер - упорядкована й озеленена ділянка площею від 0,02 га до 2,0 га, яка є елементом архітектурно-художнього оформлення населених місць, призначена для короткочасного відпочинку населення. Озеленені ділянки площею менше 0,02 га, що прилягають до транспортних магістралей у вигляді острівців газонів і квітників без доріжок і місць відпочинку, ураховуються в складі вулиць, як насадження спеціального призначення» [22].

Не існує чітких правил, згідно яких їх розміщують в міській планувальній структурі, але більшість історичних скверів найчастіше виникали на вулицях і площах, всередині житлових кварталів дискретно, без зв'язку з іншими об'єктами озеленення, що, звісно, заперечує важливий принцип сучасного міського озеленення – безперервність.

Аналіз закономірності розміщення, зовнішнього вигляду, призначення, архітектурно-планувальної структури і композиційного рішення скверів дозволяє зрозуміти історичні передумови і перспективи розвитку системи ландшафтно-рекреаційних об'єктів на території міста.

Основні класифікаційні ознаки скверів:

- місце розташування (перед окремими будівлями, на площах і вулицях);
- площа (малі до 0, 5 га; великі до 2 га);
- форма (круглі, трикутні, квадратні тощо);
- основне призначення (меморіальні, декоративні, виставкові, транзитні, рекреаційні, інформаційні, музичні, ігрові, для регуляції транспортних і пішохідних потоків);
- час створення (старовинні – до XX ст.; старі – від початку до 50-х років XX ст.; нові – від 50-х років до кінця XX ст.; новітні – 2000-2015 рр.; сучасні – 2015-2025рр.);
- архітектурно-планувальна структура (регулярні, пейзажні, комбіновані);
- композиційне рішення (відкриті, напіввідкриті, закриті);
- склад насаджень (монокультурні, змішані);
- декоративний ефект (різноманітність рослин, їхня висота, форма і щільність крони, колір і текстура листя та квітів, поєднання з архітектурними елементами та іншими компонентами ландшафту);
- доступність і безпека (стандарти універсального дизайну, безбар'єрний доступ, зовнішнє освітлення, покриття поверхонь).

На просторову організацію скверів впливають всі перераховані ознаки.

Розташування скверів впливає на їх форму, розміри, функціональне призначення і архітектурно-планувальну структуру.

Класифікація за часом створення прийнята згідно методики, розробленої науковцями Львівського лісотехнічного університету [5]. Час створення впливає на функцію, планувальні та композиційні рішення скверів. Перед громадськими будівлями будували сквери представницькі, а це переважно регулярні ландшафтні прийоми, з рядовими посадками і декоративними квітниками. Партерний сквер і розарій на площі Народній (до реконструкції) – приклад таких скверів.

Декоративні характеристики скверів визначаються формою, якістю і кількістю рослинності, їх різноманітністю, а також малими архітектурними формами, парковою скульптурою, парковими меблями та обладнанням. Видовий склад рослин залежить від природно-кліматичних, екологічних та едафічних умов місцевості, рослинність визначає силует, структуру, фон і тон пейзажу, його настрій. Форма крони впливає на стан людини: пірамідальна або куляста збуджує, плакуча – заспокоює. Зелений колір листя знімає стрес, підвищує опірність організму людини. Багато рослин здатні іонізувати атмосферне повітря. Насадження допомагають орієнтуватись в просторі – направляють пішохідні потоки, обмежують територію, формують системи орієнтирів. Світлотінь виявляє форму, пластику і фактуру предметів, визначає кольорове сприйняття оточення і є важливим фактором ландшафтної композиції. Кількість рослин на одиницю площі може створити враження густого лісу або сонячної поляни, відкритого чи закритого простору. Сквери, закладені в 50-60-х роках минулого століття, мають всі ознаки загущених посадок, закритих по периметру високими деревами. В таких скверах з часом випали декоративні чагарники, квітники і газони через надмірну затіненість.

Освітлення (природне і штучне) впливає на сприйняття елементів пейзажу, на настрій глядача, на вибір місця відпочинку або маршруту, на безпеку відвідувачів.

Малі архітектурні форми, паркові меблі та обладнання (лавиці, урни, фонтани, огорожі, вказівники, обладнання спортивних та дитячих майданчиків тощо) застосовують в залежності від призначення парку. Важливо, щоб для благоустрою використовувались місцеві якісні матеріали, які спрощують експлуатацію території – водопроникні покриття доріжок з кам’яної і керамічної крихти, для квітників – органічний дренаж і мульчу, для декоративних композицій – багатолітники, для газонів – лугові трави. Підвищують кліматичний комфорт фонтани-розпилювачі і динамічні водойми – каскадні струмки.

Вуличні меблі і паркова скульптура – це дво- або тривимірні утилітарні та художні вироби різноманітних форм, розмірів та стилістики. Їх кількість і якість залежить від призначення скверу, матеріал – доступний та екологічний.

Різноманітність функцій, доступність і безпека для відвідувачів збільшує соціальне значення скверів, покращує якість життя в місті. Майданчики для фізичної активності, пікніків, ярмарок приваблюють мешканців, їх створення супроводжують елементи безбар'єрності і якісне освітлення.

Сквери правобережного планувального району

Правобережна частина розташована в північній частині міста і обмежена руслом р. Уж та об'їзною дорогою. Більшість скверів цієї частини міста відносять до категорії старовинних – створених до початку ХХ ст. і старих – створених до 50-х років ХХ ст.

Сквери на площі Народній. В період Чехословацької республіки, в складі якої Закарпаття знаходилось на протязі 1918-1938 рр., під керівництвом архітектора Адольфа Лібшера, був розроблений проект забудови кварталу «Малий Ґалаґов», доповнений і частково змінений в пізніші періоди.

Болотиста місцевість з меандрами струмків і рукавів р. Уж була меліорована. В трасуванні вулиць кварталу збереглись обриси потічків, які впадали в основне русло в районі площі Ґалагов і Ротарі-скверу і пізніше стали частиною міської каналізаційної системи. Планувальна схема вулиць змінювалась також через розміщення транспортного мосту ім. Томаша Масарика. В перших версіях генерального плану міст знаходився по осі будівлі земського уряду, пізніше його перемістили вниз по течії на 220 м., що дозволило винести автомобільний рух з кварталу на його периферію.

Сквери на цій території проектом Лібшера не передбачались.

Партерний сквер і сквер за будівлею земського уряду появились в кінці 30-х років після змін генерального плану. На ділянках, які не були забудовані до 1938 р, тобто до зміни політичної влади в краї, розбили сквери.

На даний час на головній площі міста знаходяться 5 окремих ландшафтних об'єктів:

- перед будівлею ОДА (колишній земський уряд), партерний сквер (великий);
- перед будівлею медичного факультету УжНУ (колишнє жандармське управління), партерний сквер (малий);
- в західній частині площі, колишній розарій;
- в північно-західній частині площі, сквер Університетський ;
- в північній частині площі, сквер Крупки.

Сквери, на місці яких передбачалось будівництво громадських і житлових будівель – розарій, Університетський та Крупки, розміщені на рівні природного рельєфу, тобто на пониженні з перепадом по висоті біля 1 м. Партерні сквери та елементи благоустрою (проїзди, тротуари, партерний газон) влаштовані на насипному ґрунті.

Завдяки особливостям території (південна орієнтація, захищеність від вітрів, родючі заплавні ґрунти, достатня зволоженість) рослини в скверах розвиваються дуже добре.

1. Партерний сквер (великий) розташований перед будівлею ОДА. Рішенням ВК ЗОР від 18.11.1960 р. № 414 та 25.07.1972 р. №243 скверу надано статус пам'ятки садово-паркового мистецтва місцевого значення.

Сквер розташований на віддалі 20 м від будівель, на рівнинній ділянці.

Площа скверу – 0,53 га (125 х 40 м.), форма – прямокутний, призначення – багатофункціональний (декоративний, рекреаційний, транзитний, виставковий), час створення – старий (30-і роки XX ст.), архітектурно-планувальна структура – регулярний, композиційне рішення – відкритий, склад насаджень – змішаний (ялина колюча, самшит вічнозелений, троянди паркові).

З чотирьох сторін партер обмежений проїздами. Пропорції скверу вказують на те, що його поява не пов'язана з формуванням площі як публічного простору, а є наслідком трансформації вулиці під площу. Первинне призначення партеру – декоративний, після реконструкції 2013р. – транзитний, із зонами для відпочинку населення.

Сквер неодноразово змінювався. До кінця 90-х він зберігав роль «зеленого дзеркала», тла для неокласичної будівлі ОДА. На поздовжніх сторонах партеру знаходились невеликі кишеньки з лавицями, розташованими симетрично і орієнтованими на проїзди. Його обрамлювали живоплоти, кущі самшиту звичайного, бирючини звичайної, чубушника, барбарису і спіреї.

В середині 50-х років партер став барвистим, існуюче озеленення доповнили масштабні композиції з троянд, юкки нитчастої та сезонних квітів. В 1965 р. в південній частині партеру встановлено пам'ятник В. Леніну, в 1991 р. на його місці встановили флагшток.

В 90-х роках більшість рослин втратили декоративність через вік та хвороби і потребували заміни. Після реконструкції площі на початку 2000-х років обриси партеру стали більш лаконічними, (без лавиць, прожекторів для підсвітки фасаду і квітників).

У 2013 р. чергові зміни перетворили партер на транзитний сквер з низькорослими живоплотами із самшиту, трояндами та «різдвяною» ялиною. На головній алеї розміщені лавиці, в центральній частині – «сухий» фонтан.

Максимальний декоративний ефект – початок літа, період цвітіння троянд.

Сквер повністю сформований, з якісним покриттям доріжок, освітлений і доступний для громадськості, тут проводяться різні масові урочистості. Фонтан влітку приваблює дітей та дорослих. Ялина взимку стає осередком різдвяних святкувань.

Недоліки – відсутні елементи, які створювали б затінок для літнього відпочинку відвідувачів.

2. Сквер перед будівлею медичного факультету УжНУ (малий). Сквер розташований в південній частині площі Народної, по осі партерного скверу, на віддалі 15 м. від будівлі медичного факультету. Центрична композиція площі вказує на те, що з протилежної сторони передбачалась симетрична будівлі (нереалізована).

Площа скверу – 0,08 га (52,5 х 15,0 м.), форма – прямокутний, призначення – меморіальний, час створення - старий (30-і роки ХХ ст.), архітектурно-планувальна структура – регулярний, композиційне рішення – відкритий, склад насаджень – монокультурний (ялина колюча).

Декоративне оформлення скверу підпорядковувалось озелененню партерного скверу і не залежить від сезону завдяки лаконічним ландшафтним прийомам.

Це найменший за розмірами сквер на площі. В ближній до набережної Незалежності частині партеру в 2018 р. встановлено «Свічу пам’яті», пам’ятник жертвам Голодомору (скульптор Ігор Гречаник).

Сквер повністю сформований, освітлений і потребує системного догляду.

3. Сквер-розарій. Сквер розташований на віддалі 20 м. від східного фасаду будівлі ректорату УжНУ, на пониженні рельєфу. Добре проглядається з навколишніх вулиць і площі.

Площа скверу – 0,3 га (в 80-х роках його площа складала 0,55 га), форма - прямокутний (85,0 х 60,0 м.), призначення – декоративний, час створення – новий (друга половина ХХ ст.), архітектурно-планувальна структура – пейзажний, композиційне рішення - напіввідкритий, склад насаджень – змішаний (сосна гірська, ялина колюча, тис ягідний, туя складчата, падуб гостролистий, кипарисовик Лавсона, ялівці, липа серцелиста, магнолії Кобус і Суланжа, ліріодендрон тюльпановий, шовковиця чорна, церсис європейський, лавровишня лікарська, калина морщинолиста, самшит вічнозелений, кизильники, спіреї, бузок, бруслина, піраканта).

Ділянка, на якій розташований сквер, після подій перед ІІ світовою війною залишилась незабудованою. В 1954 р. відповідно до тогочасних ландшафтних тенденцій в сквері на трьох прямокутних ділянках було висаджено кілька десятків сортів троянд, в тому числі штамбових, рослину-партнер – самшит вічнозелений і живопліт із бузку угорського. З часом трояндові кущі випали, декоративність зберегли тільки кущі самшиту звичайного. Розарій освітлювали паркові світильники.

В 1999 р. площа скверу зменшилась: в східній частині відсипано півкруглий майданчик для розміщення пам'ятника Тарасу Шевченку (скульптор Михайло Михайлюк).

У північно-східній частині скверу сформовано невелику прямокутну площадку з квітником, симетричну палісаднику перед будівлею УВС.

Із заходу сквер обрамлений рядом лип, з трьох інших сторін він відкритий для огляду.

На початку 2000-х років під час реконструкції площі повністю оновлено і доповнено асортимент дерев і кущів, які не вимагають складного догляду. Дерева та чагарники висаджені групами, дотримуючись пейзажних прийомів. Залишились нереалізованими запроектований квітник безперервного цвітіння за пам'ятником і група рододендронів в центральній частині скверу.

Фоном для рослин служить газон з паркового різнотрав'я. Лавиці та вуличне освітлення розташовані на алеї за межами скверу.

Декоративний ефект скверу високий у всі сезони: весною квітнуть магнолії, ліріодендрон, церсис і піраканта, влітку – липа і спіреї, восени набирають контрастне забарвлення листопадні рослини, взимку домінує піраканта з її ефектними плодами.

Сквер повністю сформований, освітлений, обмежено доступний через особливості рельєфу: з чотирьох сторін влаштовані пологі укоси без сходів і пандусів. Лавиці встановлені вздовж пішохідної алеї з південного боку скверу.

4. Сквер Університетський. Сквер розташований на розі вулиць Юрія Гойди і Тараса Шевченка, на віддалі 20 м. від західного фасаду будівлі ОДА, на пониженні рельєфу.

Площа скверу – 0,79 га, форма – неправильний чотирикутник, призначення – рекреаційний і транзитний, архітектурно-планувальна структура – комбінований, час створення – старий (друга половина XX ст.), композиційне рішення – закритий, склад насаджень – змішаний (тис ягідний, гінкго дволопатеве, ялиця біла, криптомерія японська, сосна звичайна липа серцелиста і звичайна, клен гостролистий і ясенелистий, клен-явір, граб звичайний, робінія звичайна).

Характер доріжок підпорядкований основним пішохідним маршрутам, доповненими прогулянковими стежками. В місцях зміни висот облаштовані східці, огорожа – невисокий бетонний парапет.

В різні періоди змістове наповнення скверу визначалось його розміщенням біля адміністративних будівель. В 70-80-і роки минулого століття тут знаходилась обласна дошка пошани з декоративним басейном і фонтаном, пізніше в південній частині скверу планували розмістити копію історичної дерев'яної церкви. Після перепрофілювання будинку політосвіти в учбово-

адміністративний заклад призначення скверу отримало розширену рекреаційну функцію.

Щільність посадок висока, декоративні кущі і газон під кронами дерев випали, крони дерев через загущеність втратили природну форму.

Максимальний декоративний ефект рослинності восени, завдяки забарвленню листя лип і кленів.

Для підвищення декоративності сквер потребує санітарної обрізки і створення відкритих полян.

Сквер освітлений і огороджений.

Покращити доступність можливо влаштуванням пандусу, заміною покриття доріжок і збільшенням кількості паркових лавиць.

5. Сквер Франтішека Крупки. Сквер розташований на віддалі 6 м. від північного фасаду будівлі ОДА на пониженні рельєфу.

Площа скверу – 0,82 га, форма скверу – овальний, (170 х 62 м.), призначення – транзитний і рекреаційний, час створення – старий (кінець 30-х років ХХ ст.), архітектурно-планувальна структура – регулярний, композиційне рішення – закритий, склад насаджень – змішаний (кедр атласький, туя західна і велетенська, сосна чорна, гірська і звичайна, дугласія тисолиста, клен гостролистий, клен-явір, липа серцелиста, слива Піссарді, вишня дрібнопільчаста, церсис європейський, робінія звичайна, бузок звичайний, тополі біла, чорна і сірувата)

Сквер закладений чехословацькими спеціалістами після змін генерального плану в кінці 30-х років. Система доріжок формальна і не відповідає основним напрямам руху пішоходів.

На території скверу росте 22 види рослин. Тополі, що ростуть тут, є одними з найбільших дерев в Ужгороді.

В 70-х роках ХХ ст. територію скверу використовували як майданчик для ярмарків і квіткових виставок. Зараз, завдяки близькості до новозбудованого багатоповерхового житлового комплексу, переважаючою стала рекреаційна функція скверу.

Декоративний ефект завдяки змішаній рослинності – цілорічний.

Для підвищення декоративності сквер потребує санітарної обрізки і виділення відкритих просторів. Сквер огороджений і освітлений.

Покращити доступність можливо влаштуванням пандусів, заміни покриття доріжок, влаштуванням спортивних та дитячих майданчиків, збільшенням кількості вуличних меблів.

6. Рокарій ЗАТ «Закарпатліс» розташований по вул. Собранецькій, 60 на південно-західному схилі Університетського пагорбу в комплексі адміністративних будівель. Згідно рішення облради від 11.01.2002 р. № 377, має

статус пам’ятки садово-паркового мистецтва. Єдиний новий сквер в центральній частині міста.

Площа скверу – 0,51 га; форма саду – неправильний багатокутник; призначення первинне – транзитний відпочинок, фактичне – декоративний, для розміщення колекції рослин, час створення – новий (90-і роки минулого століття), архітектурно-планувальна структура – пейзажна, композиційне рішення – напіввідкритий, склад насаджень – змішаний (кедр річковий, сосна гімалайська, тис ягідний, ялівець козацький, юкка нитчаста, ялівець звичайний, сосна гірська, гліцинія китайська, трав’янисті багатолітники).

Рослинність представлена 65 видами і формами деревно-чагарникових порід та близько 70 видами трав’янистих квіткових рослин. Значну частину рослин складають представники природної дендрофлори Карпат та інтродуковані деревно-чагарникові рослини. Доповнюють рослини композиції з каменю, розташовані на трьох терасах, з’єднаних сходами. Перепад висот на ділянці саду 10,0м. Вхід на територію з вулиць Собранецька і Кошицька.

Рокарій створений за участю спеціалістів підприємства «Закарпатліс», в тому числі ландшафтним архітектором Наталією Небоженко. Проектні рішення 80-х років минулого століття передбачали ряд садів різних стилів і планувальних рішень, розташованих між вулицями Собранецька та Університетська, які мали поєднати адміністративний центр міста на площі Народній з університетським містечком. Перепад висот на цій ділянці – 70 м.

Рокарій – перший і найнижчий сад з нереалізованого паркового каскаду. Зараз він є частиною комплексу адміністративних будівель ЗАТ «Закарпатліс» і ВАТ «Закарпатінтерпорт». В північній частині ділянки до початку 2000-х років знаходився недобудований магазин-салон «Меблі», на даний час демонтований. Вище по схилу – приватна житлова забудова.

Максимальний декоративний ефект саду взимку, коли домінують вічнозелені рослини.

Рокарій розміщений на складному рельєфі, на огородженій території, освітлений і обмежено доступний для відвідування.

7. Алея липи на набережній річки Уж є частиною містобудівного комплексу набережної Незалежності. Віддаль від алеї до фасадів будівель 10 - 28 м. Згідно рішення ОВК від 18.11.1969 р. № 414 та рішення ОВК від 25.07.1972 р. № 243 – пам’ятка садово-паркового мистецтва місцевого значення.

Площа алеї - 0,78 га (довжина 980 м., ширина – 8 м.),форма – витягнута дуга, призначення – транзитна і рекреаційна, час створення – стара (30-і роки XX ст.), архітектурно-планувальна структура – регулярна, композиційне

рішення – закрита, склад рослин – монокультурний (липа серцелиста, звичайна, американська, кримська, повстяна і крупнолиста).

Набережна створена в результаті регуляції русла р. Уж і забудови урядово-житлового кварталу Малий Ґалаґов в 20-30-х роках минулого століття. Форма набережної повторює вигнуту форму русла, її ширина 18-20 м.

Набережна призначена для транзитного руху та відпочинку пішоходів. Розташована між вулицею Корзо і транспортним мостом, який зараз носить ім'я Томаша Масарика, першого президента Чехословаччини. З шести міських набережних вона має найбільш яскравий архітектурний образ не тільки завдяки монокультурним посадкам липи, але і якісній забудові. Складається з пішохідної алеї і проїжджої частини, які розділені зеленими насадженнями.

З півночі до набережної примикають дві площі: Поштова і Народна, а також сквер Лаборця. Площа Народна зберегла геометричні параметри, закладені в планувальну структуру прилеглих кварталів чехословацькими архітекторами, які передбачили видові розкриття на річку.

Основою дворядних алейних насаджень є дерева шести видів лип висаджених у 20-30-х роках минулого століття. Посадки нараховують 191 дерево. Крім того, тут ростуть 4 туї західні, 2 дуби черешчаті, форма пірамідальна. До того, як дерева підросли і набрали проектну висоту, між ними росли спірея Вангута, дейція шорстка, форзиція середня, гібіск сирійський, айва японська, жасмин садовий, паркові троянди. З часом переважна частина кущів виродились і загинули.

На набережній знаходиться пам'ятник президенту Карпатської України Августину Волошину (скульптор Михайло Михайлюк). Біля гімназії на невеликому розширенні перед будівлею в 1987 р. до «Дня Землі» встановлено скульптурне зображення планети (скульптор Михайло Михайлюк).

Максимальний декоративний ефект насаджень липової алеї спостерігається в червні-липні (цвітіння липи) і восени (золотисте забарвлення листя). Період цвітіння завдяки різним видам липи триває півтора – два місяці.

Алея повністю сформована. Проте під час висадки дерев були порушені рекомендовані віддалі між стовбурами, крони змикаються, видалення і заміни потребують окремі фаутні рослини. Для збереження архітектурного образу ремонт насаджень алеї необхідно здійснювати великомірними рослинами з компактною кроною і висотою до 20 м.

В дендрофлорі України ростуть шість видів, всі вони представлені на алеї. Доповнити перелік можна гібридами і культурними сортами липи.

Лавиці на алеї розташовані з боку проїзду і забудови для того, щоб забезпечити найкраще видове сприйняття річки.

Набережна – популярне місце для прогулянок і проведення ярмарків, добре освітлена, з якісним покриттям і доступна всім категоріям населення. Відсутність огородження берегового укосу створює певну небезпеку для пішоходів.

8. Палісадник хімічного факультету УжНУ на вул. Фединця, 53, розташований перед головним корпусом колишньої гімназії. Згідно рішення ВК ЗОР від 18.11.1969 р. № 414 – пам'ятка садово-паркового мистецтва місцевого значення.

Площа скверу – 0,11 га., форма – прямокутний, призначення – декоративний, час створення – старовинний (кінець XIX ст.), архітектурно-планувальна структура – регулярний, композиційне рішення – закритий, склад насаджень – змішаний (ялина колюча форма плакуча, тис ягідний, туя нитковидна, дугласія тисолиста, шовковиця біла і чорна, яблуня Недзвецького, ліщина звичайна, калина морщинолиста, самшит вічнозелений деревовидний).

Сквер входить до комплексу будівель УжНУ, що займає квартал, обмежений вулицями Олександра Фединця, Володимира Гнатюка, Підгірна і Панаса Мирного. Сквер огороджений, призначений для відпочинку студентів і розміщення колекції декоративних рослин.

Складається з двох ділянок. Основна ділянка, пам'ятка СПМ, у формі прямокутника, розташована перед південно-західним фасадом трьох поверхової будівлі хімічного факультету (колишня гімназія Другетів) і виходить на вул. Фединця. Менші за площею частини саду знаходяться в північно-східній частині кварталу і всередині забудови біля службових входів – з вулиці Підгірна та вулиці Панаса Мирного.

Сквер закладений після завершення будівництва гімназії в 1895 р., старовинний. Рослинами в свій час опікувався викладач закладу Олександр Грабар.

В 1909 р. в сквері встановлено пам'ятник викладачу, поету Габору Дойко (скульптор Едмунд Самовольський). В радянський період його демонтували і повернули на постамент в 1994 р.

Планувальна організація підпорядкована симетричним неоренесансним рішенням плану та фасаду будівлі. Дві перпендикулярні алеї розділяють сквер на рівні частини, оминаючи невеликий зелений острівець з пам'ятником.

В сквері ростуть хвойні та листяні дерева і кущі. Дерева висаджені з порушенням рекомендованих віддалей, глибока тінь не дозволяє розвиватись газонам і квітникам. Для підвищення естетичних характеристик потребує санітарної обрізки. Декоративний ефект спостерігається у всі сезони.

Сквер доступний для студентів і викладачів, огороджений і освітлений.

9. Палісадник університетської бібліотеки (зараз – резиденції єпископа Мукачівської греко-католицької єпархії) розташований в історичному центрі міста, на Замковій горі, по вул. Капітульній, 9. Пам'ятка садово-паркового мистецтва місцевого значення, рішення ОВК від 18.11.1969 р. № 414, рішення ОВК від 25.07.1972 р. № 243. Сквер займає терасовану ділянку з лівого боку від входу в резиденцію.

Площа скверу – 0,5 га, форма скверу – прямокутний, призначення - декоративний, час створення – старовинний (XIX ст.), архітектурно-планувальна структура – регулярний, композиційне рішення – закритий, склад рослин – змішаний (біота східна, ялівець звичайний, самшит звичайний, скумпія звичайна, бузок звичайний, паркові троянди). Огорожа – кам'яні стовпи з металевою решіткою.

До будівлі резиденції XVII ст. примикає греко-католицький Хресто-Воздвиженський собор XIX ст. На території присутні інші озеленені ділянки: в західній частині схил, покритий трав'яним газоном, сланкими та в'юнкими рослинами, в східній частині – сад перед входом в службові приміщення собору. Ці ділянки не є пам'ятками СПМ, проте входять в комплекс культових споруд.

На кам'яній підпірній стіні висотою більше 2 м. в 2007 р. встановлено меморіальні дошки з іменами 128 репресованих радянською владою священників ГКЦ.

Декоративний ефект насаджень цілорічний, побудований на контрасті форм і кольору.

Територія скверу доступна для відвідувачів собору і резиденції, недоступна для МГН.

10. Сквер Томаша Масарика згідно рішення ЗОР від 16.11.2012 р. № 554 пам'ятка садово-паркового мистецтва місцевого значення. Розташований на набережній Незалежності, біля моста ім. Масарика на пониженні рельєфу. Північну частину ділянки займає сквер Мілана Ростіслава Штефаніка.

Площа – 0,28 га., форма – неправильний багатокутник, призначення – меморіальний і рекреаційний, час створення – старий (кінець 30-х рр. XX ст.), архітектурно-планувальна структура – регулярний, композиційне рішення – закритий, склад насаджень – змішаний (ялина європейська, біота східна, сосна гірська, дугласія тисолиста, вишня дрібнопільчаста, береза бородавчаста, катальпа бігнонієвидна, софора японська, дуб червоний і скельний, каштан кінський, горіх волоський, брусонеція паперова, ясен звичайний і пенсільванський, черешня, слива Піссарді, тополя чорна, липа серцелиста і звичайна, сезонні квіти).

На ділянці скверу в 20-х роках минулого століття передбачалась житлова забудова. Ознакою такого рішення є двоповерховий садибний будинок в східній частині скверу.

В сквері встановлено пам'ятник Томашу Масарику (скульптор Йозеф Вайце).

Близькість скверу до жвавої транспортної вулиці із з'їздом-виїздом на міст обмежує використання скверу МГН і для дитячої рекреації.

Декоративний ефект створює поєднання хвойних та листяних порід, квіткових композицій.

Територія скверу обмежено доступна для відвідувачів, добре освітлена.

11. Сквер Мілана Ростіслава Штефаніка. Згідно рішення Ужгородської міської ради від 18.10.2016 р. № 407 північну частину ділянки, де розташована пам'ятка СПМ, сквер Томаша Масарика, перейменовано в сквер імені Штефаніка. Сквер обмежений площею Захисників України, вулицями Володимира Гошовського і Юрія Гойди. На частині скверу, яка примикає до вулиці, знаходиться павільйон квіткового магазину

Площа скверу – 0,34 га, форма – неправильний чотирикутник, призначення – меморіальний і транзитний, час створення – старий (кінець 30-х років ХХ ст.), архітектурно-планувальна структура – регулярний, композиційне рішення – напіввідкрите, склад насаджень – змішаний (ялина звичайна, каштан кінський, вишня дрібнопільчаста).

В глибині скверу встановлено пам'ятник генералу Мілану Штефанику (скульптор Василь Роман).

Декоративний ефект скверу створюють дерева каштану і вишні, які квітнуть весною.

Сквер обладнаний малими архітектурними формами (шахові столики) і повністю доступний для відвідувачів, добре освітлений.

12. Сквер Ротарійський знаходиться на початку Студентської набережної, біля мосту Масарика, на пониженні рельєфу, створеному після берегоукріплювальних робіт і будівництва пандуса в'їзду на міст, який з'єднує площу Захисників України (відмітка 115.9) і площу Богдана Хмельницького (відмітка 118.2).

Площа скверу – 1,77 га, форма – неправильний багатокутник, призначення – багатофункціональний (транзитний, меморіальний, рекреаційний), час створення – старий (30-і рр. ХХ ст.), архітектурно-планувальна структура – комбінований, композиційне рішення – напіввідкритий, склад насаджень – змішаний (кедр атласький, ялина колюча, форма сріблясta, сосна звичайна, сосна Веймутова, кипарис болотний, ялівець звичайний, дуб звичайний, липа серцелистна, платан західний, кедр атласький, гіркокаштан звичайний,

метасеквойя, вишня дрібнопільчаста, слива Піссарді, яблуня Недзвецького, катальпа бігнонієвидна, шовковиця біла і чорна, форзиція середня, бірючина пістрява, гібіскус сирійський).

В сквері встановлений пам'ятник ліквідаторам Чорнобильської аварії (скульптор Василь Олашин). В південній частині скверу знаходиться невелика будівля кафе з виходом на Студентську набережну.

В сквері реалізовано пілотний проект з інвентаризації зелених насаджень. Обстеженням виявлені 31 породи рослин.

Назву сквер отримав у 2003 році. Ротарі-клуб в Ужгороді створили в 1929 році і він є найстарішим в Україні. Членами ужгородського клубу в різні часи були видатні ужгородці: губернатор Констянтин Грабар, художник Адальберт Ерделі, хірург Олександр Фединець.

Максимальний декоративний ефект створюють хвойні рослини, які ростуть в глибині скверу.

Сквер повністю доступний відвідувачам, освітлений, обладнаний лавицями. На перспективу можливе розширення функцій – створення майданчиків для активних видів спорту і дитячого відпочинку.

13. Сквер на вул. Ференца Ракоці (альпінарій) розташований на південному і південно-західному схилах пагорбу Кальварія, біля південної стіни жупанату. Ділянка терасована, перепад висот в межах скверу – 5 м.

Площа скверу – 0,25 га, форма – неправильний багатокутник, призначення – багатофункціональний (декоративний, меморіальний, рекреаційний), час створення – старий (20-і роки XX ст.), архітектурно-планувальна структура – пейзажний, композиційне рішення – напіввідкритий, з акцентами у вигляді кам'яних валунів, склад рослин – змішаний (тис ягідний, сосни австрійська, гірська та європейська, ялина колюча, ялівець скельний і козацький, ясен звичайний, дуб звичайний, айлант високий, клен-явір, береза бородавчата, липа дрібнолиста, самшит звичайний, смородина альпійська, бузок угорський, роза морщиниста). Альпійські і субальпійські трави та квіти не витримали випробування часом і деградували.

У 80-х роках в альпінарії знаходилось скульптурне зображення чаплі (скульптор Володимир Щур). Зараз біля штучного озерця розташований пам'ятник засновникам закарпатської школи живопису Йосипу Бокшаю та Адальберту Ерделі (скульптор – Микола Олійник).Перед входом з вулиці Ракоці встановлено геодезичний знак «зірка-бусоль» (скульптори Степан Руснак, Роман Мурник).

У верхній частині альпінарію збудована гірка із вапняка.

Максимальний декоративний ефект взимку і побудований на контрасті засніжених схилів і вічнозелених рослин.

Сквер огороджений, освітлений, обладнаний сходами і лавицями, тераси доступні для відвідувачів з прилеглих вулиць.

14. Сквер на площі князя Лаборця знаходиться на перетині вулиць Яна Гуса і Закарпатської в кварталі Великий Ґалаґов, між вулицею Собранецька і р. Уж. Площа має овальну форму. Рельєф ділянки рівнинний, час створення – старий, 20-30-і роки ХХ ст. Сквер перетинають дві алеї, які є продовженням вулиць.

Площа скверу – 0,56 га, форма – овальна, призначення – транзитний, час створення – старий (30-і роки ХХ ст.), архітектурно-планувальна структура – регулярний, композиційне рішення – напіввідкритий, склад насаджень – змішаний (біота східна, сосна звичайна і гірська, ялівець китайський, софора японська, вишня дрібнопільчаста, хурма кавказька, шовковиця паперова, верба біла, форма плакуча, гібіск сірійський, бирючина, спіреї).

На перетині алей встановлений хрест.

Декоративний ефект максимальний у квітні в період цвітіння вишні дрібнопільчастої і липні, коли квітне живопліт з гібіска.

Сквер освітлений і повністю доступний для відвідувачів.

15. Сквер Лаборця розташований на набережній Незалежності, в курдонері між вулицями братів Бращайків і Клари Лабик, між пішохідним мостом і мостом Масарика.

Площа скверу – 0,05 га, форма - прямокутна, призначення – декоративний, час створення – старий (30-і роки минулого століття), архітектурно-планувальна структура – регулярний, композиційне рішення – відкритий, склад насаджень – змішаний (ялина колюча, сосна чорна, туя складчаста, ялівець китайський, вишня дрібнопільчаста).

З 1979 р по 2022 р. в центрі скверу знаходився пам’ятник Олександру Пушкіну.

Декоративний ефект насаджень високий у всі сезони.

Сквер освітлений і повністю доступний для відвідувачів.

16. Сквер на розі вулиць Митна і Собранецька розташований перед адміністративною будівлею ужгородського водоканалу.

Площа скверу – 0,05 га, форма – прямокутна, призначення – транзитний, час створення – новий (70-і рр. минулого століття), архітектурно-планувальна структура – регулярна, композиційне рішення – напіввідкритий, склад насаджень – змішаний (тис ягідний, ялина колюча, ялівець скельний, вишня дрібнопільчаста, гібіск сирійський).

Декоративний ефект знижує периметральна висадка рослин, яка закриває будівлю і з зменшує оглядовість перехрестя.

Сквер освітлений і повністю доступний для відвідувачів.

17. Сквер на площі Захисників України розташований на перетині вулиць Митна, Олександра Довженка і Володимира Гошовського.

Площа скверу – 0,76 га, форма скверу – витягнутий овал, призначення – регулюючий транспортний рух, час створення – новий (60-70-і роки ХХ ст.), архітектурно-планувальна структура – пейзажна, композиційне рішення – відкрите, склад насаджень – змішаний (ялівець козацький та скельний, біота східна, церсис європейський, яблуня китайська, вишня дрібнопільчаста, гібіск сірійський, сезонні квіти).

Декоративний ефект високий цілорічно.

Сквер розташований на жвавій транспортній розв'язці, освітлений і недоступний для пішоходів.

18. Сквер на вулиці Небесної сотні розташований на розширенні вулиці Небесної сотні, біля перетину з вулицею Клари Лабик.

Площа скверу – 0,05 га, форма – трикутна, призначення – регулюючий транспортний рух, час створення – старий (30-і роки минулого століття), архітектурно-планувальна структура – регулярний, композиційне рішення – закритий, склад рослин – змішаний (біота східна, туя складчаста, бирючина звичайна).

Сквер освітлений, відділений від проїзної частини високим бордюром і недоступний для пішоходів.

19. Сквер Героїв Майдану розташований на розі вулиць Ференца Ракоці, Клари Лабик і Олександра Довженко. Як і більшість скверів чехословацького періоду, його створено на місці нереалізованої забудови.

Площа скверу – 0,37 га, форма – трикутний, призначення – багатофункціональний (меморіальний, рекреаційний, ігровий), час створення – старий (30-і роки минулого століття), архітектурно-планувальна структура – регулярний, композиційне рішення – напіввідкритий, склад рослин – змішаний (кипарисовик Лавсона, туя західна, ялина європейська, дугласія тисолиста, клен польовий, цукристий і гостролистий, клен-явір, каштан їстівний, софора японська, айлант найвищий, каштан кінський, черемха звичайна, липа серцелиста, барбарис Тунберга, сніжноягідник білий, вейгела квітуча).

У сквері встановлено пам'ятник репресованим краянам (скульптор Василь Олашин), фонтан, ігрове обладнання для дітей.

Декоративний ефект скверу визначається листяними деревами, які ростуть в південній частині скверу і створюють тло для малих форм та іншого обладнання. Проте підбір ігрових атракціонів здійснений безсистемно і порушує гармонію кольорів природного середовища. Фонтан теж потребує ремонту.

Сквер огороджений парапетом, освітлений, обладнаний лавицями і доступний для відвідувачів.

20. Сквер на розі вул. Ференца Ракоці і Клари Лабик розташований в західній частині кварталу, в якому знаходиться пам'ятка промислової архітектури – шпихлір, дворівневий склад кінця XVIII ст. В сквері знаходиться пандус в'їзду до верхньої частини шпихліру.

Площа скверу – 0,15 га, форма – неправильний чотирикутник, призначення – меморіальний, час створення – старий (перша половина XX ст.), архітектурно-планувальна структура – пейзажний, композиційне рішення – напіввідкритий, склад насаджень – змішаний (біота східна, липа дрібнолиста, горіх грецький).

У сквері встановлено пам'ятні знаки учасникам антикомуністичних революцій 1956 р. і 1968 р. в Угорській та Чехословацькій республіках (скульптори Михайло Колодко і Роман Мурник).

Територія скверу погано доглянута, елементи благоустрою вимагають ремонту. Сквер освітлений і доступний для відвідувачів.

21. Сквер на розі вулиць Собранецька і Тиха знаходиться в історичній забудові, біля підніжжя пагорба Кальварія.

Площа скверу – 0,04 га, форма – трикутна, призначення – рекреаційний, час створення – старий (початок XX ст.), архітектурно-планувальна структура – регулярний, композиційне рішення – напіввідкритий, склад насаджень – змішаний (сосна звичайна, каштан кінський, липа дрібнолиста).

Сквер відрізняє особливе використання специфіки ділянки: в західній частині через значний перепад рельєфу збудовано підземне приміщення, в якому спочатку розміщувалась громадська вбиральня, зараз – торгове приміщення. З північно-західної частини облаштовані сходи, зі сходу – проїзна частина вулиці Тиха. Входи в сквер з вул. Тиха та зі сходів. В центральній частині скверу розміщена ігрова металева скульптура «Пегас», встановлена в 1985р. (скульптори Володимир Щур, Іван Мага).

Декоративний ефект рослинності найвищий восени, коли листя лип забарвлюється і контрастує з хвойними деревами.

Сквер огороджений, освітлений, доступний для відвідувачів з вулиці Тиха.

22. Сквер на площі Гаврила Глюка розташований на розі вул. Підгірна і Володимира Гнатюка, в історичній забудові.

Площа скверу – 0,05 га, форма – трикутний, призначення – меморіальний, час створення – старий (початок XX ст.) архітектурно-планувальна структура – регулярний, композиційне рішення – відкритий, склад рослин – змішаний (біота східна, ялівець китайський, самшит звичайний).

У сквері в 2012 р. встановлена мініатюрна скульптура художника Глюка (скульптор Михайло Колодко).

Декоративний ефект високий завдяки лаконічним ландшафтним рішенням.

Сквер освітлений і доступний для відвідувачів.

23. Сквер – партер на площі Корятовича розташований в історичній частині міста, на північний захід від Замкової гори.

Площа скверу – 0,08 га, форма – витягнута трапеція, призначення – регулюючий, час створення – новий (друга половина XX ст.), архітектурно-планувальна структура – регулярний, композиційне рішення – відкритий, склад насаджень – змішаний (кипарисовик горохоплідний, ялина колюча, павловнія повстяна, самшит вічнозелений, трав'яний газон).

Максимальний декоративний ефект спостерігається в травні, коли квітне павловнія повстяна.

Сквер огороджений, освітлений і недоступний для відвідувачів.

24. Сквер на площі Євгена Фенцика знаходиться між будівлями лялькового театру і філармонії (колишньої синагоги) на високому правому березі р. Уж.

Площа скверу – 0,07 га, форма – прямокутний, призначення – меморіальний, час створення – старий (1926 р.), архітектурно-планувальна структура – регулярний, композиційне рішення – закритий, склад насаджень – монокультурний (каштан кінський).

Декоративний ефект ущільнених посадок каштану кінського знижений через ураження мінуючою міллю.

У сквері встановлений пам'ятник Євгену Фенцику, священнику і педагогу (скульптор Олена Мондич-Шиналі).

Сквер освітлений і доступний для відвідувачів.

25. Сквер на розі вулиць Собранецька і площі Постолакі – сквер українсько-угорської дружби, розташований в кварталі садибної забудови.

Площа скверу – 0,05 га, форма – квадратний, призначення – меморіальний, час створення – новий (70-і роки минулого століття), архітектурно-планувальна структура – регулярний, композиційне рішення – закритий, склад насаджень – листяні (каштан кінський, вишня дрібнопільчаста).

В сквері встановлений пам'ятний знак на відзначення українсько-угорської дружби.

Територія скверу занедбана, елементи благоустрою вимагають ремонту. Сквер освітлений і доступний для відвідувачів.

26. Сквер перед готелем «Дружба» знаходиться в садибній забудові на вул. Високій, на східному схилі пагорбу Кальварія. Висота над рівнем моря – 156 м.

Площа скверу – 0,28 га, форма – неправильний багатокутник, призначення – транзитно-рекреаційний, час створення – новий (70-і роки минулого століття), архітектурно-планувальна структура – комбінований, композиційне рішення – напіввідкритий, склад насаджень – змішаний (кедр атласький, ялина колюча форма голуба, криптомерія японська, біота східна, вишня дрібнопільчаста, липа дрібнолиста, клен польовий, бирючина звичайна).

Архітектурно-планувальні рішення і благоустрій скверу підпорядковані планувальному рішенню готелю.

Декоративний ефект насаджень не залежить від сезонів, цілорічний. Рослина-домінант – кедр атласький, розташований зліва від входу.

Територія скверу занедбана, елементи благоустрою вимагають ремонту. Сквер освітлений і доступний для відвідувачів.

Таблиця 1

Сквери загального користування, які входять до переліку існуючих зелених насаджень (правобережний планувальний район)

№ п/п	Назва скверу	Примітки
1	**2**	**3**
1	Партерний сквер (великий)	
2	Партерний сквер (малий)	
3	Сквер-розарій	
4	Сквер Університетський	
5	Сквер Крупки	
6	Рокарій	
7	Алея липи	
8	Палісадник хімфаку УжНУ	
9	Палісадник університетської бібліотеки	
10	Сквер Масарика	
11	Сквер Штефаніка	
12	Сквер Ротарійський	
13	Сквер - альпінарій	
14	Сквер на площі Лаборця	
15	Сквер Лаборця	
16	Сквер на розі вул. Митна і Собранецька	
17	Сквер на площі Захисників України	
18	Сквер на вул. Небесної Сотні	
19	Сквер Героїв Майдану	
20	Сквер на розі вул.Ракоці і Лабик	

1	2	3
21	Сквер на розі вул. Собранецька і Тиха	
22	Сквер на площі Глюка	
23	Сквер на площі Корятовича	
24	Сквер на площі Фенцика	
25	Сквер на розі вул. Собранецька і Постолакі	
26	Сквер перед готелем «Дружба»	
27	Сквер круглий на площі Хмельницького	
28	Сквер трикутний на площі Хмельницького	
29	Сквер-партер на площі Хмельницького	
30	Сквер з флагштоком на площі Хмельницького	
31	Палісадник обласної лікарні	
32	Сквер на площі Егана	
33	Сквер на площі Петефі	
34	Сквер на Православній набережній	
35	Сквер на площі Кирила і Мефодія	
36	Сквер перед готелем «Закарпаття»	
37	Сквер біля автовокзалу -1	
38	Сквер круглий біля залізничного вокзалу	
39	Сквер трикутний біля залізничного вокзалу.	

Висновки. Сквери – важлива складова зелених насаджень загального користування, максимально наближена до мешканців міста. Вони повинні бути центрами культурної, робочої та комерційної активності.

Аналіз просторової організації скверів міста Ужгород дозволяє зробити наступні висновки:

- більшість скверів розташовані на правобережній частині міста в історичній забудові, на площах або вулицях;
- площа скверів від 0,04 га до 1,74 га;
- форма скверів різноманітна і залежить від містобудівної ситуації;
- функціональне призначення скверів переважно меморіальне, рекреаційне або пов’язане з регулюванням транспортного руху.;
- архітектурно-планувальна структура більшості скверів регулярна;
- композиційне рішення скверів переважно закрите;
- час створення значної частини скверів – ХХ ст.;
- склад насаджень змішаний і включає аборигенні та інтродуковані дерева та кущі.

Місто не має територіальних резервів для розвитку великих зелених зон. Підвищити ефективність системи міських ландшафтно-рекреаційних територій можливо тільки завдяки створення об'єктів мікрорівня – скверів, садів, вуличних насаджень.

Для цього необхідно:

- провести інвентаризацію існуючих міських ландшафтно-рекреаційних утворень, в тому числі скверів;
- надати статус ландшафтно-рекреаційних територій загального користування для існуючих зелених насаджень в периферійній частині міста на ділянках громадських закладів, в житловій забудові, на магістральних вулицях;
- інтегрувати сквери в загальну транспортну та пішохідну мережу з допомогою безперервного озеленення вулиць, мостових переходів та кільцевих розв'язок;
- зменшити відсоток замощених покриттів існуючих публічних просторів – площ Поштової і Театральної за рахунок озеленення і трансформації їх в сквери;
- продовжити мережу набережних в межах міста вздовж річки Уж в східному і західному напрямах;
- під час реконструкції скверів слід використовувати напіввідкриті композиційні рішення з низькорослих дерев, кущів і багатолітників;
- для благоустрою застосовувати прості в експлуатації екологічні матеріали;
- використовувати вертикальне озеленення, лугові газони, дощові сади і сади на дахах, які адаптовані до змін клімату;
- створити умови для використання скверів як публічних просторів, де кипить громадське життя і проводиться різноманітна діяльність, здійснити чітке зонування, виділити місця для активних розваг, зони тиші і спокою;
- підвищити рівень комфорту, доступності і безпеки скверів;
- для озеленення слід використовувати види рослин, які не потребують постійного і складного догляду, довговічні та стійкі до хвороб;
- забезпечити регулярний догляд за насадженнями та територією.

Список літератури

1. Біланич М.М., Делеган М.В., Рішко А.А. Натуралістичні дослідження доктора Іштвана Лаудона. Два сторіччя дослідження рослинного покриву Карпат: матеріали міжнар. наук. конф., присвяч. 130-річчю від дня народж. А. Маргітая (16–18 верес. 2010 р., Мукачево–Берегово, Україна). Ужгород: Карпати, 2010. 240 с.

2. Боршовський О.І. Роль річки в архітектурно-просторовому розвитку міста (на прикладі м. Ужгорода): дис. ... д-ра філософії: Львів, 2023. 362 с.

3. Внесення змін до генерального плану м. Ужгород (у частині актуалізації вихідних даних та проєктних рішень). URL: https://rada-uzhgorod.gov.ua/media/2024/12/21/09-54-51_Ужгород_2023__ГП_.pdf. (дата звернення: 28.07.2025).

4. Генеральний план м. Ужгорода: №313 / ДП «Український державний науково-дослідний інститут проектування міст "Дніпромісто" імені Ю.М. Білоконя». Київ, 2004.

5. Гринь Х.Ю., Геник Я.В. Класифікації скверів та їх розподіл у комплексній зеленій зоні Львова. *Науковий вісник НЛТУ України.* 2020. Т. 30, № 2. С. 28–32.

6. Гасинець Я.С., Бесеганич І.В., Кіш Р.Я., Сойма А.Д., Вакерич М.М. Дендрофлора скверу пл. Петефі м. Ужгорода та її сучасний стан. *Науковий вісник Ужгородського університету. Серія Біологія.* 2017. Вип. 42. С. 94–105.

7. Бесеганич І.В., Гасинець Я.С., Кіш Р.Я., Сойма А.Д. Дендрофлора набережних м. Ужгород: сучасний стан та перспективи розвитку. URL: https://dspace.uzhnu.edu.ua/jspui/bitstream/lib/62337/1/201_.pdf (дата звернення: 24.07.2025).

8. Бесеганич І.В., Гасинець Я.С., Кіш Р.Я., Сойма А.Д., Вакерич М.М. Деревно-чагарникові насадження мікрорайону «Малий Ґалаґов» м. Ужгорода – історія формування та сучасний стан. *Науковий вісник Ужгородського університету. Серія Біологія.* 2020. Вип. 48. С. 56–72.

9. Дослідження доступності міських просторів. URL: https://mtu.gov.ua/files/doslidzhennya-dostupnosti-miskyh-prostoriv.pdf (дата звернення: 12.08.2025).

10. Заячук В.Я. Дендрологія. Покритонасінні: навч. посіб. Львів: ТзОВ «Фірма Камула», 2004. 409 с.

11. Ісаченко І. Сучасна агора. Як оживити міську площу. URL: https://pragmatika.media/suchasna-ahora-iak-ozhyvyty-misku-ploshchu/ (дата звернення: 21.07.2025).

12. Історико-архітектурний опорний план м. Ужгорода Закарпатської області з визначенням меж і режимів використання зон охорони пам'яток та історичних ареалів. Том 1. Пояснювальна записка. URL: https://old.radauzhgorod.gov.ua/download/ІАОП%20Ужгорода.Пояснювальна%20записка.pdf (дата звернення: 09.07.2025).

13. Іштван Лаудон. URL: https://uk.wikipedia.org/wiki/Іштван_Лаудон (дата звернення: 21.07.2025).

14. Комплексная зеленая зона г. Ужгорода (проект благоустрою і озеленення). Ужгород, 1982. 323 с.

15. Кучерявий В.П. Озеленення населених місць: підруч. [для студ. вищ. навч. закл.]. Львів: Світ, 2005. 456 с.

16. Легеза В.П. Реконструкція зелених насаджень та озеленення території м. Ужгорода. *Науковий вісник Ужгородського університету. Серія Біологія.* 2015. Вип. 38–39. С. 33–35.

17. Бесеганич І., Гасинець Я., Кіш Р., Сойма А. Набережні міста Ужгорода: історія створення та сучасний стан. *Науковий вісник Ужгородського університету. Серія Біологія.* 2023. Вип. 55. С. 7–16.

18. Національна стратегія із створення безбар'єрного простору в Україні на період до 2030 року: Розпорядження Каб. Міністрів України від 14.04.2021 р. № 366-р: станом на 25 березня 2025 р. URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/366-2021-%D1%80#Text (дата звернення: 23.07.2025).

19. Парки-пам'ятки садово-паркового мистецтва Закарпатської області. URL: https://uk.wikipedia.org/wiki/Категорія:Парки-памятки_садово-паркового_мистецтва_Закарпатської_області (дата звернення: 21.07.2025).

20. Бесеганич І.В., Гасинець Я.С., Кі, Р.Я., Сойма А.Д., Вакерич М.М. Парки та сквери історичного мікрорайону «Малий Ґалаґов» м. Ужгорода. *Науковий вісник Ужгородського університету. Серія Біологія.* 2020. Вип. 49. С. 7–35.

21. Перелік територій та об'єктів природно-заповідного фонду загальнодержавного та місцевого значення, розташованих у Закарпатській області станом на 01.01.2025 року. URL: https://ecozakarpat.gov.ua/wp-content/uploads/2025/03/2025-01-01-perelik.pdf (дата звернення: 20.07.2025).

22. Правила утримання зелених насаджень у населених пунктах України: Наказ Держжитлокомунгосп України від 10.04.2006 р. № 105. URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0880-06#Text (дата звернення: 24.07.2025).

23. Про благоустрій населених пунктів: Закон України від 06.09.2005 р. №2807-IV. URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2807-15#Text (дата звернення: 24.07.2025).

24. Рубан Л.І. Структурні елементи комплексної зеленої зони міста «мікрорівня» як об'єкти ландшафтного проєктування. *Сучасні проблеми архітектури та містобудування.* 2012. Вип. 30. С. 190–200.

25. Словник UA. Портал української мови та культури. URL: https://slovnyk.ua/index.php?swrd=палісадник (дата звернення: 18.07.2025).

26. Сойма А. Д. Екзоти дендрофлори м. Ужгород. *Науковий вісник Ужгородського університету. Серія Біологія.* 2011. Вип. 30. С. 32–37.

PhD, associate professor **Jolana Holyk,** Senior lecturer **Nataliia Bagrij,**
PhD student **Ivan Stetsko,** PhD student **Mykhailo Kalynich,**
Uzhhorod National University

ON THE ISSUE OF SPATIAL ORGANISATION OF PARKS. CITY SQUARES IN UZHHOROD (RIGHT-BANK PLANNING AREA)

The article considers theoretical and practical aspects of the spatial organisation of public gardens as elements of the green infrastructure of the city of Uzhhorod. The relevance of the topic is justified in the context of contemporary challenges of urbanisation, reduction of green areas, and the need to create a comfortable urban environment. It is shown that the state of public green spaces in the city is characterised by uneven distribution, lack of spatial integrity and disruption of links between inner-city and suburban natural areas.

The aim of the study is to examine the spatial structure, classification features, historical development and functional purpose of Uzhhorod's public gardens with a view to optimising the city's green space system. The work uses statistical, cartographic, field, analytical and synthetic methods, which made it possible to carry out a comprehensive analysis of the territorial organisation of public gardens, their morphology, decorative characteristics and state of improvement.

It has been established that, with a standard target of 132 hectares, the area of public green spaces in the city stands at 98.56 hectares, indicating a shortage of green spaces. An aggressive urban development policy has been identified, which has led to the loss of a number of historic public spaces. A classification of public spaces is provided based on key characteristics: location, area, shape, function, date of creation, architectural and planning structure, compositional design, species composition of plantings, level of ornamentation, accessibility and safety. Twenty-six urban squares - ranging from historic and memorial to modern and recreational - are described in detail, including a morphological description, an analysis of their decorative features, compositional structure and ecological significance.

The results obtained are of practical value for the development of green infrastructure development programmes, reconstruction projects, improvement and protection of urban green areas. The article formulates recommendations for the preservation of historical objects, the formation of a continuous system of green spaces and the integration of squares into the city's comprehensive ecological network.

Keywords: public gardens; spatial organisation; classification criteria; planning structure; compositional design; composition of plantings; accessibility; safety; planning area.

REFERENCES

1. Bilanych M.M., Delegan M.V., Rishko A.A. Naturalistychni doslidzhennia doktora Ishtvana Laudona. Dva storichchia doslidzhennia roslynnoho pokryvu Karpat [Naturalistic research by Dr. István Laudon. Two centuries of research on the vegetation cover of the Carpathians]: materialy mizhnar. nauk. konf., prysviach. 130-richchiu vid dnia narodzh. A. Marhitiia (16–18 veres. 2010 r., Mukachevo–Berehovo, Ukraina). Uzhhorod: Karpaty, 2010. 240 s. {in Ukrainian}

2. Borshovskyi O.I. Rol richky v arkhitekturno-prostorovomu rozvytku mista (na prykladi m. Uzhhoroda) [The role of the river in the architectural and spatial development of the city (using the example of Uzhhorod)]: dys. ... d-ra filosofii: Lviv, 2023. 362 s. {in Ukrainian}

3. Vnesennia zmin do heneralnoho planu m. Uzhhorod (u chastyni aktualizatsii vykhidnykh danykh ta proiektnykh rishen) [Amendments to the master plan of Uzhhorod (in terms of updating the initial data and design decisions)]. URL: https://rada-uzhgorod.gov.ua/media/2024/12/21/09-54-51_Uzhhorod_2023__HP_.pdf (data zvernennia: 28.07.2025). {in Ukrainian}

4. Heneralnyi plan m. Uzhhoroda [Master plan of Uzhhorod]: №313 / DP «Ukrainskyi derzhavnyi naukovo-doslidnyi instytut proektuvannia mist "Dnipromisto" imeni Yu. M. Bilokonia». Kyiv, 2004. {in Ukrainian}

5. Hryn Kh.Yu., Henyk Ya. V. Klasyfikatsii skveriv ta yikh rozpodil u kompleksnii zelenii zoni Lvova [Classification of squares and their distribution in the complex green zone of Lviv]. Naukovyi visnyk NLTU Ukrainy. 2020. T. 30, № 2. S. 28–32. {in Ukrainian}

6. Hasynets Ya.S., Besehanych I.V., Kish R.Ya., Soima A.D., Vakerych M. M. Dendroflora skveru pl. Petefi m. Uzhhoroda ta yii suchasnyi stan [The dendroflora of Petofi Square in Uzhhorod and its current state]. Naukovyi visnyk Uzhhorodskoho universytetu. Seriia Biolohiia. 2017. Vyp. 42. S. 94–105. {in Ukrainian}

7. Besehanych I.V., Hasynets Ya. S., Kish R. Ya., Soima A. D. Dendroflora naberezhnykh m. Uzhhorod: suchasnyi stan ta perspektyvy rozvytku [The dendroflora of the embankments of Uzhhorod: current state and prospects for development].URL: https://dspace.uzhnu.edu.ua/jspui/bitstream/lib/62337/1/201_.pdf (data zvernennia: 24.07.2025). {in Ukrainian}

8. Besehanych I.V., Hasynets Ya. S., Kish R. Ya., Soima A. D., Vakerych M. M. Derevno-chaharnykovi nasadzhennia mikroraionu «Malyi Halahov» m. Uzhhoroda – istoriia formuvannia ta suchasnyi stan [The tree and shrub plantings of the Maly Galagov microdistrict in Uzhhorod – history of formation and current state]. Naukovyi visnyk Uzhhorodskoho universytetu. Seriia Biolohiia. 2020. Vyp. 48. S. 56–72. {in Ukrainian}

9. Doslidzhennia dostupnosti miskykh prostoriv [Research on the accessibility of urban spaces]. URL: https://mtu.gov.ua/files/doslidzhennya-dostupnosti-miskyh-prostoriv.pdf (data zvernennia: 12.08.2025). {in Ukrainian}

10. Zaiachuk V. Ya. Dendrolohiia. Pokrytonasinni [Dendrology. Angiosperms]: navch. posib. Lviv: TzOV «Firma Kamula», 2004. 409 s. {in Ukrainian}

11. Isachenko I. Suchasna ahora. Yak ozhyvyty misku ploshchu [The modern agora. How to revitalise the city square]. URL: https://pragmatika.media/suchasna-ahora-iak-ozhyvyty-misku-ploshchu/ (data zvernennia: 21.07.2025). {in Ukrainian}

12. Istoryko-arkhitekturnyi opornyi plan m. Uzhhoroda Zakarpatskoi oblasti z vyznachenniam mezh i rezhymiv vykorystannia zon okhorony pam'iatok ta istorychnykh arealiv. Tom 1. Poiasniuvalna zapyska [Historical and architectural master plan for the city of Uzhhorod in Zakarpattia Oblast, defining the boundaries and usage regimes of monument protection zones and historical areas]. URL: https://old.radauzhgorod.gov.ua/download/IAOP%20Uzhhoroda.Poiasniuvalna%20zapyska.pdf (data zvernennia: 09.07.2025). {in Ukrainian}

13. Ishtvan Laudon [István Laudon]. URL: https://uk.wikipedia.org/wiki/Ishtvan_Laudon (data zvernennia: 21.07.2025). {in Ukrainian}

14. Kompleksnaia zelenaia zona g. Uzhhoroda (proekt blahoustroiu i ozelenennia) [Comprehensive green zone of Uzhhorod (landscaping and greening project)]. Uzhhorod, 1982. 323 s. {in Ukrainian}

15. Kucheriavyi V.P. Ozelenennia naselenykh mists [Greening of populated areas]: pidruch. [dlia stud. vyshch. navch. zakl.]. Lviv: Svit, 2005. 456 s. {in Ukrainian}

16. Leheza V.P. Rekonstruktsiia zelenykh nasadzhen ta ozelenennia terytorii m. Uzhhoroda [Reconstruction of green spaces and landscaping in Uzhhorod]. Naukovyi visnyk Uzhhorodskoho universytetu. Seriia Biolohiia. 2015. Vyp. 38–39. S. 33–35. {in Ukrainian}

17. Besehanych I., Hasynets Ya., Kish R., Soima A. Naberezhni mista Uzhhoroda: istoriia stvorennia ta suchasnyi stan [The embankments of Uzhhorod: history of creation and current state]. Naukovyi visnyk Uzhhorodskoho universytetu. Seriia Biolohiia. 2023. Vyp. 55. S. 7–16. {in Ukrainian}

18. Natsionalna stratehiia iz stvorennia bezbar'iernoho prostoru v Ukraini na period do 2030 roku [National strategy for creating a barrier-free environment in Ukraine for the period up to 2030]: Rozporiadzhennia Kab. Ministriv Ukrainy vid 14.04.2021 r. № 366-r: stanom na 25 bereznia 2025 r. URL:

https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/366-2021-%D1%80#Text (data zvernennia: 23.07.2025). {in Ukrainian}

19. Parky-pamiatky sadovo-parkovoho mystetstva Zakarpatskoi oblasti [Parks that are monuments of landscape architecture in the Zakarpattia region]. URL: https://uk.wikipedia.org/wiki/Katehoriia:Parky-pamiatky_sadovo parkovoho_ mystetstva_ Zakarpatskoi_oblasti (data zvernennia: 21.07.2025). {in Ukrainian}

20. Besehanych I.V., Hasynets Ya.S., Kish R.Ya., Soima A.D., Vakerych M.M. Parky ta skvery istorychnoho mikroraionu «Malyi Halahov» m. Uzhhoroda [Parks and squares in the historic Malyi Galagov neighbourhood of Uzhhorod]. Naukovyi visnyk Uzhhorodskoho universytetu. Seriia Biolohiia. 2020. Vyp. 49. S. 7–35. {in Ukrainian}

21. Perelik terytorii ta obiektiv pryrodno-zapovidnoho fondu zahalnoderzhavnoho ta mistsevoho znachennia, roztashovanykh u Zakarpatskii oblasti stanom na 01.01.2025 roku [List of territories and objects of the nature reserve fund of national and local importance located in the Zakarpattia region as of 01.01.2025]. URL: https://ecozakarpat.gov.ua/wp-content/uploads/2025/03/2025-01-01-perelik.pdf (data zvernennia: 20.07.2025). {in Ukrainian}

22. Pravyla utrymannia zelenykh nasadzhen u naselenykh punktakh Ukrainy [Rules for the maintenance of green spaces in populated areas of Ukraine]: Nakaz Derzhzhytlokomunhosp Ukrainy vid 10.04.2006 r. № 105. URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0880-06#Text (data zvernennia: 24.07.2025). {in Ukrainian}

23. Pro blahoustrii naselenykh punktiv [On the improvement of populated areas]: Zakon Ukrainy vid 06.09.2005 r. №2807-IV. URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2807-15#Text (data zvernennia: 24.07.2025). {in Ukrainian}

24. Ruban L.I. Strukturni elementy kompleksnoi zelenoi zony mista «mikrorivnia» yak obiekty landshaftnoho proektuvannia [Structural elements of a comprehensive green zone of a city at the ‘micro level’ as objects of landscape design]. Suchasni problemy arkhitektury ta mistobuduvannia. 2012. Vyp. 30. S. 190–200. {in Ukrainian}

25. Slovnyk UA. Portal ukrainskoi movy ta kultury [UA Dictionary. Portal of the Ukrainian language and culture]. URL: https://slovnyk.ua/index.php?swrd=palisadnyk (data zvernennia: 18.07.2025). {in Ukrainian}

26. Soima A.D. Ekzoty dendroflory m. Uzhhorod [Exotic dendroflora of Uzhhorod]. Naukovyi visnyk Uzhhorodskoho universytetu. Seriia Biolohiia. 2011. Vyp. 30. S. 32–37. {in Ukrainian}

DOI: 10.32347/2076-815x.2026.93.120-135
УДК 72.01:502.131.1:004.9

к. арх., доцент **Гомон О.О.**,
gomon.oo@knuba.edu.ua, ORCID: 0000-0002-1949-5635,
Київський національний університет будівництва і архітектури,
к. арх., доцент **Пантюхіна О.Ю.,**
pantiukhina_o_y@pstu.edu, ORCID: 0000-0002-2376-9432,
Приазовський державний технічний університет

ЕКОЛОГІЧНЕ БУДІВНИЦТВО СЕРЕД ПРИРОДИ: АРХІТЕКТУРА НА ДЕРЕВАХ

Сучасні екологічні виклики та зростання антропогенного навантаження на природні ландшафти стимулюють розвиток нових підходів до архітектурного проєктування, що забезпечують гармонійну взаємодію між штучним і природним середовищем. Одним із перспективних напрямів є архітектура на деревах, що передбачає інтеграцію будівель у лісові екосистеми з мінімальним втручанням у природні процеси. У статті розглянуто теоретичні засади екологічного проєктування, конструктивні принципи деревних будинків, їх типологію та сучасні методи комп'ютерного моделювання, які застосовуються під час проєктування. Особлива увага приділена освітньому аспекту, зокрема використанню проєктів архітектури на деревах у навчальному процесі дисциплін «Архітектурна екологія», «Архітектурне проєктування» та «Цифрові технології архітектурного проєктування». Доведено, що подібні архітектурні рішення є не лише формою рекреаційного будівництва, а й платформою для дослідження принципів сталого розвитку, біофільного дизайну та інноваційних технологій. Концепція деревної архітектури відкриває нові перспективи для стійкого будівництва в умовах урбанізації, деградації лісових екосистем та кліматичних змін, сприяючи створенню гармонійного простору проживання людини та мінімізації впливу на довкілля.

Ключові слова: автономне будівництво в природному середовищі; архітектурна екологія; архітектурне проєктування; біофільний дизайн; екологічна та низьковуглецева архітектура; сталий розвиток; цифрові технології.

Постановка проблеми. У сучасних умовах глобальних екологічних змін архітектура дедалі більше орієнтується на принципи сталого розвитку та гармонійної взаємодії з природним середовищем. Традиційні методи будівництва часто передбачають значне втручання у природні ландшафти, що

призводить до деградації екосистем, втрати біорізноманіття та порушення природних процесів.

У зв'язку з цим виникає необхідність пошуку альтернативних архітектурних підходів, які дозволяють мінімізувати негативний вплив на довкілля. Одним із таких підходів є архітектура на деревах, що передбачає розміщення будівель у кроні дерев або на спеціальних конструктивних платформах, інтегрованих у лісове середовище.

Подібні архітектурні рішення мають давню історію, однак у сучасній архітектурній практиці вони отримали новий розвиток завдяки використанню інноваційних матеріалів, інженерних технологій та цифрових інструментів проєктування.

Аналіз останніх джерел і публікацій. Будинки на деревах у науковій літературі розглядаються як перспективна форма екобудівель, тому що вони мінімізують вплив на довкілля, використовують природні матеріали, підтримують біорізноманіття, сприяють сталому туризму і способу життя. Так, вчені-архітектори з університету Данді у 2017 році розробили концепцію еко-дому майбутнього, що спирається на дерева та має природну терморегуляцію, значно зменшуючи енергоспоживання та викиди CO_2 [9]. Дослідження Reichel та Boonyaputthipong [12] розвиває ці ідеї і розглядає деревні будинки як форму природно-інтегрованої архітектури, що одночасно зберігає біорізноманіття, мінімізує вплив на ґрунт та підтримує екосистемні послуги, а через використання локальних матеріалів і відсутність вирубки лісу вони є прикладом низьковуглецевого будівництва.

A. Giampiccoli, A. Dłużewska та R. Quesada [6] вивчають будинки на деревах як екологічну інфраструктуру для зеленого туризму та підкреслює такі їх переваги, як мінімальне втручання в ландшафт, підвищення цінності природних територій та сталий економічний розвиток регіонів. За P. F. J. Eagles [4] відпочинок у таких спорудах є формою альтернативного туризму, що не лише підтримує локальні екосистеми та економіку, але і сприяє збереженню та збалансованому розвитку природних територій. M. Babris та U. Bratuškins [2] аналізують історію будинків на деревах та їхній потенціал для розвитку природного туризму в Латвії, порівнюючи різні підходи до будівництва з урахуванням регіональних особливостей і варіантів використання.

Згідно з V. Vacenovská [18] будинки на деревах пропонують цікаву архітектурну альтернативу завдяки пластичному дизайну, гарному краєвиду та можливісті використання землі під ними. Але вона застерігає, що хоча вони можуть будуватися без шкоди деревам (через спеціальні кріплення або автономні опори), термін служби цих конструкцій напряму залежить від якості проектування, виробництва, монтажу, а також експлуатації.

Додаткові науково-практичні спостереження показують, що будинки на деревах відносяться до так званих *біогибридних конструкцій* [8], зменшують деградацію ґрунту, оскільки не потребують традиційного фундаменту і земляних робіт [6]; можуть використовувати відновлювані джерела енергії [16].

Соціальні аспекти архітектури на деревах також є предметом вивчення. Так, у проєкт лісового ретриту Крейга Ван Лааннена [19], орієнтованого на дітей з обмеженими можливостями, інтегровано концепцію «супермобільності», яка реалізується через розгалужену систему опорних колон і багатосенсорне середовище, що підсилює просторове сприйняття та доступність середовища.

Отже, загальний науковий контекст розглядає будинки на деревах як частину ширшої категорії сталих, *біофільних* і *низьковуглецевих* будівель.

Метою статті є визначення основних принципів архітектури на деревах як напряму екологічного будівництва, аналіз її типологічної структури та дослідження можливостей використання сучасних цифрових технологій для архітектурного моделювання і аналізу у процесі проєктування таких об’єктів.

Виклад основного матеріалу. Сучасна архітектурна практика дедалі більше орієнтується на принципи сталого розвитку та екологічної інтеграції будівель у природне середовище. У цьому контексті особливої актуальності набувають архітектурні рішення, що мінімізують втручання у природний ландшафт та сприяють збереженню екосистем. Одним із таких напрямів є архітектура на деревах, яка розглядається як інноваційна форма екологічного будівництва та *біоінтегрованого дизайну*.

Архітектура на деревах як екологічна стратегія

Архітектура на деревах базується на принципі мінімального контакту з ґрунтом. Платформи закріплюються на стовбурах або комбінуються з додатковими опорами, що дозволяє: зберігати кореневу систему; уникати масивних фундаментів; мінімізувати ущільнення ґрунту; підтримувати природну дренажну систему.

Такі споруди зазвичай використовують локальні матеріали (деревина, металеві кріплення, натуральна ізоляція), що знижує вуглецевий слід.

Конструктивні принципи проєктування будинків на деревах

Проєктування будинків на деревах ґрунтується на принципі мінімального втручання у природну структуру дерева та врахуванні його біологічних особливостей. У таких об’єктах дерево виступає частиною конструктивної системи, тому під час проєктування необхідно враховувати природний ріст дерева, його коливання під впливом вітру та сезонні зміни маси крони [21]. Основним конструктивним елементом будинку на дереві є несуча платформа, яка формує базову горизонтальну площину для розміщення будівлі. Платформа

закріплюється на стовбурі або гілках дерева і передає навантаження на несучі балки та каркас споруди.

У випадках, коли природна структура дерева не забезпечує достатньої підтримки, застосовуються додаткові конструктивні системи. Найпоширенішим рішенням є використання опорних стійок або паль, що передають частину навантаження безпосередньо на ґрунт. Такий підхід дозволяє зменшити механічний вплив на дерево та підвищити стабільність будівлі [17]. Також застосовуються підвісні системи, у яких конструкція стабілізується за допомогою тросів або металевих стержнів, що компенсують коливання, спричинені вітровими навантаженнями.

Залежно від конструктивної схеми можна виділити кілька основних систем підтримки будинків на деревах: опора безпосередньо на стовбур або гілки дерева; опора на кілька дерев; використання паль або додаткових стійок; підвісні конструкції; а також комбіновані системи, що поєднують декілька типів опор. Комбіновані конструкції вважаються найбільш ефективними, оскільки забезпечують рівномірний розподіл навантажень та дозволяють створювати більш масштабні архітектурні об’єкти.

Особливу роль у конструкції відіграють вузли кріплення. У сучасній практиці застосовуються як неінвазивні, так і інвазивні методи кріплення. Неінвазивні системи передбачають використання фрикційних або натяжних елементів, що фіксують балки навколо стовбура без проколювання деревини. До них належать канатні та ремінні системи, металеві хомути або контрбалки. Перевагою таких рішень є мінімальний вплив на дерево, однак їх несуча здатність є обмеженою.

Інвазивні системи передбачають використання спеціальних болтів або анкерів, що встановлюються у стовбур дерева. Найбільш поширеним сучасним рішенням є болти типу «Treehouse Attachment Bolt (TAB)», які мають високу несучу здатність та дозволяють передавати значні навантаження від конструкції будівлі [3 10]. При правильному встановленні дерево поступово адаптується до такого кріплення, формуючи навколо нього додаткову деревину.

Сучасні будинки на деревах часто виконуються за принципом модульності та легких каркасних конструкцій. У їх структурі поєднуються дерев’яні та металеві елементи, що забезпечує жорсткість конструкції та водночас дозволяє компенсувати природні деформації деревини [5 3]. Важливим елементом є компенсаційні вузли, які враховують ріст дерева та його природні коливання під впливом зовнішніх факторів.

Таким чином, конструктивні принципи архітектури на деревах базуються на поєднанні інженерної ефективності та екологічної відповідальності (Рис. 1.). Використання спеціалізованих кріпильних систем, легких каркасних

конструкцій і комбінованих опор дозволяє створювати безпечні архітектурні об’єкти, що гармонійно інтегруються у природне середовище.



Рис. 1. Конструктивна схема формування будинку на дереві (схема авторів)

Типологія будинків на деревах

Архітектура на деревах має різноманітні конструктивні та функціональні форми. У сучасній практиці екологічного будівництва виділяють кілька основних типологічних груп будинків на деревах, що відрізняються способом опори, функціональним призначенням і масштабом [1, 2].

Тип I. Будинки, що спираються на одне дерево

Найпростішим типом є будинки, що спираються на один потужний стовбур дерева. У такій конструкції платформа або невелика будівля закріплюється за допомогою спеціальних металевих кріплень або болтових систем. Подібні споруди мають компактні розміри, легкий каркас і створюють мінімальне навантаження на дерево [10]. Найчастіше вони використовуються як рекреаційні об’єкти, оглядові платформи або невеликі приватні будинки для відпочинку на одному дереві використовуються як рекреаційні простори (Рис. 2).

Тип II. Будинки, що спираються на кілька дерев

Іншим поширеним типом є будинки, конструкція яких спирається на два або більше дерев. Така система дозволяє рівномірніше розподіляти навантаження та створювати більші за площею архітектурні об’єкти. Завдяки використанню кількох опор забезпечується підвищена стабільність споруди та можливість формування більш складних просторових композицій. Подібні конструкції широко застосовуються у сучасних туристичних та житлових treehouse-проєктах, де будівлі інтегруються у структуру лісового середовища [11] (Рис. 2).

Тип III. Будинки на опорах навколо дерев

У цьому типі конструкцій основне навантаження частково передається на додаткові опори – сталеві або дерев’яні стійки, встановлені у ґрунті. Дерево у такій системі виступає допоміжним елементом композиції або частковою опорою. Використання додаткових стійок дозволяє значно зменшити механічний вплив на дерево та створювати будівлі більшого масштабу [3]. Подібні рішення часто застосовуються у рекреаційних комплексах та еко-готелях, де необхідна підвищена надійність конструкції (Рис. 2).

I. Будинки, що спираються на одне дерево





II. Будинки, що спираються на кілька дерев



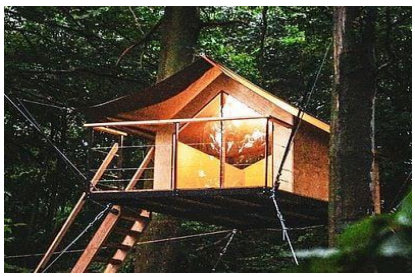


III. Будинки на опорах навколо дерев





IV. Підвісні будинки





V. Комплексні системи деревної архітектури





Рис. 2. Типологічна класифікація архітектури на деревах за способом опори конструкції [1, 5, 7, 13, 14, 15, 20]

Тип IV. Підвісні будинки

Окрему групу становлять підвісні конструкції, де будівля частково або повністю підвішується між деревами за допомогою канатів, тросів або спеціальних металевих систем. Такі споруди характеризуються легкою конструкцією, мінімальним контактом з деревами та виразною експериментальною архітектурною формою [3, 17]. Підвісні будинки часто використовуються як тимчасові туристичні або арт-об'єкти та демонструють можливості інтеграції легких архітектурних структур у природний ландшафт (Рис. 2).

Тип V. Комплексні системи деревної архітектури

Найбільш складним типом є комплексні системи деревної архітектури, що складаються з кількох будинків на деревах, об'єднаних мостами, переходами або багаторівневими платформами [3, 10]. Подібні структури формують цілі архітектурні комплекси, які можуть включати туристичні готелі, рекреаційні парки або дослідницькі станції. Такі проєкти демонструють нові можливості інтеграції архітектури у природний ландшафт та формування багаторівневого просторового середовища у кроні лісу (Рис. 2).

Архітектура на деревах у навчальному процесі дисциплін «Архітектурна екологія», «Архітектурне проєктування» та «Цифрові технології архітектурного проєктування»

У сучасній системі архітектурної освіти важливе місце займає формування екологічно орієнтованого підходу до проєктування, що передбачає інтеграцію архітектурних об'єктів у природне середовище. У межах дисципліни «Архітектурна екологія» студенти ознайомлюються з принципами екологічного проєктування, які базуються на гармонійному поєднанні архітектури та природного ландшафту, раціональному використанні природних ресурсів і мінімізації антропогенного впливу на довкілля. У процесі навчання студенти аналізують природні умови території, особливості рельєфу, рослинного покриву, мікроклімату та екологічного стану середовища, після чого формують архітектурні концепції, спрямовані на збереження природного балансу.

Одним із напрямів навчального проєктування у межах курсу є розроблення архітектури на деревах як прикладу екологічно інтегрованих об'єктів у природному лісовому середовищі. Такі завдання дозволяють студентам досліджувати взаємодію архітектури з природними елементами, опрацьовувати принципи мінімального втручання у ландшафт та формувати просторові рішення, адаптовані до природних умов.

Паралельно з екологічними аспектами проєктування студенти застосовують сучасні технології у рамках дисциплін «Архітектурне проєктування» та «Цифрові технології архітектурного проєктування». На

першому етапі студенти вчаться використовувати засоби штучного інтелекту для клаузурного пошуку ідей та генерації первинних моделей, які потім детально відпрацьовуються у програмних комплексах Autodesk Revit / Archicad. Крім генеративного проєктування, інструменти штучного інтелекту застосовуються для моделювання енергоспоживання та аналізу життєвого циклу будівлі, підбору матеріалів із мінімальним екологічним впливом, а також візуалізації проєктної документації.

Паралельне застосування BIM-технологій у процесі комп'ютерного проєктування забезпечує створення інтегрованої інформаційної моделі об'єкта, що об'єднує архітектурні, конструктивні та інженерні рішення в єдиному цифровому середовищі. Це дозволяє здійснювати комплексний аналіз конструктивних навантажень, моделювати вплив кліматичних чинників (інсоляції, вітрових потоків, температурних режимів), а також оптимізувати енергоефективність і матеріаломісткість об'єкта.

У результаті поєднання екологічного підходу та цифрових методів проєктування студентами було виконано низку концептуальних проєктів архітектури на деревах. У цих роботах застосовано принципи екологічного проєктування та комп'ютерного моделювання для створення архітектурних рішень рекреаційних будинків на деревах, оглядових платформ, модульних туристичних структур, а також еко-резиденції лісника, інтегрованих у природне лісове середовище (Рис. 3, Рис. 4, Рис. 5).

Таким чином, вивчення архітектури на деревах у межах дисциплін «Архітектурна екологія», «Архітектурне проєктування» та «Цифрові технології архітектурного проєктування» сприяє формуванню у студентів екологічного мислення, розвитку навичок цифрового моделювання, аналізу та проєктування і наочно демонструє важливість застосування сучасних знань і технологій у процесі створення архітектури, гармонійно інтегрованої у природне середовище.

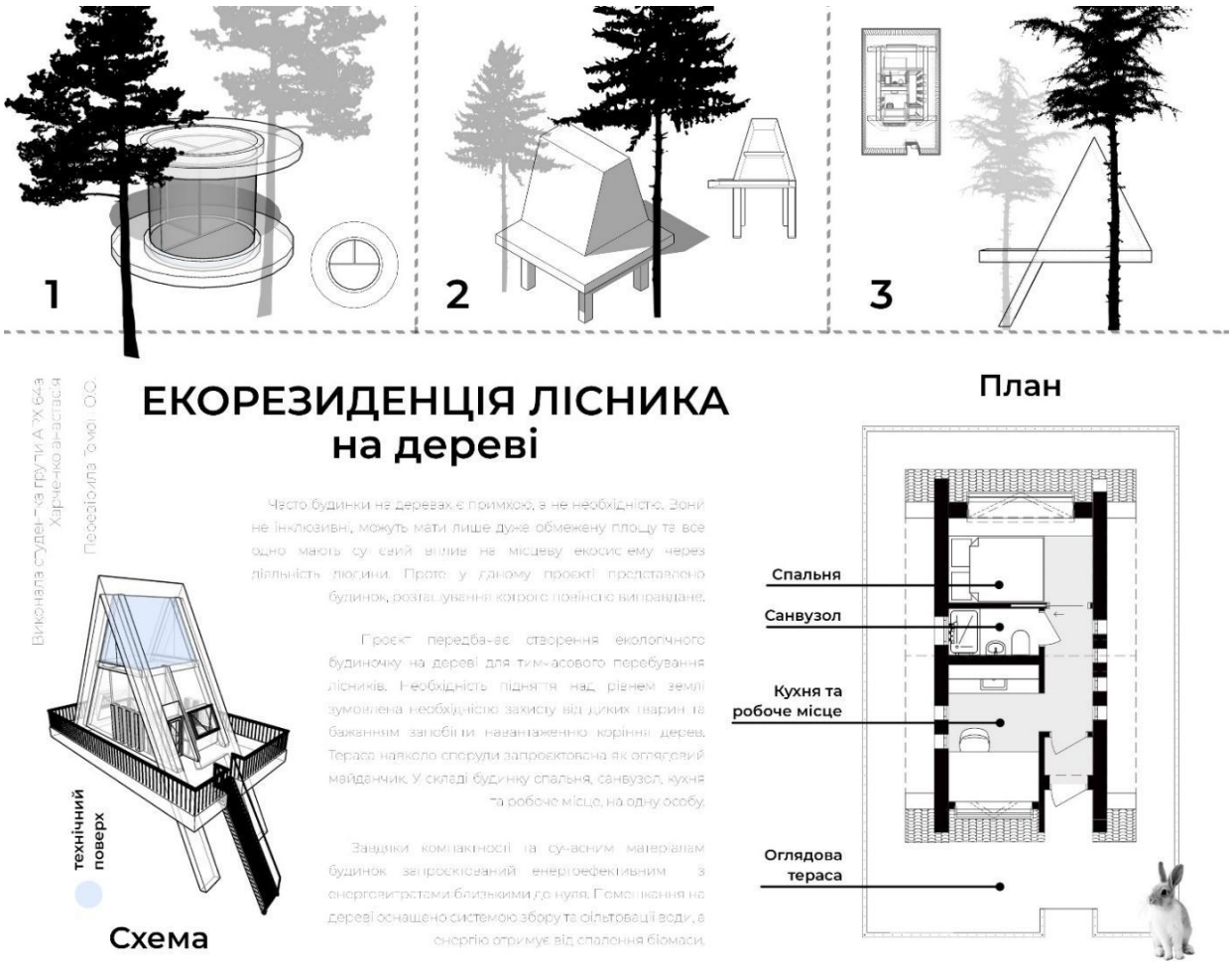
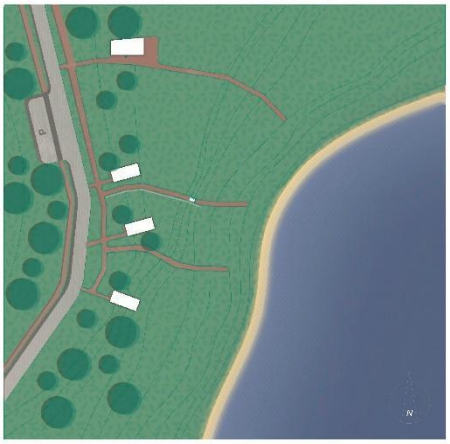


Рис. 3. Концептуальний проєкт на тему : «Екологічне будівництво серед природи. Архітектура на деревах», ст. Харченко А.







Ескізний проект будинків на дереві

Виконали: ст. гр. АБС-м-24-3б Биков Є.Є., Журавчак Д.А.
Перевірила: канд. арх., доц. Гомон О.О.

Цей ескізний проект несе за собою ідею створення серії відокремлених рекреаційних модулів, які слугують мостом між людським простором та простором лісового масиву поблизу водойми.

Концепція та Об'ємно-Просторова Композиція

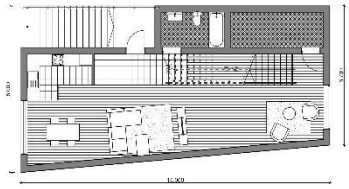
Проект базується на філософії «нульового впливу». Об'ємно-просторова композиція представлена серією лаконічних, горизонтально орієнтованих об'ємів, що мають стриману форму. Будинки розташовані не лінійно, а у діалоговій матриці, яка формує візуальні коридори між стовбурами дерев. Це дозволяє зберегти автентичну щільність насаджень, фактично обтікаючи та інтегруючи навколишні дерева у свою конструктивну схему, не вимагаючи видалення жодного з них.

Конструктивне Рішення та Інтеграція

Для досягнення мети мінімального втручання в грунт і кореневу систему було обрано свайний фундамент. Будівлі підняті над землею, що не лише захищає конструкцію від вологи, але й створює ефект «польоту» над рельєфом. Це дозволяє спорудам не деформувати, а лише трансформувати природний рельєф.

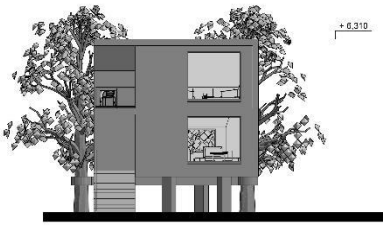
Фасади виконані з натуральної, низькорефлективної деревини та матових панелей. Така матеріальна палітра забезпечує максимальну візуальну асиміляцію в ландшафті. Великі панорамні прорізи та тераси орієнтовані на водойму, перетворюючи краєвид на головний елемент інтер'єру.

В цілому, проєкт демонструє, як сучасна архітектура може бути функціональною та екологічно відповідальною, утворюючи гармонійний гібрид між будівлею і лісовим середовищем.

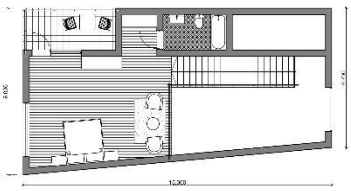


План першого поверху М 1:100

Будинок №1

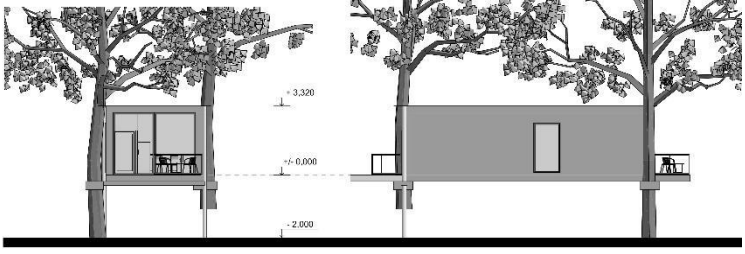


Фасад М 1:100



План першого поверху М 1:100

Будинок №2





План першого поверху М 1:100

Фасад 1 М 1:100

Фасад 2 М 1:100

Рис. 4. Концептуальний проєкт на тему : «Екологічне будівництво серед природи. Архітектура на деревах», ст. Биков Є., Журавчак Д.



Рис. 5. Концептуальний проєкт на тему : «Екологічне будівництво серед природи. Архітектура на деревах», ст. Півень О., Ільчук О.

Висновки. Архітектура на деревах є перспективним напрямом екологічного будівництва, що забезпечує гармонійну інтеграцію антропогенних об'єктів у природне середовище. Цей підхід грунтується на мінімальному порушенні екосистеми, застосуванні полегшених структурних рішень, відновлюваних джерел енергії, самодостатніх інженерних систем та розумінні біології дерев. Проведене дослідження дозволяє систематизувати типологію будинків на деревах та визначає їх конструктивні та функціональні особливості. Показано, що у сучасному архітектурному проєктуванні значну роль відіграє формування екологічного мислення та застосування цифрових технологій, інтеграція яких у архітектурну освіту відбувається через такі курси, як «Архітектурна екологія», «Архітектурне проєктування» та «Цифрові технології архітектурного проєктування». Ця академічна основа готує нове покоління архітекторів, здатних впроваджувати інновації заради кращого майбутнього. Практичне значення отриманих результатів полягає у можливості їх застосування при проектуванні житлових, рекреаційно-туристичних і інших об'єктів на засадах сталості, біофілії, низьковуглецевого та автономного будівництва.

Список літератури

1. 7 modern tree houses to spark your childhood imagination. URL: https://edition.cnn.com/style/article/modern-tree-houses (дата звернення: 26 лютого 2026).

2. Babris M., Bratuškins U. Practical Modelling in Treehouse Development // Architecture and Urban Planning. 2019. Vol. 15. P. 106–112. URL: https://reference-global.com/article/10.2478/aup-2019-0015 (дата звернення: 1 лютого 2026).

3. Building the Branches: A Showcase of Contemporary Treehouse Architecture Among // ArchDaily. URL: https://www.archdaily.com/1025922/building-among-the-branches-a-showcase-of-contemporary-treehouse-architecture (дата звернення: 11 лютого 2026).

4. Eagles P.F.J. Role of ecotourism in preserving natural areas and biodiversity // Sustainable Tourism & The Millennium Development Goals: Effecting Positive Change / Bricker K., Black R., Cottrell S. (eds). Burlington, MA: Jones & Bartlett Learning, 2013. P. 169–184. URL: https://scholar.google.com/scholar_lookup?title=Role+of+ecotourism+in+preserving+natural+areas+and+biodiversity&author=PFJ+Eagles&publication_year=2013&pages=169-184 (дата звернення: 1 лютого 2026).

5. Eco-PERCH is the Rolls Royce of treehouses. URL: https://newatlas.com/eco-perch-tree-houses/21669/ (дата звернення: 26 лютого 2026).

6. Giampiccoli A., Dłużewska A., Quesada R. P. Treehouse tourism: issues and way forward // Forum Geografic. 2021. Vol. 20, № 2. P. 238–252. URL: https://forumgeografic.ro/2022/2783/ (дата звернення: 1 лютого 2026).

7. Is the treehouse the pinnacle of sustainable living? URL: https://edition.cnn.com/style/article/eco-solutions-sustainable-treehouses (дата звернення: 26 лютого 2026).

8. Kuittinen M., Zernicke C., Slabik S., Hafner A. How can carbon be stored in the built environment? A review of potential options // Architectural Science Review. 2021. Vol. 66. P. 91–107. DOI: 10.1080/00038628.2021.1896471. URL: https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/00038628.2021.1896471 (дата звернення: 1 лютого 2026).

9. Leung A. Eco-treehouse could be future of home building. 2017. URL: https://phys.org/news/2017-04-eco-treehouse-future-home.html (дата звернення: 1 лютого 2026).

10. Nelson P. Be in a Treehouse: Design / Construction / Inspiration. 2014. 224 p.

11. Nelson P. New Treehouses of the World. Abrams. 2009. 224 p.

12. Reichel R. C., Boonyaputthipong C. Nature Integrated Architectural Design: Construction of a Habitable Tree House in Khon Kaen // International Journal of Building, Urban, Interior and Landscape Technology. 2021. № 17. P. 41–52. URL: https://ph02.tci-thaijo.org/index.php/BUILT/article/view/243859 (дата звернення: 1 лютого 2026).

13. These 12 real-life projects show why treehouses ideas are the ultimate design trend right now URL: https://www.homebuilding.co.uk/ideas/treehouses-ideas (дата звернення: 26 лютого 2026).

14. This is why I'm broke. URL: https://www.thisiswhyimbroke.com/domup-treehouse/ (дата звернення: 26 лютого 2026).

15. Treehouse guides. URL: https://treehouseguides.com/sanpedrotreehouse.html (дата звернення: 26 лютого 2026).

16. Treehouse // Architecture Lab. URL: https://www.architecturelab.net/building/treehouse/ (дата звернення: 2 лютого 2026).

17. Vale B., Vale R. Green Architecture: Design for a Sustainable Future. 1996. 192 p. ISBN: 9780500278833

18. Vacenovská V. Young Scientist 2020 // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. 2020. Vol. 867. 012045. DOI: 10.1088/1757-899X/867/1/012045. URL: https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1757-899X/867/1/012045 (дата звернення: 2 лютого 2026).

19. Von Buelow P., et al. A Tree for a House // Journal of Architectural Education. 2004. URL: https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1162/1046488041578202 (дата звернення: 2 лютого 2026).

20. XL Treehouse Hardware Kit for 2-4 Trees, Dynamic. URL: https://thetreehouse.shop/en/products/xl-treehouse-hardware-kit-2-4-trees-dynamic (дата звернення: 26 лютого 2026).

21. Yeang K. EcoDesign: A Manual for Ecological Design. 2005. 500 p. ISBN: 978-0-470-85291-0.

PhD in Architecture, Associate Professor **Olha Homon,**
Kyiv National University of Construction and Architecture
PhD in Architecture, Associate Professor **Oleksandra Pantiukhina,**
Pryazovskyi State Technical University

ECOLOGICAL CONSTRUCTION IN NATURAL ENVIRONMENTS: TREEHOUSE ARCHITECTURE

Modern environmental challenges and the growth of anthropogenic load on natural landscapes stimulate the development of new approaches to architectural design that ensure harmonious interaction between the artificial and natural environment. One of the promising areas is tree architecture, which involves the integration of buildings into forest ecosystems with minimal interference with natural processes. The article considers the theoretical principles of ecological design, the design principles of tree houses, their typology and modern methods of computer modeling used during design. The experiments verify that such architectural solutions are not only a form of recreational construction, but also a platform for research into the principles of sustainable development, biophilic design and innovative technologies. The study illustrates that the concept of tree architecture opens up new prospects for sustainable construction in the face of urbanization, degradation of forest ecosystems, and climate change, contributing to the creation of harmonious human living space and minimizing environmental impact.

Special emphasis is placed on the educational aspect, notably the development of ecological literacy and the application of digital technologies embedded within the architectural curriculum via courses such as “Architectural Ecology”, “Architectural Design” and “Digital Technologies of Architectural Design”. The synthesis of ecological strategies and digital design methods has yielded a series of student-led conceptual treehouse projects. Their works leverage principles of sustainable design and computational modeling to deliver environmentally harmonious architectural solutions. This academic approach provides clear evidence of the successful preparation of a new generation of architects capable of implementing innovations that foster a sustainable and ecologically resilient built environment.

Keywords: off-grid construction in the natural environment; architectural ecology; architectural design; biophilic design; ecological and low-carbon architecture; sustainable development; digital technologies.

REFERENCES

1. 7 modern tree houses to spark your childhood imagination. (n.d). https://edition.cnn.com/style/article/modern-tree-houses (date of access: February 26, 2026) {in English}.

2. Babris M., Bratuškins U. (2019). Practical Modelling in Treehouse Development // Architecture and Urban Planning, 15, 106–112. https://reference-global.com/article/10.2478/aup-2019-0015 (date of access: February 1, 2026) {in English}.

3. Building the Branches: A Showcase of Contemporary Treehouse Architecture Among. (n.d). // ArchDaily. https://www.archdaily.com/1025922/building-among-the-branches-a-showcase-of-contemporary-treehouse-architecture (date of access: February 11, 2026) {in English}.

4. Eagles P.F.J. (2013). Role of ecotourism in preserving natural areas and biodiversity // Sustainable Tourism & The Millennium Development Goals: Effecting Positive Change / Bricker K., Black R., Cottrell S. (eds). Burlington, MA: Jones & Bartlett Learning, 169–184. https://scholar.google.com/scholar_lookup?title=Role+of+ecotourism+in+preserving+natural+areas+and+biodiversity&author=PFJ+Eagles&publication_year=2013&pages=169-184 (date of access: February 1, 2026) {in English}.

5. Eco-PERCH is the Rolls Royce of treehouses. (n.d) https://newatlas.com/eco-perch-tree-houses/21669/ (date of access: February 26, 2026) {in English}.

6. Giampiccoli A., Dłużewska A., Quesada R. P. (2021). Treehouse tourism: issues and way forward // Forum Geografic, 20 (2), 238–252. https://forumgeografic.ro/2022/2783/ (date of access: February 1, 2026) {in English}.

7. Is the treehouse the pinnacle of sustainable living? (n.d). https://edition.cnn.com/style/article/eco-solutions-sustainable-treehouses (date of access: February 26, 2026) {in English}.

8. Kuittinen M., Zernicke C., Slabik S., Hafner A. (2021). How can carbon be stored in the built environment? A review of potential options // Architectural Science Review, 66, 91–107. https://doi.org/10.1080/00038628.2021.1896471 / https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/00038628.2021.1896471 (date of access: February 1, 2026) {in English}.

9. Leung A. (2017). Eco-treehouse could be future of home building. https://phys.org/news/2017-04-eco-treehouse-future-home.html (date of access: February 1, 2026) {in English}.

10. Nelson P. (2014). Be in a Treehouse: Design / Construction / Inspiration, 224 p. {in English}.

11. Nelson P. (2009). New Treehouses of the World. Abrams, 224 p. {in English}.

12. Reichel R.C., Boonyaputthipong C. (2021). Nature Integrated Architectural Design: Construction of a Habitable Tree House in Khon Kaen // International Journal of Building, Urban, Interior and Landscape Technology. 17, 41–52. https://ph02.tci-thaijo.org/index.php/BUILT/article/view/243859 (date of access: February 1, 2026) {in English}.

13. These 12 real-life projects show why treehouses ideas are the ultimate design trend right now. (n.d). https://www.homebuilding.co.uk/ideas/treehouses-ideas (date of access: February 26, 2026) {in English}.

14. This is why I'm broke. (n.d). https://www.thisiswhyimbroke.com/domup-treehouse/ (date of access: February 26, 2026) {in English}.

15. Treehouse guides. (n.d). https://treehouseguides.com/sanpedrotreehouse.html (date of access: February 26, 2026) {in English}.

16. Treehouse // Architecture Lab. (n.d). https://www.architecturelab.net/building/treehouse/ (date of access: February 2, 2026) {in English}.

17. Vale B., Vale R. (1996). Green Architecture: Design for a Sustainable Future, 192 p. ISBN: 9780500278833 {in English}.

18. Vacenovská V. Young Scientist. (2020). // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, 867, 012045. https://doi.org/10.1088/1757-899X/867/1/012045 / https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1757-899X/867/1/012045 (date of access: February 2, 2026) {in English}.

19. Von Buelow P., et al. (2004). A Tree for a House // Journal of Architectural Education. https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1162/1046488041578202 (date of access: February 2, 2026) {in English}.

20. XL Treehouse Hardware Kit for 2-4 Trees, Dynamic. (n.d). https://thetreehouse.shop/en/products/xl-treehouse-hardware-kit-2-4-trees-dynamic (date of access: February 26, 2026) {in English}.

21. Yeang K. (2005). EcoDesign: A Manual for Ecological Design, 500 p. ISBN: 978-0-470-85291-0 {in English}.

DOI: 10.32347/2076-815x.2026.93.136-145
УДК: 725.4:711.4(438)
д.арх., професор **Дурманов В.Ю.,**
volodymyr.durmanov@ukd.edu.ua, ORCID: 0000-0002-2296-2310,
ЗВО «Університет Короля Данила», м. Івано-Франківськ

ПРОМИСЛОВА АРХІТЕКТУРА ПОЛЬЩІ В СИСТЕМІ ОБ'ЄМНО-ПЛАНУВАЛЬНИХ, КОНСТРУКТИВНИХ ТА РЕВІТАЛІЗАЦІЙНИХ РІШЕНЬ

Розглянуто досвід Польщі у трансформації промислової архітектури через поєднання об'ємно-планувальних, конструктивних та ревіталізаційних рішень. Доведено, що польські приклади ревіталізації промислових комплексів демонструють перехід від суто охоронного або комерційного підходу до комплексного переосмислення промислових територій як частини міської ідентичності, культурної пам'яті та сучасної громадської інфраструктури. На прикладах Manufaktura в Лодзі, EC1 Łódź, Silesian Museum у Катовіце, Centrum Praskie Koneser та Fabryka Norblina у Варшаві показано, що збереження промислової архітектури є ефективним тоді, коли автентичні конструкції, історичні об'єми, технологічні сліди та просторові зв'язки інтегруються з новими функціями. Обґрунтовано, що польський досвід може бути корисним для України в контексті ревіталізації промислових територій, повоєнного відновлення міст і формування нових моделей адаптивного використання індустріальної спадщини.

Ключові слова: промислова архітектура; Польща; ревіталізація; промислові комплекси; об'ємно-планувальні рішення; конструктивні рішення; індустріальна спадщина; адаптивне використання.

Вступ. Промислова архітектура Польщі є важливим прикладом того, як виробничі комплекси можуть трансформуватися з монофункціональних індустріальних об'єктів у багатофункціональні міські простори. У другій половині XX ст. значна частина польських заводів, шахт, електростанцій, фабрик і складів втратила первісну функцію внаслідок економічної трансформації, деіндустріалізації та зміни виробничих моделей. Водночас ці об'єкти зберегли потужний архітектурний і соціокультурний потенціал: великопрольотні простори, цегляні корпуси, металеві та залізобетонні конструкції, інженерну інфраструктуру, характерні силуети й пам'ять праці.

Актуальність польського досвіду полягає в тому, що він демонструє не одну модель ревіталізації, а кілька різних підходів: комерційно-громадський,

культурно-музейний, mixed-use, освітньо-креативний та ландшафтно-урбаністичний. Наприклад, Мануфактура в Лодзі постала на території колишньої фабрики Ізраеля Познанського й стала одним із наймасштабніших прикладів ревіталізації промислового простору в Польщі [6]. EC1 Łódź трансформувала колишню електростанцію у культурно-освітній комплекс, що став частиною проєкту Nowe Centrum Łodzi [2]. Інший приклад Сілезький музей у Катовіце розміщено на території колишньої шахти, де значна частина експозиційної функції перенесена під землю, а історичний промисловий ландшафт збережений як частина музейної ідентичності [7].

Мета статті – проаналізувати польський досвід ревіталізації промислових комплексів і будівель у контексті об'ємно-планувальних, конструктивних та соціокультурних рішень, а також визначити його значення для сучасної архітектурної практики..

Аналіз останніх досліджень і практики. Сучасні підходи до ревіталізації промислової архітектури в Польщі спираються на визнання індустріальної спадщини не лише як матеріального залишку виробництва, а як просторового ресурсу міського розвитку. У міжнародному контексті така позиція узгоджується з підходами TICCIH, де індустріальна спадщина трактується як сукупність будівель, машин, ландшафтів, соціальних практик і пам'яті праці [11, s. 12]. Для польської практики характерним є прагнення не ізолювати історичну промислову будівлю як музейний експонат, а включити її в нову міську програму.

Перший підхід можна визначити як ревіталізацію через багатофункціональне міське середовище. Найвиразнішим прикладом є Мануфактура в Лодзі. Колишній текстильний комплекс було переосмислено як простір торгівлі, дозвілля, культури, готельної функції та масових подій. Його об'ємно-планувальна сила полягає у збереженні фабричних корпусів навколо великої відкритої площі, яка перетворила промисловий двір на міський громадський простір. Тут важливо, що ревіталізація не знищила масштаб промислового комплексу, а використала його як основу нової міської активності.

Другий підхід – культурна трансформація промислового об'єкта – електростанції EC1 Łódź, що перетворилася на простір культурних, виставкових, освітніх та подієвих функцій. Збереження машинної зали, історичних об'ємів і щільності забудови дозволило не розчинити промислову пам'ять у новій архітектурі, а зробити її основою культурної ідентичності комплексу [2]. Конструктивна логіка електростанції – великі зали, технічні об'єми, металеві елементи, вертикалі інженерних структур – стала не перешкодою, а ресурсом для нових функцій.

Третій підхід – музеєфікація промислового ландшафту без втрати його просторової сили. Особливо показовим у цьому плані є Сілезійський музей у Катовіце, оскільки використовує територію колишньої шахти не лише як місце для розміщення музею, а як частину експозиційного й символічного наративу. Перенесення основних виставкових просторів під землю підтримує зв'язок із шахтарською історією Сілезії, а збережені промислові споруди й вежі формують просторову пам'ять місця. Це рішення демонструє, що конструкція і топографія промислового об'єкта можуть працювати як елементи культурної інтерпретації.

Четвертий підхід – mixed-use ревіталізація з інтеграцією історичної тканини й нової забудови. Центр «Празький поціновувач» у Варшаві розміщене на території колишньої Варшавської фабрики горілки, найстаріші будівлі якої датуються 1895–1897 роками. Після ревіталізації комплекс поєднав житло, офіси, готель, гастрономію, культурні простори, музей і відкриті площі [4]. Його значення полягає в тому, що історичні цегляні корпуси не залишилися ізольованими пам'ятками, а стали каркасом нового міського кварталу.

Схожу логіку демонструє Фабрика Норбліна у Варшаві. Територія площею близько 2 га в районі Воля була перетворена з занедбаного постіндустріального простору на багатофункціональний комплекс з офісами, ресторанами, магазинами, кінотеатром, музеєм і громадськими просторами [9]. Особливо важливо, що музейна функція інтегрована не в один ізольований зал, а в саму структуру комплексу: збережено 10 історичних будівель, 50 машин і пристроїв виробничої лінії та близько 400 предметів продукції [8]. Це приклад того, як технологічна пам'ять стає частиною щоденного міського досвіду.

Виклад основного матеріалу. Польський досвід ревіталізації промислових комплексів свідчить, що ефективність таких проєктів визначається не лише фактом збереження історичних будівель або введенням нових функцій, а здатністю поєднати просторову структуру, конструктивну автентичність і сучасну програму використання. У цьому сенсі ревіталізація промислової архітектури має розглядатися як багаторівневий процес, у якому архітектурна спадщина не консервується як ізольований артефакт, а включається в активне міське життя. Найбільш результативними є ті польські приклади, де збереження індустріальної ідентичності поєднується з відкритістю для нових сценаріїв користування, економічною життєздатністю та формуванням нових громадських просторів.

Перший рівень такого процесу можна визначити як об'ємно-планувальний. Він передбачає збереження або переосмислення первинної просторової структури промислового комплексу: системи корпусів, внутрішніх дворів, технологічних проходів, виробничих осей, транспортних зв'язків, вертикальних домінант і відкритих площ. Саме ці елементи часто формують

просторову пам’ять промислової території, оскільки відображають логіку колишнього виробництва. У процесі ревіталізації вони можуть змінювати функціональне призначення, але не повинні втрачати структурної ролі в організації простору.

Показовим прикладом є комплекс Мануфактура в Лодзі, створений на основі колишньої текстильної фабрики Ізраеля Познанського. Його ревіталізація ґрунтувалася не лише на збереженні окремих фабричних фасадів, а на переосмисленні всієї планувальної структури промислового ансамблю. Велика відкрита площа між історичними корпусами стала новим громадським ядром комплексу, тобто колишній виробничий двір трансформувався у простір міської активності, зустрічей, подій і рекреації [6]. Саме ця планувальна трансформація забезпечила перехід від закритої фабричної території до відкритого міського середовища.

Подібну роль у Варшаві виконує Центр «Празький поціновувач», розташоване на території колишньої Варшавської горілчаної фабрики. Його планувальна організація базується на поєднанні історичних цегляних корпусів, внутрішніх площ, пішохідних пасажів і нових об’ємів, що формують багатофункціональний міський квартал. Важливим є те, що ревіталізація не зруйнувала історичну просторову логіку комплексу, а використала її як основу для нових зв’язків між житлом, офісами, гастрономією, культурними функціями, музеєм і громадськими просторами [1; 5]. Отже, у польській практиці об’ємно-планувальне рішення виступає не лише технічним засобом організації функцій, а й інструментом збереження ідентичності промислового місця.

Другий рівень – конструктивний. Він пов’язаний зі збереженням, експонуванням або переосмисленням конструктивної логіки промислових будівель. Польські приклади демонструють, що конструкції колишніх виробничих об’єктів не повинні приховуватися або нейтралізуватися під час ревіталізації [10, s. 14]. Навпаки, відкриті ферми, металеві рами, залізобетонні каркаси, цегляні несучі стіни, великопрольотні зали, високі вікна, технічні галереї, труби, крани, інженерні деталі й залишки обладнання можуть ставати важливими носіями архітектурної автентичності.

У цьому контексті особливо показовим є комплекс EC1 в лодзі, сформований на основі колишньої електростанції. Збереження характерних великих технічних об’ємів, машинних залів і промислової матеріальності дозволило перетворити енергетичну інфраструктуру на культурно-освітній простір [2]. Конструктивна логіка електростанції не була зведена до декоративного мотиву, а стала основою нової архітектурної ідентичності комплексу. Це свідчить, що конструкція в ревіталізованій промисловій

архітектурі виконує не лише несучу або огороджувальну функцію, а й стає засобом історичної інтерпретації.

Аналогічний підхід простежується у Фабрика Норбліна у Варшаві. Тут збережені історичні корпуси, машини, виробничі пристрої та елементи технологічної лінії не ізольовані у форматі традиційної музейної експозиції, а інтегровані в повсякденну структуру багатофункціонального комплексу [8; 9]. Завдяки цьому промислова пам'ять не відокремлюється від сучасного використання, а стає частиною щоденного просторового досвіду відвідувачів. Такий підхід дає змогу уникнути поверхового стилізування під «індустріальність» і забезпечує глибший зв'язок між новою функцією та історичною структурою будівлі.

Третій рівень – ревіталізаційний, тобто програмний і соціокультурний. Його сутність полягає у створенні таких нових функцій, які здатні забезпечити довготривале життя промислового об'єкта після втрати первісного виробничого призначення. Польські приклади показують, що найбільш стійкими є ті ревіталізовані комплекси, які отримують змішану функціональну програму. До неї можуть входити культура, освіта, торгівля, гастрономія, офіси, житло, музейні простори, подієві майданчики, рекреація та громадські функції. Багатофункціональність у цьому випадку має не лише економічне значення, а й соціальне, оскільки забезпечує різні часові режими використання простору, різні групи користувачів і різні сценарії міської активності [3, p. 301].

Особливо важливо, що польські проєкти не обмежуються однією моделлю ревіталізації. Мануфактура демонструє комерційно-громадську модель, де колишній фабричний комплекс перетворюється на центр міського дозвілля, торгівлі, подій і культури. EC1 Лодзь репрезентує культурно-освітню модель, у якій промислова енергетична інфраструктура стає основою для науково-популярних, виставкових і подієвих функцій. Сілезький музей у Катовіце демонструє музейно-ландшафтну модель ревіталізації, де територія колишньої шахти використовується не лише як місце розміщення музею, а як просторовий носій шахтарської пам'яті Сілезії. Фабрика Норбліна та Центр «Празький поціновувач» відображають mixed-use підхід, у якому історична промислова тканина інтегрується в сучасну багатофункціональну міську структуру.

Наукова цінність польського досвіду полягає в тому, що він демонструє ревіталізацію як процес не механічної заміни функції, а переосмислення взаємозв'язку між матеріальною структурою, історичною пам'яттю та майбутнім використанням території. Успішний промисловий комплекс після ревіталізації не повинен бути лише торговельним центром у старих стінах або музеєм без міського життя. Його якість визначається здатністю зберегти

конструктивну й просторову автентичність, забезпечити нову функціональну насиченість і водночас залишитися впізнаваним носієм індустріальної історії [3, s. 303].

Для України польський досвід є важливим щонайменше з трьох причин. По-перше, Україна має значну кількість промислових територій, які внаслідок економічної трансформації, технологічного старіння, воєнних руйнувань або зміни виробничих моделей потребують переосмислення. Частина таких об'єктів може бути повернута до виробничого використання, частина – адаптована до нових громадських, освітніх, культурних або інноваційних функцій. По-друге, багато українських промислових міст мають виразну трудову й індустріальну ідентичність. У таких випадках демонтаж промислової спадщини без аналізу її соціокультурного значення може призвести до втрати не лише будівель, а й важливих просторових маркерів колективної пам'яті. По-третє, у процесі повоєнного відновлення промислові комплекси можуть стати ресурсом не тільки економічної реконструкції, а й формування нових громадських центрів, креативних кластерів, освітніх просторів, локальних музеїв, інноваційних виробництв і просторів соціальної інтеграції.

Водночас польський досвід не слід механічно переносити в український контекст. Мануфактура або Центр «Празький поціновувач» демонструють успішну комерційно-громадську модель, але не кожна промислова територія має перетворюватися на торговельно-розважальний простір. Надмірна комерціалізація може призвести до втрати автентичності, витіснення локальних користувачів і перетворення індустріальної спадщини на декоративний фон для споживання. Натомість EC1 Лодзь і Сілезький музей показують іншу логіку – культурно-освітню та музейну, де промислова архітектура використовується як основа для збереження пам'яті, формування знання та створення нових символічних просторів. Фабрика Норбіна демонструє проміжну модель, у якій музейна функція інтегрована в повсякденну mixed-use структуру, а не винесена в окремий ізольований простір.

Отже, головний урок Польщі полягає не в копіюванні окремих функцій чи архітектурних прийомів, а в методології роботи з промисловою спадщиною. Передусім необхідно здійснювати комплексний передпроєктний аналіз історії території, її об'ємно-планувальної структури, конструктивної системи, матеріальних слідів виробництва, соціальних груп, пов'язаних із цим місцем, і потенційних сценаріїв майбутнього використання. Лише після цього доцільно визначати нову функціональну програму. Такий підхід дає змогу розглядати промислову архітектуру не як проблему занедбаних територій, а як ресурс сталого міського розвитку, збереження ідентичності та формування нової якості громадського середовища.

Висновки. Промислова архітектура Польщі демонструє, що об'ємно-планувальні та конструктивні рішення промислових комплексів можуть бути не обмеженням для ревіталізації, а її головним ресурсом. Великі виробничі об'єми, історичні корпуси, цегляні фасади, інженерні елементи, технологічні маршрути й відкриті промислові двори здатні формувати нову якість міського середовища за умови їхнього осмисленого включення в сучасну функціональну програму.

Польський досвід засвідчує, що успішна ревіталізація промислових комплексів має базуватися на балансі між збереженням автентичності та введенням нової функції. Якщо зберігається лише фасад, а просторова і конструктивна логіка знищується, об'єкт втрачає глибину індустріальної пам'яті. Якщо ж будівля консервується без нової програми, вона ризикує залишитися ізольованим фрагментом минулого. Саме поєднання історичної структури, конструктивної виразності та сучасної багатофункціональності створює умови для сталого життя промислової архітектури.

Для української архітектурної практики особливо важливими є три висновки: необхідність передпроєктного аналізу історії та структури промислової території; збереження конструктивних і технологічних слідів як носіїв ідентичності; формування нових функцій, які відповідають не лише ринку, а й потребам міста та громади. У цьому сенсі досвід Польщі може бути використаний як методологічна основа для ревіталізації українських промислових комплексів у контексті сталого розвитку, повоєнного відновлення та переосмислення індустріальної спадщини.

Подальший напрямок дослідження. Перспективи подальших досліджень полягають у поглибленому порівняльному аналізі польських та українських практик ревіталізації промислових комплексів з урахуванням відмінностей у правовому регулюванні, інвестиційних моделях, стані індустріальної спадщини та потребах місцевих громад. Окремого вивчення потребує типологізація об'ємно-планувальних і конструктивних прийомів, які найчастіше застосовуються під час адаптивного використання промислових будівель у Польщі, з подальшим визначенням можливостей їх адаптації до умов повоєнного відновлення українських міст. Важливим напрямом подальших досліджень є також розроблення методики оцінювання соціокультурної ефективності ревіталізованих промислових територій, зокрема через аналіз їхньої доступності, функціональної змішаності, збереження індустріальної пам'яті та здатності формувати нову міську ідентичність.

Бібліографічний список

1. Centrum Praskie Koneser. URL: https://koneser.eu/en/about-koneser-new

2. EC1 Łódź. T-Factor. URL: https://www.t-factor.eu/lodz/

3. Kaczmarek S., Kowalczyk A. Rewitalizacja terenów poprzemysłowych i turystycznych. *Folia Turistica*. 2016. Nr 41. P. 283-308

4. Koneser. Centrum Praskie Koneser. URL: https://koneser.eu/en/koneser-en/

5. Koneser's History. Centrum Praskie Koneser. URL: https://koneser.eu/en/konesers-history/

6. Manufaktura. Łódź Travel. URL: https://lodz.travel/en/tourism/what-to-see/manufaktura

7. Muzeum Śląskie / The Silesian Museum. Museum for All. URL: https://museumforall.eu/museum/katowice-muzeum-slaskie

8. Norblin Factory Museum. Go2Warsaw. URL: https://go2warsaw.pl/en/norblin-factory-museum/

9. Norblin Factory. URL: https://fabrykanorblina.pl/en/?lang=en

10. Walczak B.M. Difficult revitalisation of post-industrial monuments in Poland – achievements and failures. *Ochrona Zabytków*. 2022. No. 1. P. 7–28. URL: https://ochronazabytkow.nid.pl/wp-content/uploads/2023/01/OZ_1-2022_B-Walczak.pdf

11. Walczak B.M. Trudna rewitalizacja zabytków poprzemysłowych w Polsce – osiągnięcia i porażki. *Ochrona Zabytków*. 2022. Nr 1. S. 7–28. URL: https://bibliotekanauki.pl/articles/20874565

Doctor of Architecture, Professor **Volodymyr Durmanov,**
Higher Educational Institution "King Danylo University", Ivano-Frankivsk

INDUSTRIAL ARCHITECTURE OF POLAND IN THE SYSTEM OF SPATIAL-PLANNING, STRUCTURAL AND REVITALIZATION SOLUTIONS

The article analyses the Polish experience of revitalising industrial complexes and buildings in the context of spatial-planning, structural and socio-cultural solutions. The relevance of the study is determined by the fact that many former industrial facilities in Poland, including factories, power plants, mines and warehouses, lost their original production functions as a result of deindustrialisation and economic transformation, but retained significant architectural, constructive, historical and cultural potential. The purpose of the article is to identify how Polish revitalisation practices transform mono-functional industrial areas into multifunctional urban environments while preserving their spatial memory, structural authenticity and industrial identity.

The study focuses on several representative examples: Manufaktura in Łódź, EC1 Łódź, the Silesian Museum in Katowice, Centrum Praskie Koneser and Norblin Factory in Warsaw. These cases demonstrate different models of adaptive reuse, including commercial-public, cultural-educational, museum-landscape and mixed-use approaches. The article argues that successful revitalisation is achieved when industrial heritage is not treated merely as a preserved façade or isolated historical artefact, but is integrated into a new urban programme. Particular attention is paid to three interrelated levels of transformation: the spatial-planning level, which concerns the preservation or reinterpretation of courtyards, axes, passages, dominant volumes and internal connections; the structural level, which involves exposing and reusing industrial constructions, large-span spaces, brick façades, metal frames, machinery and engineering elements; and the revitalisation level, which introduces new functions capable of ensuring the long-term social and economic life of the complex.

The article concludes that the Polish experience is especially important for Ukraine, where many industrial territories require reinterpretation due to economic change, technological obsolescence, war damage and the need for post-war recovery. However, Polish models should not be copied mechanically. Their main value lies in the methodology: comprehensive pre-design analysis of the history, planning structure, constructive system, material traces of production, social meanings and future scenarios of use. Such an approach allows industrial architecture to be considered not as a problem of abandoned territories, but as a resource for sustainable urban development, preservation of identity and formation of a new quality of public space.

Keywords: industrial architecture; Poland; revitalization; industrial complexes; spatial-planning solutions; structural solutions; industrial heritage; adaptive reuse.

REFERENCES

1. Centrum Praskie Koneser. (n.d.). *About Koneser*. URL: https://koneser.eu/en/about-koneser-new {in English}.

2. T-Factor. (n.d.). *EC1 Łódź*. URL: https://www.t-factor.eu/lodz/ {in English}.

3. Kaczmarek, S., & Kowalczyk, A. (2016). Rewitalizacja terenów poprzemysłowych i turystycznych. *Folia Turistica, 41*, 283–308. {in Polish}.

4. Centrum Praskie Koneser. (n.d.). *Koneser*. URL: https://koneser.eu/en/koneser-en/ {in Polish}.

5. Centrum Praskie Koneser. (n.d.). *Koneser's history*. URL: https://koneser.eu/en/konesers-history/ {in English}.

6. Łódź Travel. (n.d.). *Manufaktura*. URL: https://lodz.travel/en/tourism/what-to-see/manufaktura {in Polish}.

7. Museum for All. (n.d.). *Muzeum Śląskie / The Silesian Museum*. URL: https://museumforall.eu/museum/katowice-muzeum-slaskie {in Polish}.

8. Go2Warsaw. (n.d.). *Norblin Factory Museum*. URL: https://go2warsaw.pl/en/norblin-factory-museum/ {in English}. {in Polish}.

9. Norblin Factory. (n.d.). *Norblin Factory*. URL: https://fabrykanorblina.pl/en/?lang=en {in English}. {in Polish}.

10. Walczak, B.M. (2022). Difficult revitalisation of post-industrial monuments in Poland: Achievements and failures. *Ochrona Zabytków, 1*, 7–28. URL: https://ochronazabytkow.nid.pl/wp-content/uploads/2023/01/OZ_1-2022_B-Walczak.pdf {in Polish}.

11. Walczak, B.M. (2022). Trudna rewitalizacja zabytków poprzemysłowych w Polsce: Osiągnięcia i porażki. *Ochrona Zabytków, 1*, 7–28. URL: https://bibliotekanauki.pl/articles/20874565 {in Polish}.

DOI: 10.32347/2076-815x.2026.93.146-160
УДК 711.1

Ільницький В.Д.,
vladik09092002@gmail.com, ORCID: 0009-0004-7818-4054,
Короткова Т.М.,
kotasya@ukr.net, ORCID: 0000-0002-8375-569X,
доктор архітектури, професор **Яценко В.О.,**
viktoryathenko@ukr.net, ORCID: 0000-0002-6054-729X,
Київський національний університет будівництва і архітектури

ОБГРУНТУВАННЯ ТА ФОРМУВАННЯ ПЕРСПЕКТИВНОЇ КОНЦЕПЦІЇ РЕКОНСТРУКЦІЇ БЛАГОУСТРОЮ ТЕРИТОРІЇ НАЦІОНАЛЬНОГО ІНСТИТУТУ СЕРЦЕВО-СУДИННОЇ ХІРУРГІЇ ІМЕНІ М.М. АМОСОВА

«*Я свідомо йду на ризик заради порятунку життя*»
М.М. Амосов

Дана стаття є результатом дослідження практики організації благоустрою території ряду зарубіжних та вітчизняних медичних закладів з метою виявлення негативних та позитивних факторів. Як результат розроблена концептуальна модель реконструкції благоустрою території Національного інститут серцево-судинної хірургії імені М.М. Амосова, в якій застосовані основні принципи сенсорного саду, що ефективно впливає на всі категорії людей, які знаходяться в міському природному середовищі.

Ключові слова: благоустрій; медичний заклад; територія; сенсорний сад; природа; ландшафтна архітектура; модель; принципи.

Вступ. Благоустрій сьогодні це неправдиве відображення порядку створеного архітектором або дизайнером в повному нерозумінні людьми які ним будуть користуватись. Ми імітуємо при цьому природне середовище за своїми формальними законами запевняючи, що ми його або покращуємо, або збагачуємо, при цьому знову обманюємо самі себе тому, що невзмозі принаймні хоч повторити природні правила.

Створюючи архітектуру ми завжди стоїмо перед вибором: Природа чи людина, кому надати перевагу? На жаль, вибір, здебільшого, перепадає на людину. Ми будуємо міста, інженерну мережу, підприємства при цьому змушуємо природу поступатись, а на заміну створюємо урбанізоване природнє середовище яке, навіть, формується відповідно до містобудівних об’єктів. Проте, в містобудівній практиці благоустрій є чи не най вразливішим

елементом міського середовища, тому і згадуємо за природу тоді, коли екологічний стан дає про себе знати.

В даній публікації зроблена спроба оцінити на локальному рівні існуючий стан благоустрою території Національного інституту серцево-судинної хірургії імені М.М. Амосова в місті Києві. Місто постійно розвивається, будівлі змінюються, технічне та інженерне функціювання міста потребують змін і незмінним залишається територія на якій людина весь час експериментує свої досягнення, особливо в архітектурній та містобудівній сфері. Місто росте здебільшого за рахунок поверховості, але, дуже часто, маленькими кроками відбирається територія, яку ми називаємо природньою, а на мові архітектора – благоустрій, саме в тому неправдивому імітуванні природи. В підтвердження вище сказаного про постійні зміни, в лікувальних корпусах, потребі збільшення місць, введення нових методів, технічного забезпечення, тощо, ущільняється забудова, а на заміну природних елементів приходять будівлі, асфальт та комунікативні простори або просто зв'язки між будівлями. Тому така лікарня не виконує свою функцію, як заклад який повинен ліквідувати хворобу не на короткий термін, а взагалі. Лікарня не має асоціюватись з негативними спогадами. Людина – це природа і ніщо не зможе допомогти краще в процесі одужання ніж природа. Можливо це стало причиною зрозуміти, яким чином найефективніше завести природні елементи, поєднати їх з елементами благоустрою, малими формами, щоб середовище відповідало своєму головному призначенню – допомогти хворому повірити в своє одужання, не вилікувати, а побачити той позитив, який здатна надавати природа в гармонії з діяльністю архітектора. Мабуть тому і є однією з найважливіших сфер діяльності архітекторів за допомогою ландшафтних та природних прийомів допомагати процесу містобудування.

Багато вчених лікарів та архітекторів весь час докладають масу зусиль в пошуках комплексної взаємодії архітектури, природи і людини. Комплексна взаємодія тому і виділяє кілька напрямків – від медичного та психологічного до суто архітектурного і ландшафтного .[4, 12, 14, 16, 17,]

Вивченість матеріалу. В середині XX століття сестра милосердна та громадська діячка Флоренс Найтінгейл підкреслювала, що зацікавленість пацієнтів видом на природу за вікном свідчить про їхнє одужання. [11, 13, 14]

Швейцарський лікар Роджер Ульріх підтвердив роздуми Флоренс Найтінгейл, стверджуючи різницю в одужанні пацієнтів, які мають можливість спостерігати життя природи за вікном і тих хто обмежений стінами лікарняної палати, доводячи, що доступ природи прискорювало процес одужання. Ідеальним варіантом є безпосередній контакт з природою. [1]

Томас Пейн – ландшафтний архітектор у 1976 році сформулював п’ять основних якостей ідеального терапевтичного саду для лікарень. [4]

Шігеру Аокі (Shigeru Aoki) та Лео Танішіге (Leo Tanishige) – японські дослідники архітектури розробили метод «Refining Architecture» для глибокої ревіталізації старих лікарень з урахуванням психологічного комфорту. [6]

Наталія Машевська – українська архітекторка (компанія abmk), яка разом з командою впроваджує інноваційні, психологічно комфортні та інклюзивні рішення при реконструкції українських медичних закладів (наприклад, поліклініки UNBROKEN на вул. Мазепи у Львові). [2]

Основний матеріал. До розгляду особливостей існуючої системи благоустрою Національного інституту серцево судинної хірургії імені М.М. Амосова в Києві слід ще раз звернутись до закордонної практики реконструкції благоустрою великих лікарень Європейського союзу.

Ландшафтний дизайн великих медичних лікарень ЄС (Німеччина, Нідерланди, країни скандинавського півострову) є частиною загальної стратегії Evidence – Based Design – Доказовий базовий дизайн. Це означає, що всі рішення щодо благоустрою приймаються на основі наукових досліджень, які підтверджують позитивний вплив природи на здоров’я пацієнтів, зменшення потреби в медикаментах, скорочення всіх циклів лікувального процесу. [1, 7]

Головним пріоритетом взаємодії природнього фактору та процесу лікування є терапевтична доступність, відкритість, зрозумілість та функціональність. Зелені зони мають бути не просто красивими, а функціонально інтегровані в лікувальний процес, а саме: навігація та зв’язок, чітке використання вимог до покриття пішохідних алей, доріг, майданчиків та чітка відповідність функціональному зонуванню: [10]

- активні зони;
- тихі зони для відпочинку різних категорій хворих;
- соціальні зони для спілкування з різними категоріями відвідувачів.

Європейські норми велику увагу приділяють екологічності, озелененню зон та біофільному дизайну, мається на увазі перевага місцевим рослинам, які хворими сприймаються як відомі та не викликають психологічних перевантажень свідомості і, на додаток, вони більш стійкі до місцевості та кліматичних умов.

До спеціалізованих елементів ландшафтної архітектури та дизайну відносяться дощові сади, озеленення стін та дахів, терапевтичні сади. [10, 11, 12]

В загальному характеризуючи європейську практику ландшафтної архітектури великих медичних закладів можна зробити важливий висновок, що вона базується принципах терапевтичної дії – вродженої людської потреби у

зв'язку з природою. Терапевтичний сад функціонує як зовнішня інтерактивна система, що моделює фізіологічні та психологічні реакції хворих пацієнтів, використовуючи сенсорні стимули рослин. [12, 18]

Органічні сполуки, що виділяються рослинами в поєднанні з візуалізацією різноманітних композицій є прямими модуляторами, покращенням стану хворих, зміцненням нервової системи та її активізування в процесі лікування, покращується рівень уваги та робочої пам'яті у хворих серцево-судинного характеру.

Важливим фактором є асиметричний дизайн природніх компонентів: колір, поєднання різних видів рослин, сезонність та взаємодія з малими формами. Такі принципи є важливими в реабілітаційних процесах саме ерготерапія активує механізми які складно відтворити в лікарняних палатах: фізичне відновлення, рух, моторика, фізичне навантаження, мислення, пам'ять, примусить послідовність дій, вирішення проблем, відчуття конкретних дій, відповідність та досягнення мети.

Вивчення зарубіжного та вітчизняного досвіду можна зробити висновки за наступними процесами (табл. 1):

- основний принцип реконструкції;
- благоустрій території;
- відповідність нормативним вимогам.

Таблиця 1

Критерій	Країни ЄС	Україна
Основний принцип реконструкції	Рекреаційний/Терапевтичний (Healing Gardens, Evidence-Based Design, біофілія). Дизайн як частина лікування.	Утилітарний/Функціональний. Ремонт приміщень, утеплення, заміна комунікацій. Дизайн спрямований на базову функціональність.
Благоустрій території	Інтегрована частина проєкту, створення Лікувальних Садів (зони відпочинку, ерготерапії, сенсорні зони) з високою доступністю.	Залишковий принцип: переважно газон, старі асфальтові доріжки, відсутність адаптованих зон відпочинку.
Доступність	Повне дотримання норм доступності (широкі доріжки, пандуси, адаптовані меблі) як обов'язкова вимога.	Дотримання часто формальне; благоустрій зазвичай не відповідає сучасним вимогам інклюзивності.

Як висновок можна стверджувати, що в країнах ЄС, лікарняний простір проектується як цілісне лікувально-терапевтичне середовище. В Україні процес більше розглядав внутрішню модернізацію, а благоустрій за залишковим принципом.



Рис1. Поліклініка UNBROKEN на вул. Мазепи у Львові

До великих медичних закладів в Україні можна віднести: поліклініка на вул. Мазепи у м. Львів (рис.1), Київську обласну клінічну лікарню, лікувально-діагностичний центр в м. Львові (проєкт) (рис.2), Національна дитяча спеціалізована лікарня «Охматдит» (рис.3), Національний інститут серцево-судинної хірургії імені М.М. Амосова (рис.4, 5), інститут кардіохірургії ім. Стражеска НАМН України, Клінічна лікарня «Феофанія» (рис.6).



Рис. 2. Проєкт лікувально-діагностичного центру в м. Львові (джерело: ambk.ua)

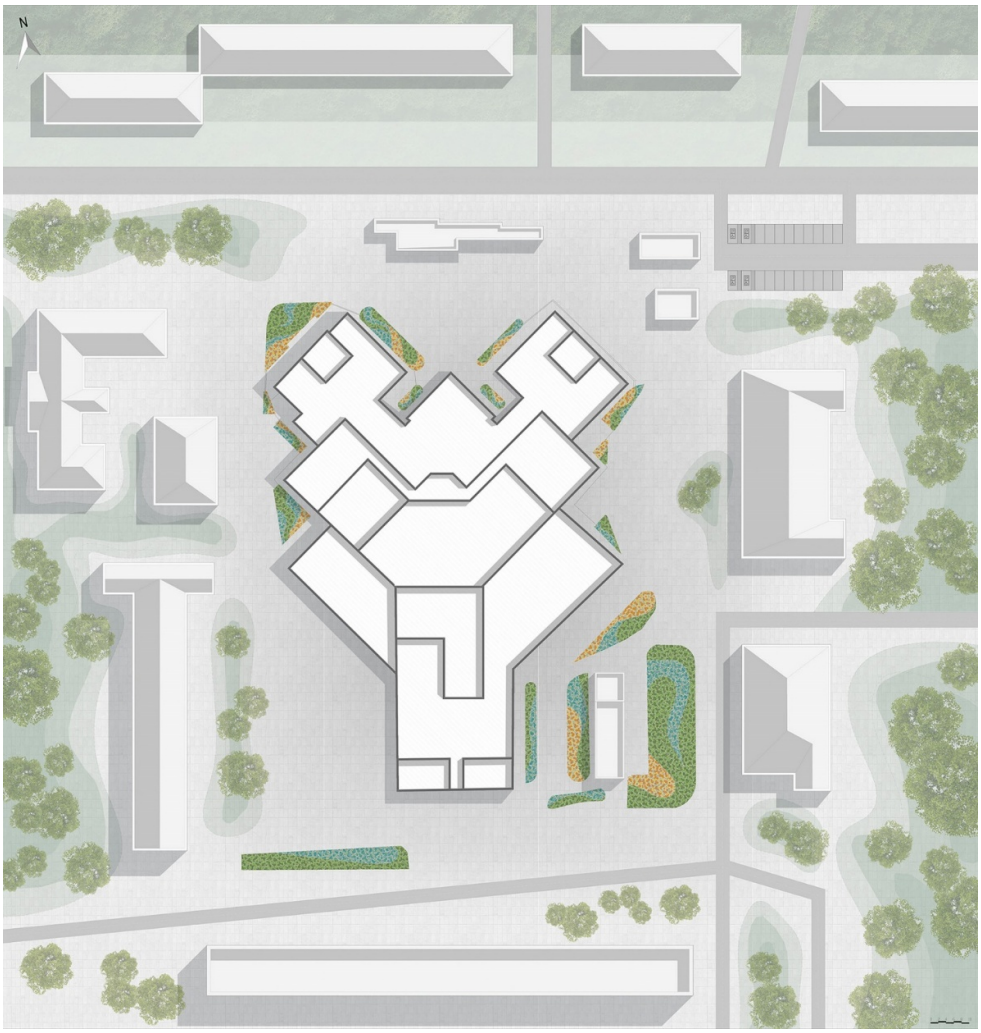


Рис.3. Національна дитяча спеціалізована лікарня «Охматдит»
(Джерело:Beloded Landscaping)



Рис.4. Національний інститут серцево-судинної хірургії імені М.М. Амосова
(джерело: ВТП Трансекспо)

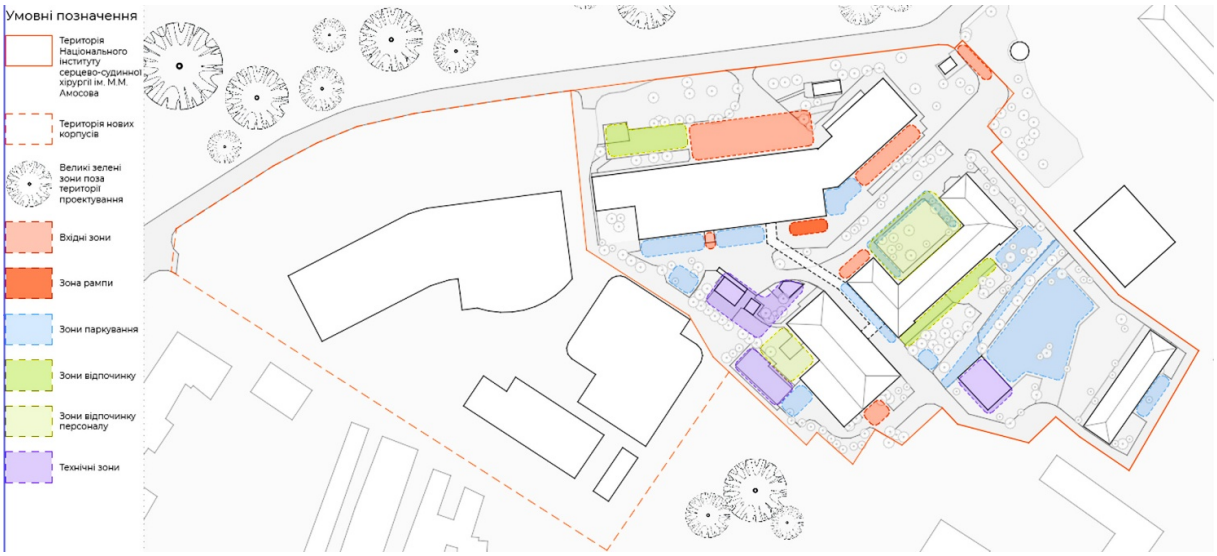


Рис. 5. Існуюча схема функціювання та благоустрою території Національного інституту серцево-судинної хірургії ім. М.М. Амосова

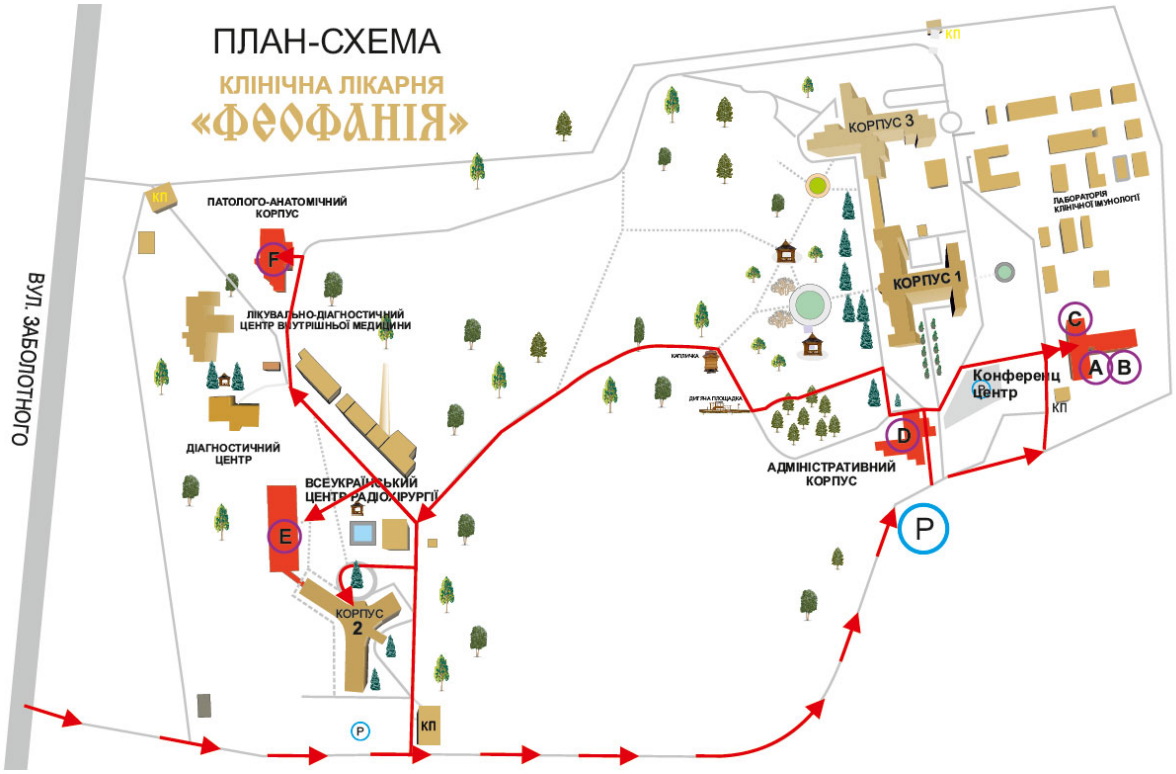


Рис. 6. Клінічна лікарня «Феофанія»

Дана публікація є результатом аналізу внутрішнього простору Національного інституту серцево-судинної хірургії імені М.М. Амосова, а саме вивчення стану системи благоустрою території та концептуальна пропозиція головних принципів реконструкції у відповідності до головних вимог ЄС.

Існуючий стан благоустрою території інституту, як і більшість інших, дотримується залишкового принципу попри ряд передових досліджень, які описувались раніше. Тому розглянемо суть концептуальної пропозиції з точки

зору ландшафтної архітектури, медицини, дизайну, соціальних факторів та функціональності. Основою концепції є ландшафтна архітектура, дизайн та професійна ефективність результату.

Важливим на нашу думку є формування психологічної картини діяльності об'єкту та його головні фігуранти, їхні стосунки, стан, потреби, природні атракції тощо.

Спочатку коротко: хворі різного стану, медичний персонал, відвідувачі, які є безпосередньо заінтересованими в лікуванні хворого, звичайні відвідувачі для отримання інформації та інші.

Локації:

- адміністративні заклади;
- лікувальні палати;
- реабілітаційний та зовнішній простір, що і є об'єктом ландшафтної архітектури у вигляді благоустрою території, а саме – середовище де переплітаються інтереси і надії всіх категорій людей, середовища які і мають створити самі люди дотримуючись парадигми: людина – рятувати, спостерігати, відновлювати, спілкуватись; природа – допомагати, приносити радість, оберігати, психологічно лікувати.

Як уже згадувалось раніше, благоустрій території у нас здійснюється за залишковим принципом, що мається на увазі – це коли відсутня системність формування міського середовища. Визначаються пріоритетні завдання, роботи і уже в останню чергу – благоустрій. Нажаль, уже повторююсь, але сформувалась така практика, тому, мабуть, дуже часто ми бачимо, що місто ніби «бабусине одіяло» зшите з незрозумілих клаптиків. І місто є, і люди в ньому живуть, а залишається відчуття гостя, а не господаря.

Розглядаючи окрему сферу медичних закладів не може бути ні пріоритетів роботи, ні залишкових подачок, тут основою всього є людина. Людина, яку архітектор має уявляти у всіх пріоритетних до спеціалізації закладу. Основою є людина, яка потребує допомоги і ця допомога має кілька рівнів:

- врятувати;
- стабілізувати;
- привести до повноцінного життєвого стану.

І тут на кожному з етапів природній фактор є продовженням лікаря, підтримка невидимими ліками і уже не медикаментозно.

Інша категорія це професійна – лікарі, які виконують роль диригента процесу лікування використовуючи, а інколи, як говорив М.М. Амосов: «Я свідомо йду на ризик заради порятунку життя». І в цьому випадку часто природний фактор допомагає ризик зробити перемогою. І, мабуть лікар, який

врятував життя, подивившись на дерево, кору, квітку у вікні отримує велике задоволення від того, що хворий зможе також насолоджуватись найкрасивішими творами природи.

Ще одна категорія людей, які безпосередньо знаходяться в аурі медичного закладу – це пересічні громадяни, які перебувають за тих чи інших причин:

- переживають за хворого;
- бажають отримати консультацію від лікаря;
- побачити людину яку майже не втратили;
- очікують родича
- спілкуються, спостерігають, як їм радіє природа оточуючи їх кольорами, запахами, чудернацькими формами.

І це не фантазії тому, що, мабуть, ніхто не буде заперечувати, природа для людини є найприємнішою і в той же час незрозумілою формою оточення. Можна ще багато описувати подібного, але все воно буде вести до пошуку пояснень тісного зв'язку природи і людини, особливо коли хтось з них знаходиться в критичному стані. От і потрібно подумати про «залишковість» природи та благоустрою, можливо все таки замінити на системність та комплексність.

Саме тому головною ідеєю дослідження і концептуальної пропозиції стала системна функціональна модель взаємодії природнього середовища з різними категоріями людей в тій чи іншій мірі причетних до медичної діяльності та створених людиною природніх локацій наповнених природними аспектами з доповненням створених людиною малих архітектурних форм, альтанок, світильників, місць відпочинку та спілкування, штучних декоративних композицій, зручних доріжок, безпечних зон для маломобільних людей та різного вікового цензу, хворих та тих, що вже повні надії на повноцінне життя рідних та друзів, як старатись підтримувати у важких ситуаціях і, на кінець, лікарів та працівників лікарні, і, звичайно, безкінечний, красивий та незрозумілий вплив природи (рис. 7). Найбільш поширеним методом благоустрою медичних закладів, як правило, вважається застосування сенсорного заду з метою терапії та активізації певних органів сприйняття людини, зменшення больових симптомів, пониження схильності до стресів, отримання позитивних емоцій тощо.[17]. Підбір рослин допомагає хворим отримати різноманітні враження через органи зору, нюху, слуху, дотику і смаку. [17, 18]

Територія медичного закладу, яка представляє собою прототип сенсорного саду, має виконувати такі функції як: стимулюючі, активізуючі, і заспокійливі, які людина пізнає через органи сприйняття – композиції з рослин

та малих архітектурних форм, різноманітних газонів, цільових маршрутів тощо. Органів відчуття смаку з поєднанням їстівних рослин, які можуть формувати регульовані маршрути та місця відпочинку. Зони органів нюху наповнюються частинками рослин з лікувальною дією, яку людина доповнить свій інтелектуальний потенціал з інформації яка надається як елемент декору штучного утворення.

Зони слуху – шум води, вітру, птахів, життя є дуже суттєвим фактором благоустрою медичних закладів, ще і фонтанчики, де людина доторкнувшись до води, погодувавши птахів, посидіти в природній тиші або відчути лагідний дотик вітру та живе коливання рослин. Звичайно надважливим є зорові відчуття, які практично є поєднувальними всіх попередніх тому, що кожна природна композиція є не що інше ніж історія, яка народжується в думках людини, що дуже позитивно впливає на процеси лікування. Тому однією з основних ідей концепції реконструкції системи благоустрою інституту імені М.М. Амосова, автор вважає, має стати створення саме сенсорного саду для різних категорій відвідувачів – хворих, лікарів, випадкових спостерігачів та інших.

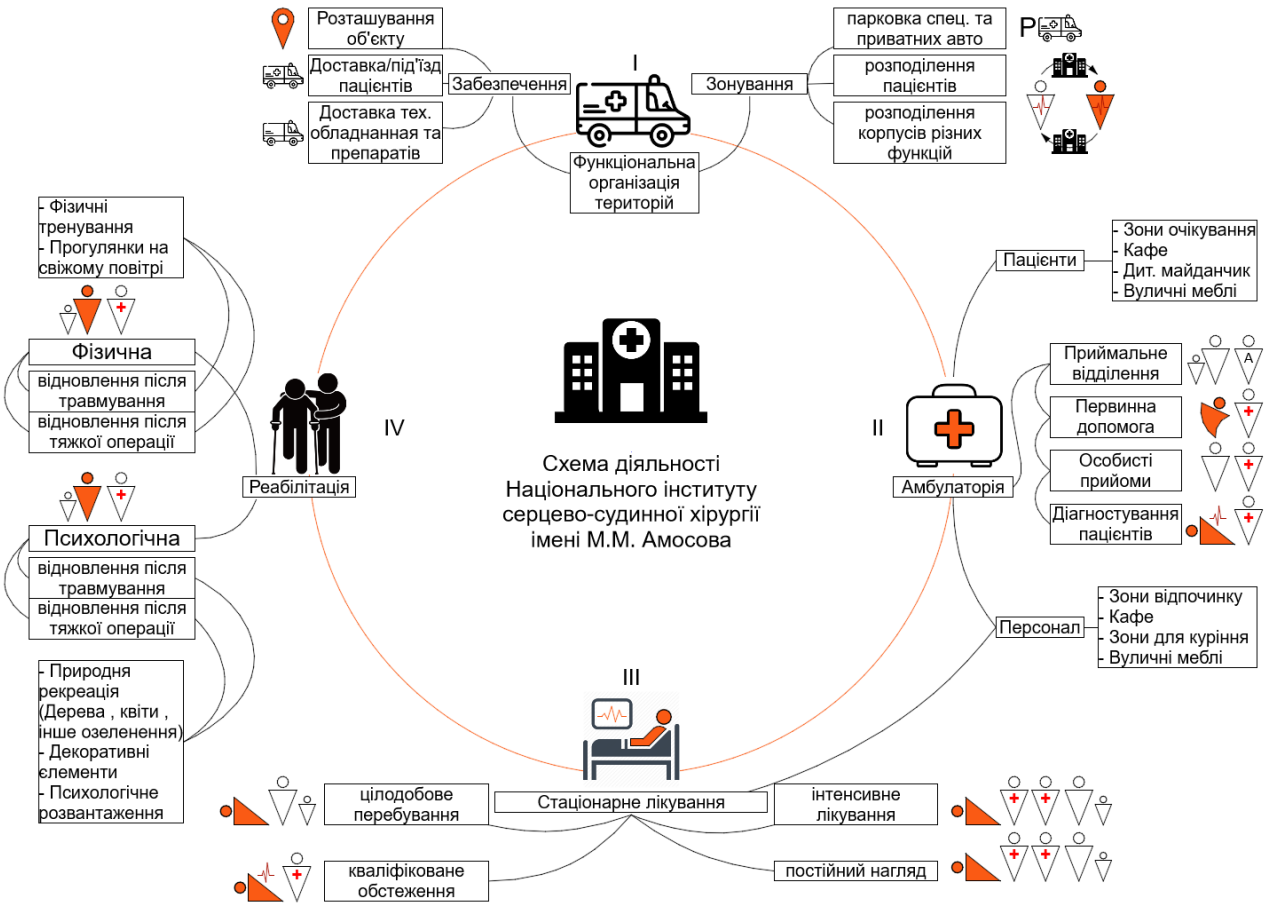


Рис.7. Модель функціональної діяльності Національного інституту серцево-судинної хірургії ім. М.М. Амосова

Запропонована модель передбачає поєднання всіх заінтересованих категорій людей, які мають відношення до діяльності медичного закладу, від хворого, до випадкового відвідувача.

Весь простір закладу поділяється на чотири категорії за діяльністю та людським фактором. За діяльністю це: всі види стаціонарного лікування, реабілітаційні процеси, амбулаторні дії, функціональна організація та благоустрій території як складової процесу лікування.

Всі зони передбачають різні зацікавлені особи, що причетні до процесу лікування: хворі, лікарі, відвідувачі, рідні пацієнтів, технічне забезпечення тощо. Кожна категорія людей має свою зону де вона відчуває і забезпечується максимальним комфортом елементами благоустрою території, де можна займатись процесами реабілітації, зустрічами з рідними та друзями, отримувати консультації лікарів, не тільки в лікарняних кабінетах, а і безпосередньо серед природнього середовища яке наповнене різнохарактерними рослинами, квітами, камінням. Таке поєднання, як описувалось раніше, дуже позитивно впливає на процеси лікування (рис. 8).

Життя не закінчується лікарняною палатою, тому благоустрій та природне середовище дає відчути бажання одужати, як і лікарі, а процеси створення ландшафтного природнього простору не має здійснюватися на залишкових умовах.

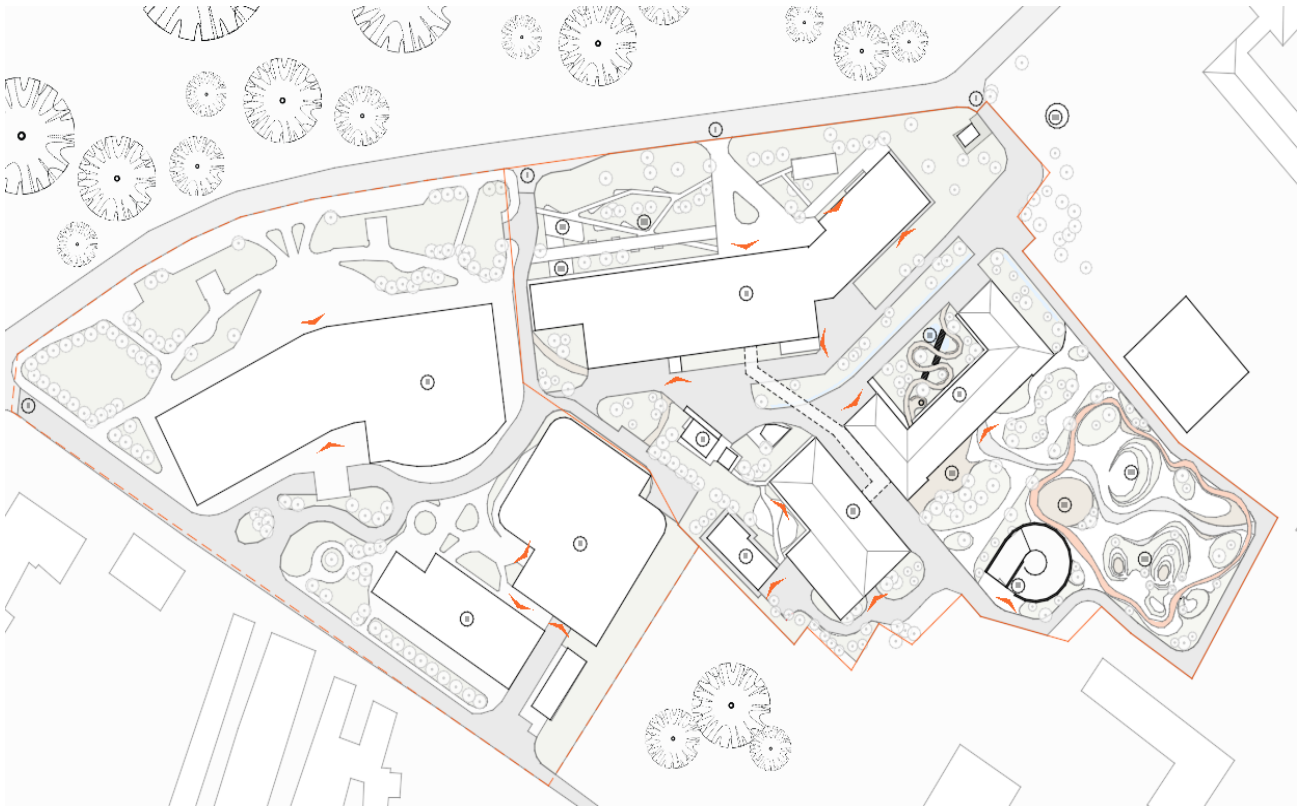


Рис.8. Проектна пропозиція реконструкції благоустрою території Національного інституту серцево-судинної хірургії ім. М.М. Амосова за принципами сенсорного саду

Висновок. Проблеми медичних закладів є одними з найскладніших в архітектурній діяльності. Професійне поєднання проблем хворої людини, професійності лікарів, психологічного напруження рідних та друзів, організація поєднання їх інтересів за допомогою природнього середовища, а саме всіх можливих методів і принципів ландшафтної архітектури стало головним завданням даного дослідження

Запропонована модель діяльності та спілкування людини та природи передбачається як бажання відчути в даному процесі ще одного невідомого, поки що, лікаря, який в поєднанні з людським розумом допоможе багатьом хворим в подоланні їх захворювань (рис.9).

Головним гравцем моделі, як завжди, є людина. Хоча жоден витвір ландшафтної архітектури не може вилікувати ряд складних захворювань, він здатен значно зменшити страх, який відчувають пацієнти та їхні родини, тим самим підтримуючи природні ресурси організму, а також відновлювати сили та спостерігати результати своєї роботи медичному персоналу.

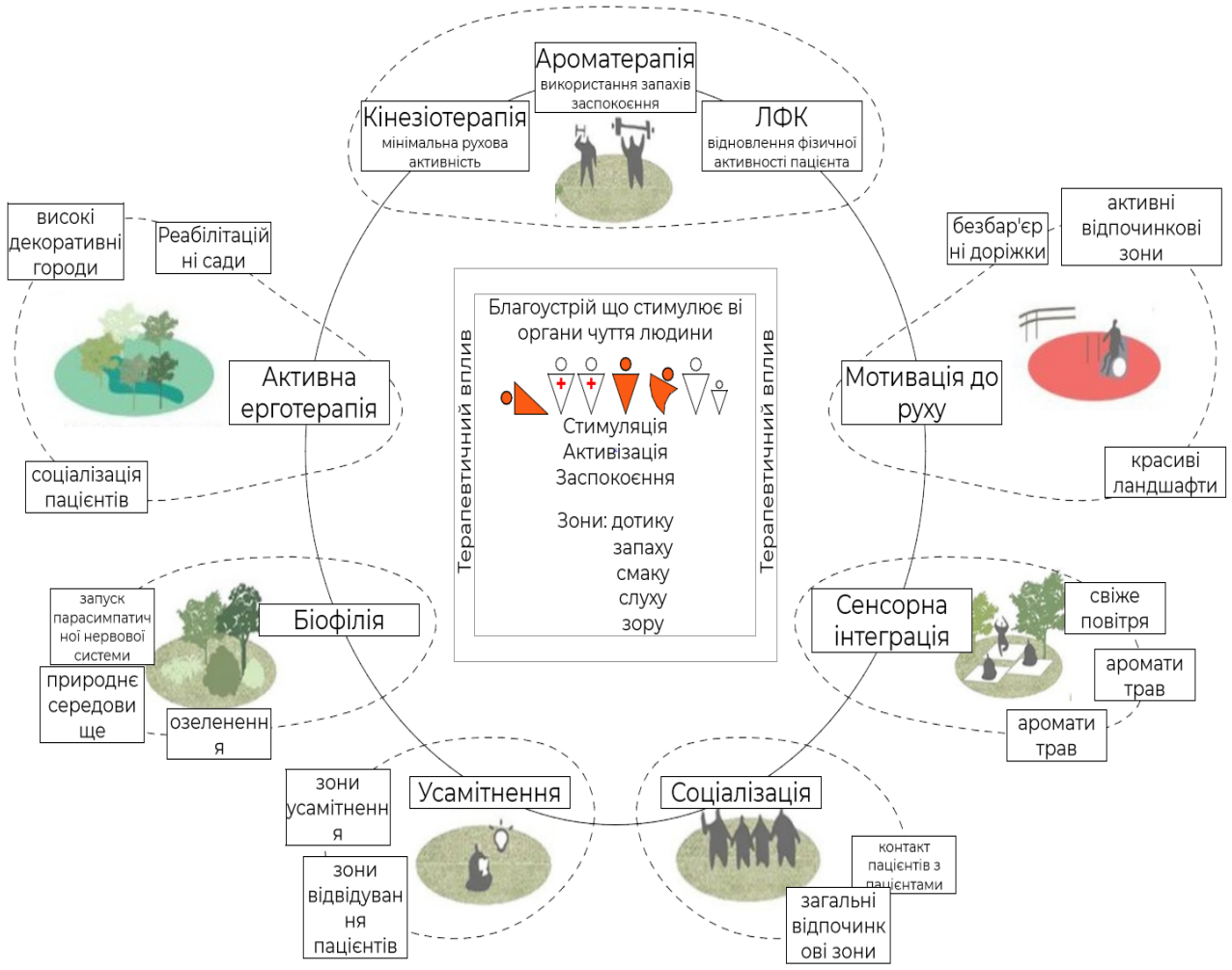


Рис.9. Концептуальна пропозиція реконструкції благоустрою території Національного інституту серцево-судинної хірургії ім. М.М. Амосова за принципами сенсорного саду

Список літератури

1. How the Design of Hospitals Impacts Patient Treatment and Recovery URL.: https://www.bu.edu/articles/2024/impact-of-hospital-design-on-patient-recovery/

2. Як у Львові трансформують поліклініки: на прикладі медзакладу на вулиці Мазепи URL: https://urbisair.com.ua/news/yak-u-lvovi-transformuiut-polikliniky-na-prykladi-medzakladu-na-vulytsi-mazepy/

3. A Case Study on the Revitalization of a Hospital Building : Toward Open Building of Existing Buildings URL.:https://docs.lib.purdue.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=2058&context=cib-conferences

4. Ідеальний сад для "Охматдит". Особливі правила гармонії URL.: https://pragmatika.media/idealnyj-sad-dlja-ohmatdet-osobye-pravila-garmonii/

5. КНП КОР “Київська обласна клінічна лікарня” URL.: https://kokl.org/pro-likarniu/istoriia/

6. Reimagining Construction and Renovation of Health Care Facilities During Emergence from a Pandemic URL.: https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/ PMC8331249/

7. “The Future of Hospital Design: Modern Renovation & Construction Strategies” URL.: https://hospitaldesignhub.com/the-future-of-hospital-design-modern-renovation-construction-strategies/

8. ДБН В.2.2-10:2022. «Заклади охорони здоров’я». Мінрегіонбуд, Київ. 2022.

9. ДБН Б.2.2-12:2019. «Планування та забудова територій (чинний від 01.10.2019) Мінрегіонбуд, Київ 2019. 185 с.

10. Містобудування. Довідник проектувальника / за ред. Т.Ф. Панченко. Укрархбудінформ, Київ. 2001. 192 с.

11. Ладигіна І.В., Дубіна Н.Г. Ландшафтна архітектура в умовах урбанізації: навчальний посібник. ХНУБА, Харків. 2019. 192 с.

12. Сайнюк Л.М. Архітектурна терапія. Івано-Франківськ. 2004. 170 с.

13. Даценко І.І. Габович Р.Д. Профілактична медицина. Загальна гігієна з основами екології. Здоров’я, Київ. 1999. 694 с.

14. Рубцов Л.І. Дерева та кущі в ландшафтній архітектурі. / Перекл. С.В. Волков. Будівельник, Київ. 1965. 119 с.

15. Ландшафтне планування в Україні / за ред. Л.Г.Руденка. Реферат, Київ. 2014. 144 с. Іл.

16. Кузнєцова І.О., Чередниченко Ю.А. Сенсорний дизайн: Визначення засобів створення. Теорія і практика дизайну. Технічна естетика, Київ. Вип. 8. 2015. С.164-169.

17. Сенсорний сад, або актуальна ландшафтна тема сучасного. URL.: http://www.accbud.ua/landscape/style/sensornyj-sad--ili-aktualnaja-landshaftnaja-tema-sovremennosti

18. Ковальська Г.А., Обиночна З.В. Особливості планувальної організації сенсорного саду при реабілітаційних центрах. Зб.н. праць: Досвід та перспективи розвитку міст України. Ландшафтне планування. Київ. Вип. 32-33. 2018. 191 с.

Master's student **Ilnytskyi Vladyslav,** assistant **Korotkova Tatiana,**
Doctor of Architecture, Professor **Yatsenko Viktor,**
Kiev National University of Construction and Architecture

JUSTIFICATION AND DEVELOPMENT OF A FORWARD-LOOKING CONCEPT FOR THE RECONSTRUCTION AND LANDSCAPING OF THE GROUNDS OF THE M.M. AMOSOV NATIONAL INSTITUTE OF CARDIOVASCULAR SURGERY -VASCULAR SURGERY NAMED AFTER M.M. AMOSOV

This article is the result of a study of landscaping practices at a number of foreign and domestic medical institutions, aimed at identifying both negative and positive factors. As a result, a conceptual model for the reconstruction of the grounds of the M.M. Amosov National Institute of Cardiovascular Surgery has been developed, incorporating the basic principles of a sensory garden, which effectively benefits all categories of people in an urban natural environment.

Translated with DeepL.com (free version) The concept is centered on people who, for one reason or another, are at this medical facility, namely: patients at various stages of illness, hospital visitors, support staff, and casual visitors seeking advisory information.

The main sensory factors—sight, hearing, touch, and smell—and nature's corresponding responses to them, which have a positive effect, are analyzed. Examples of natural compositions are provided, along with their intended therapeutic effects. The proposal also suggests viewing natural elements as an aid to medical practice. The work includes additional graphic materials that reveal the essence of the paradigm—patient, doctor, nature, and their professional integration for the sake of public health—using the methods and principles of landscape architecture.

Keywords: landscaping; medical facility; grounds; sensory garden; nature; landscape architecture; model; principles.

REFERENCES

1. How the Design of Hospitals Impacts Patient Treatment and Recovery URL.: https://www.bu.edu/articles/2024/impact-of-hospital-design-on-patient-recovery/ {in Ukrainian}

2. Iak u Lvovi transformuiut polikliniky: na prykladi medzakladu na vulytsi Mazepy URL.: https://urbisair.com.ua/news/yak-u-lvovi-transformuiut-polikliniky-na-prykladi-medzakladu-na-vulytsi-mazepy/ {in Ukrainian}

3. A Case Study on the Revitalization of a Hospital Building: Toward Open Building of Existing Buildings URL.: https://docs.lib.purdue.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=2058&context=cib-conferences {in Ukrainian}

4. Idealnyi sad dlia "Okhmatdyt". Osoblyvi pravyla harmonii URL: https://pragmatika.media/idealnyj-sad-dlja-ohmatdet-osobye-pravila-garmonii/ {in Ukrainian}

5. KNP KOR “Kyivska oblasna klinichna likarnia” URL: https://kokl.org/pro-likarniu/istoriia/ {in Ukrainian}

6. Reimagining Construction and Renovation of Health Care Facilities During Emergence from a Pandemic URL.: https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC8331249/ {in Ukrainian}

7. “The Future of Hospital Design: Modern Renovation & Construction Strategies” URL: https://hospitaldesignhub.com/the-future-of-hospital-design-modern-renovation-construction-strategies/ {in Ukrainian}

8. DBN V.2.2-10:2022. «Zaklady okhorony zdorovia». Minrehionbud, Kyiv. 2022. {in Ukrainian}

9. DBN B.2.2-12:2019. «Planuvannia ta zabudova terytorii (chynnyi vid 01.10.2019) Minrehionbud, Kyiv 2019. 185 s. {in Ukrainian}

10. Mistobuduvannia. Dovidnyk proektuvalnyka / za red. T.F. Panchenko. Ukrarkhbudinform, Kyiv. 2001. 192 s. {in Ukrainian}

11. Ladyhina I.V., Dubina N.H. Landshaftna arkhitektura v umovakh urbanizatsii: navchalnyi posibnyk. KhNUBA, Kharkiv. 2019. 192 s. {in Ukrainian}

12. Sainiuk L.M. Arkhitekturna terapiia. Iv-Frank. 2004. 170 s. {in Ukrainian}

13. Datsenko I.I. Habovych R.D. Profilaktychna medytsyna. Zahalna hihiiena z osnovamy ekolohii. Zdorovia, Kyiv. 1999. 694 s. {in Ukrainian}

14. Rubtsov L.I. Dereva ta kushchi v landshaftnii arkhitekturi. / Perekl. S.V. Volkov. Budivelnyk, Kyiv. 1965. 119 s. {in Ukrainian}

15. Landshaftne planuvannia v Ukraini / za red. L.H.Rudenka. Referat, Kyiv. 2014. 144 s. Il. {in Ukrainian}

16. Kuznietsova I.O., Cherednychenko Yu.A. Sensornyi dyzain: Vyznachennia zasobiv stvorennia. Teoriia i praktyka dyzainu. Tekhnichna estetyka, Kyiv. Vyp. 8. 2015. S.164-169. {in Ukrainian}

17. Sensornyi sad, abo aktualna landshaftna tema suchasnoho. URL.: http://www.accbud.ua/landscape/style/sensornyj-sad--ili-aktualnaja-landshaftnaja-tema-sovremennosti {in Ukrainian}

18. Kovalska H.A., Obynochna Z.V. Osoblyvosti planuvalnoi orhanizatsii sensornoho sadu pry reabilitatsiinykh tsentrakh. Zb.n. prats: Dosvid ta perspektyvy rozvytku mist Ukrainy. Landshaftne planuvannia. Kyiv. Vyp. 32-33. 2018. 191 s.23. {in Ukrainian}

DOI: 10.32347/2076-815x.2026.93.161-174
УДК: 72.01:711.4:316.334.56
д.арх., професор **Косьмій М.М.,**
mykhailo.kosmii@ukd.edu.ua, ORCID: 0000-0003-4823-5573,
ЗВО «Університет Короля Данила», м. Івано-Франківськ

НЕМАТЕРІАЛЬНИЙ ВИМІР ПАРАМЕТРИЧНОЇ АРХІТЕКТУРИ: СОЦІАЛЬНІ СЦЕНАРІЇ, СИМВОЛІКА ТА ІДЕНТИЧНІСТЬ ГРОМАДСЬКИХ ПРОСТОРІВ

Досліджено нематеріальний вимір параметричної архітектури громадських просторів як сукупність соціальних, перцептивних, символічних, меморіальних та ідентифікаційних ефектів архітектурної форми. Обґрунтовано, що параметрична архітектура не повинна розглядатися лише як цифрово згенерована складна геометрія або технологія формотворення, оскільки її архітектурна якість значною мірою визначається здатністю впливати на поведінку користувачів, сценарії перебування, символічне прочитання та відчуття належності до місця. Уточнено зміст поняття «нематеріальний вимір параметричної архітектури» та виокремлено його ключові складові: перцептивну, символічну, меморіальну, сценарну й ідентифікаційну. Запропоновано багаторівневу методологічну модель аналізу, що охоплює морфологічний, поведінковий, перцептивний, символічно-меморіальний і часово-програмний рівні. Визначено критерії оцінки нематеріального впливу параметричних форм: читабельність, сценарна відкритість, символічний резонанс, пам'ять місця, ідентифікаційна місткість і часова стійкість. Доведено необхідність інтеграції соціокультурних параметрів у процес проєктування громадських просторів.

Ключові слова: параметрична архітектура; громадський простір; нематеріальний вимір; соціальні сценарії; символіка; ідентичність місця; пам'ять міста; параметричне проєктування.

Вступ. Громадський простір у сучасній архітектурній, урбаністичній та гуманітарній думці дедалі частіше розглядається не як нейтральна фізична площина для пересування, відпочинку чи проведення подій, а як складна соціально вироблена, культурно навантажена й символічно інтерпретована структура. Його значення не вичерпується геометричними параметрами, функціональним зонуванням, транспортною доступністю або естетичними характеристиками. Громадський простір є місцем, у якому матеріальна організація середовища поєднується з повсякденними практиками, соціальними взаємодіями, колективними уявленнями, пам'яттю та ідентичністю міської

спільноти. Саме тому архітектурна форма в громадському просторі не може розглядатися лише як об’єкт візуального сприйняття чи композиційного аналізу. Вона виступає активним чинником формування поведінки, соціальних сценаріїв, способів комунікації та символічного прочитання міського середовища.

У межах концепції Г.Лефебре простір постає не як пасивна даність, а як результат суспільного виробництва. Він одночасно практикується, уявляється і переживається, тобто існує на рівні матеріальних дій, проєктних уявлень і повсякденного досвіду користувачів. Такий підхід є особливо важливим для аналізу архітектури громадських просторів, оскільки він дозволяє побачити за формою не лише її фізичну конфігурацію, а й систему соціальних відносин, які вона підтримує або обмежує. Архітектурна форма у цьому сенсі не просто “оформлює” міське життя, а бере участь у його організації. Вона може стимулювати зустрічі, затримувати людину в просторі, формувати відчуття відкритості або, навпаки, створювати бар’єри, фрагментувати середовище й посилювати соціальну дистанцію [6].

Важливим для розуміння нематеріального виміру архітектури є також підхід К. Лінча, який довів, що місто сприймається людиною не лише через фізичні об’єкти, а через їхню здатність формувати образність, читабельність і ментальні карти [7]. Міське середовище стає зрозумілим тоді, коли користувач може орієнтуватися в ньому, розпізнавати його ключові елементи, пов’язувати їх із власним досвідом і колективними уявленнями. Отже, архітектура громадського простору повинна бути не тільки функціонально придатною, а й семантично зрозумілою. А. Россі, в свою чергу, посилив цю лінію, пов’язавши архітектуру міста з колективною пам’яттю, історичною тяглістю та міськими артефактами, які зберігають значення навіть тоді, коли змінюються їхні функції. Це дає підстави стверджувати, що громадський простір має не лише утилітарну, а й пам’яттєву, символічну та ідентифікаційну функцію [2; 9].

У цьому теоретичному полі параметрична архітектура потребує особливого осмислення. У науковому й професійному дискурсі вона часто розглядається насамперед як результат застосування цифрових інструментів, алгоритмічного моделювання, складної геометрії, нелінійних форм і технологічно інноваційних конструктивних рішень. Такий підхід є важливим, однак недостатнім. Якщо параметрична архітектура аналізується лише як технологія формотворення, поза увагою залишаються її соціальні, перцептивні, символічні та культурні наслідки. Водночас саме ці наслідки визначають, чи стає параметрична форма повноцінним елементом громадського простору, чи залишається лише візуально ефектним об’єктом, відокремленим від повсякденного життя міста.

Особливість параметричної архітектури полягає в тому, що вона потенційно здатна працювати не з однією сталою формою, а з системою змінних. Такими змінними можуть бути не лише геометрія, конструкція, інсоляція, кліматичні параметри, матеріальні властивості чи потоки руху, а й соціальні сценарії, моделі перебування, рівні доступності, інтенсивність взаємодії, символічні коди та локальні культурні референси. Саме в цьому полягає її принципова відмінність від традиційного розуміння архітектурної форми як завершеного об'єкта. Параметрична форма може бути результатом взаємодії багатьох чинників, а отже, здатна відображати складність сучасного громадського простору. Проте ця можливість не реалізується автоматично. Якщо соціальні та культурні параметри не включені в проєктну логіку, параметрична архітектура ризикує перетворитися на самодостатню естетичну вправу, у якій складність форми не переходить у складність соціального змісту.

Нематеріальний вимір параметричної архітектури особливо важливий у громадських просторах, оскільки саме тут архітектура вступає у прямий контакт із багатоголоссям користувачів. На відміну від приватної чи спеціалізованої архітектури, громадський простір повинен одночасно відповідати потребам різних груп (діти, молодь, літні люди, туристи, мешканці району, люди з інвалідністю, випадкові перехожі, учасники подій). Кожна з цих груп використовує простір по-своєму, наділяє його різними значеннями й очікує від нього різних форм доступності, безпеки, комфорту та символічної відкритості. Тому архітектурна якість громадського простору визначається не лише його зовнішньою виразністю, а й здатністю підтримувати множинність сценаріїв.

Дослідження В. Вайта показали, що успішність громадського простору значною мірою залежить від дрібних, але принципових умов: можливості сісти, зупинитися, спостерігати, зустрітися, перебувати поруч з іншими без примусу до прямої взаємодії [13]. Це означає, що соціальна якість простору формується не тільки через великі композиційні рішення, а й через мікросценарії повсякденного користування. Розвинув цю думку Я. Гель, наголошуючи на людському масштабі, пішохідній доступності, ритмі фасадів, тривалості перебування та якості "життя між будівлями" [4].

Саме тому проблема дослідження полягає у необхідності змістити акцент від параметричної архітектури як технологічно згенерованої форми до параметричної архітектури як носія нематеріальних соціокультурних ефектів. Йдеться про здатність архітектурної форми впливати на сприйняття, поведінку, маршрути руху, тривалість перебування, соціальні контакти, символічні асоціації, відчуття належності та локальну ідентичність. У цьому аспекті параметрична архітектура має аналізуватися не лише в категоріях "форма",

“алгоритм”, “структура”, “матеріал”, а й у категоріях “досвід”, “пам’ять”, “сценарій”, “символ”, “ідентичність” і “привласнення простору”.

Метою статті є теоретичне обґрунтування нематеріального виміру параметричної архітектури громадських просторів та визначення критеріїв, за якими параметричні форми впливають на соціальні сценарії, символічне прочитання, колективну пам'ять і формування ідентичності місця.

Відповідно до мети у дослідженні вирішуються такі дослідницькі завдання:

- уточнити зміст поняття "нематеріальний вимір параметричної архітектури";
- систематизувати теоретичні підходи до аналізу взаємозв'язку архітектурної форми, поведінки користувачів і символіки місця;
- запропонувати багаторівневу методологічну модель оцінювання соціокультурного впливу параметричних громадських просторів;
- сформулювати практичні рекомендації щодо інтеграції соціальних, культурних і меморіальних параметрів у проєктування.

Аналіз останніх досліджень. Сучасне осмислення громадського простору дедалі більше зміщується від суто формально-композиційного аналізу до вивчення соціальних практик, поведінкових сценаріїв, перцептивного досвіду та символічного значення архітектурного середовища. У працях з урбаністики, теорії міського простору та архітектурної соціології простір розглядається як результат взаємодії матеріальної форми, повсякденного користування, колективної пам’яті, ментального образу міста та соціальної комунікації [10-12]. Дослідження параметричної архітектури, своєю чергою, демонструють перехід від розуміння параметризму лише як цифрової технології або стилістики складної геометрії до ширшого трактування його як методології роботи з варіативністю, взаємозалежністю, матеріальністю, конструктивною логікою та середовищними чинниками [5]. Окремий напрям сучасних публікацій пов’язаний із цифровим виробництвом, роботизованою фабрикацією, циркулярним дизайном, штучним інтелектом і сталими матеріалами, що розширює параметричне проєктування за межі форми до рівня процесу, даних і життєвого циклу архітектурного об’єкта [2; 8]. Водночас у науковій літературі ще недостатньо систематизовано саме нематеріальний вимір параметричної архітектури, зокрема її здатність формувати соціальні сценарії, символічні асоціації, локальну ідентичність і відчуття належності до громадського простору.

Виклад основного матеріалу. У теорії параметричної архітектури важливо розрізняти параметричне проєктування і параметризм. Параметричне проєктування є ширшим методом формотворення, у межах якого архітектурна

форма задається не як фіксована композиція, а як система взаємопов'язаних параметрів. Зміна одного параметра може впливати на всю структуру об'єкта, змінюючи його геометрію, конструктивну логіку, просторову організацію або функціональні характеристики. У цьому сенсі параметричне проєктування є не лише інструментом створення складних форм, а способом мислення про архітектуру як про динамічну систему взаємозалежностей.

Параметризм, натомість, пов'язаний передусім із теоретичною позицією П. Шумахера, який у 2008-2009 роках сформулював його як новий глобальний стиль архітектури та урбанізму [10-12]. У цьому підході ключовими принципами є варіативність, диференціація, кореляція, градієнтність, взаємна адаптивність елементів і відмова від жорсткої серійності. Параметризм претендує на створення складних, плавних і взаємопов'язаних просторових систем, які відповідають складності сучасного суспільства. Однак критичне осмислення параметризму показує, що його не можна зводити лише до стилістики криволінійних форм або візуальної ефектності. Якщо параметризм претендує на роль архітектурної мови сучасності, він має відповідати не лише технологічним, а й соціокультурним викликам.

Історичні витоки параметричного мислення є значно ширшими за маніфестарну теорію П. Шумахера. Їх можна простежити в аналогових експериментах А. Гауді, який використовував фізичні моделі для пошуку конструктивно обґрунтованих форм; у формо-пошукових дослідженнях Ф.Отто, де архітектурна форма виникала з логіки матеріалу, натягу, сили й мінімальної поверхні; у концепції "анімації форми" Дж.Ліна, яка пов'язувала архітектурну форму з рухом, зміною та динамічними силами; у матеріально-інформованих підходах Н. Оксмана, де форма, матеріал, біологічні процеси та цифрове виробництво розглядаються як взаємопов'язані компоненти єдиної системи [1, p. 32]. Отже, параметрична архітектура не виникла раптово як продукт комп'ютерної доби, а стала результатом тривалої еволюції уявлень про форму як про похідну від сили, процесу, інформації, матеріалу й середовища.

У цьому контексті важливими є праці А. Пікона [8], який зміщує дискусію від питання про те, які нові форми дозволяє створити комп'ютер, до питання про те, як цифрова культура змінює саме поняття архітектурного задуму, авторства, повторюваності, варіативності та відмінності. Цифрова архітектура не лише розширює технічні можливості проєктування, а й змінює спосіб мислення про архітектурний об'єкт. Він перестає бути одиничною завершеною формою і дедалі більше розуміється як результат роботи алгоритму, набору даних, системи залежностей і процесу адаптації. Саме тому параметрична архітектура має потенціал для інтеграції нематеріальних чинників, якщо вони будуть усвідомлено включені до проєктної моделі.

Нематеріальний вимір параметричної архітектури можна визначити як сукупність неструктурних, але просторово зумовлених ефектів, що формують соціальне, культурне, символічне та ідентифікаційне значення громадського простору. До цього виміру належать щонайменше п’ять складових: перцептивна, символічна, меморіальна, сценарна та ідентифікаційна.

Перцептивна складова пов’язана з тим, як користувач сприймає простір тілесно, візуально, сенсорно й емоційно. Параметрична форма може створювати складні візуальні ефекти, гру світла і тіні, зміну масштабу, ритмічні переходи, відчуття руху або занурення. Проте ці ефекти мають архітектурну цінність лише тоді, коли вони не руйнують базову читабельність простору і не перетворюють його на хаотичне середовище. Складність повинна бути організованою, а не випадковою; вона має допомагати користувачеві переживати простір, а не втрачати в ньому орієнтацію.

Символічна складова стосується здатності параметричної форми втілювати культурні коди, метафори, образи місця або інституції. У громадських просторах параметрична архітектура часто претендує на роль міського символу або нового орієнтиру. Однак символічність не виникає лише через масштаб, незвичність або медійність форми. Вона потребує зв’язку з локальним контекстом, історією, природним середовищем, культурними мотивами або колективними уявленнями. Форма може бути складною, але залишатися символічно порожньою, якщо вона не має зрозумілого зв’язку з місцем.

Меморіальна складова пов’язана зі здатністю архітектури працювати з пам’яттю. Громадський простір майже завжди існує в історично нашарованому міському середовищі. Навіть новий об’єкт входить у вже наявну систему асоціацій, маршрутів, спогадів і конфліктів. Параметрична архітектура може або підтримувати цю пам’яттєву тяглість, або витісняти її через надмірно автономний образ. Тому важливо, щоб параметрична форма не лише демонструвала сучасність, а й уміла вступати в діалог із попередніми шарами міста.

Сценарна складова відображає те, які моделі поведінки підтримує простір. Громадський простір є успішним тоді, коли він допускає не один запрограмований спосіб використання, а множинність сценаріїв: транзит, зупинку, очікування, спілкування, гру, подію, споглядання, індивідуальне перебування і групову активність. Параметрична архітектура має особливий потенціал для створення таких полісценарних середовищ, оскільки її форма може бути гнучкою, градієнтною, пористою, багаторівневою. Проте для цього сценарії мають бути враховані на етапі проєктування, а не додані постфактум.

Ідентифікаційна складова означає здатність простору бути прийнятим спільнотою як “свій”. Це не обов’язково означає стилістичне наслідування історичної архітектури або пряме використання традиційних мотивів. Ідентичність може формуватися через нову інтерпретацію локального ландшафту, матеріальності, ритму міста, історичної пам’яті, соціальних практик або символів. Важливо, щоб параметрична форма не виглядала як універсальний глобальний об’єкт, який міг би бути однаково розміщений у будь-якому місті без втрати змісту. Її цінність зростає тоді, коли вона виявляє специфіку конкретного місця.

Для дослідження нематеріального виміру параметричної архітектури громадських просторів доцільно застосовувати комбіновану методологію, що поєднує архітектурний аналіз, урбаністичне спостереження, психологію середовища та культурну інтерпретацію. Такий підхід зумовлений складністю самого предмета дослідження. Нематеріальний вимір не можна повністю виміряти традиційними архітектурними засобами, такими як аналіз плану, фасаду, розрізу чи конструктивної схеми. Водночас його не можна редукувати лише до соціологічного опитування або суб’єктивних вражень користувачів. Необхідна багаторівнева модель, яка дозволяє поєднати аналіз форми, поведінки, сприйняття, символіки та часу.

Першим рівнем такої моделі є морфологічний аналіз. Він передбачає вивчення просторової структури параметричного об’єкта: безперервності або фрагментарності форми, пористості меж, градації переходів, топології маршрутів, доступності входів, характеру зв’язку між будівлею і містом. Морфологічний аналіз дає змогу з’ясувати, чи є параметрична форма відкритою до міського середовища, чи вона функціонує як автономний об’єкт. Для громадського простору це принципово, оскільки навіть найвиразніша форма може мати низьку соціальну ефективність, якщо вона погано пов’язана з пішохідними потоками, сусідніми функціями та повсякденними маршрутами.

Другим рівнем є поведінкове картування. Воно дає змогу перевірити, як простір реально використовується після реалізації. Важливо аналізувати не лише кількість відвідувачів, а й тривалість перебування, частоту зупинок, місця групування, характер активностей, співіснування різних вікових і соціальних груп, використання простору в різний час доби та в різні сезони. Саме поведінкове картування дозволяє відрізнити простір, який лише приваблює погляд, від простору, який справді підтримує міське життя. У цьому сенсі параметрична архітектура повинна проходити перевірку не тільки через професійну критику, а й через повсякденну практику користування.

Третім рівнем є перцептивно-семантичне дослідження. Воно спрямоване на вивчення того, як користувачі сприймають простір: чи є він зрозумілим,

комфортним, безпечним, інклюзивним, емоційно привабливим, символічно значущим. Тут доцільно застосовувати анкетування, інтерв'ю, семантичний диференціал, photo-elicitation, ментальні карти. Для параметричної архітектури це особливо важливо, оскільки її складність може породжувати як захоплення, так і відчуження. Один і той самий об'єкт може сприйматися професійною спільнотою як інноваційний, а частиною користувачів – як незрозумілий, холодний або непривітний.

Четвертим рівнем є символічно-меморіальний аналіз. Він передбачає дослідження того, які культурні коди, метафори, історичні референси та міські наративи закладені в архітектурну форму і як вони прочитуються користувачами. Важливо відрізняти задекларовану символіку від реально сприйнятої. Проєкт може містити авторське пояснення, пов'язане з історією місця, природним мотивом або культурною метафорою, але це не гарантує, що користувачі справді прочитують його саме так. Тому символічно-меморіальний аналіз має поєднувати дослідження авторських і офіційних наративів із вивченням користувацьких інтерпретацій.

П'ятим рівнем є часово-програмний аналіз. Громадський простір не є статичним: його значення змінюється протягом дня, тижня, сезону, року. Простір, який активно працює лише під час фестивалю або туристичного піку, не обов'язково є повноцінно інтегрованим у міське життя. Тому важливо аналізувати баланс між повсякденним, подієвим і символічним використанням. Параметрична архітектура часто створює сильний подієвий або медійний ефект, однак її довготривала цінність залежить від здатності підтримувати повторюване повсякденне використання.

Таким чином, між параметричною формою та ідентичністю місця не існує прямого механічного зв'язку. Ідентичність не виникає автоматично через складну геометрію, масштаб або новизну. Вона формується через посередництво сприйняття, пам'яті, символіки, сценаріїв користування і повторюваного досвіду перебування. Саме тому аналіз параметричної архітектури як суто морфологічного феномена є методологічно недостатнім. Необхідно досліджувати не лише те, як форма створена, а й те, як вона живе в місті.

Далі варто говорити про критерії оцінки нематеріального впливу параметричних форм, для чого доцільно виокремити кілька ключових критеріїв. Першим є читабельність. Складна параметрична форма не повинна руйнувати здатність користувача орієнтуватися в просторі. Навпаки, вона має допомагати вибудовувати зрозумілу просторову логіку й чітко вказувати де вхід, де основний маршрут, де місце зупинки, де зона події, де простір спокійного

перебування. Якщо форма є надто складною, але не підтримує орієнтацію, вона може створювати відчуття дезорієнтації та відчуження.

Другим критерієм є сценарна відкритість. Громадський простір повинен допускати множинність способів використання. Параметрична архітектура має цінність тоді, коли її форма не нав'язує один жорсткий сценарій, а створює умови для різних моделей поведінки. Це можуть бути швидкий транзит, коротка зупинка, очікування, неформальна зустріч, споглядання, гра, подія, індивідуальне перебування або колективна активність. Чим більше таких сценаріїв підтримує простір, тим вищою є його соціальна стійкість.

Третім критерієм є символічний резонанс. Параметрична форма повинна мати культурну пояснюваність. Це не означає, що вона має бути буквальною або ілюстративною. Навпаки, сучасна архітектура може працювати з абстрактними метафорами, складними асоціаціями, природними структурами, історичними нашаруваннями або цифровими образами. Проте ці метафори мають бути пов'язані з місцем, а не бути довільною стилістичною вправою. Символічний резонанс виникає тоді, коли форма здатна породжувати впізнавані й змістовні асоціації.

Четвертим критерієм є пам'ять місця. Простір повинен мати здатність закріплюватися в індивідуальній і колективній пам'яті. Це може відбуватися через зв'язок з історією місця, через створення нового міського образу, через повторюване використання або через події, які відбуваються в цьому просторі. Параметрична архітектура, завдяки своїй виразності, часто має потенціал стати пам'яттєвим маркером. Але для цього вона повинна бути не лише помітною, а й змістовно вкоріненою.

П'ятим критерієм є ідентифікаційна місткість. Йдеться про здатність простору бути прийнятим різними групами користувачів. Громадський простір не може бути "своїм" лише для туристів, професійної спільноти або офіційних репрезентацій. Він має бути відкритим для повсякденного міського користувача. Ідентифікаційна місткість означає, що люди можуть вписати простір у власні маршрути, спогади, зустрічі, практики й уявлення про місто.

Шостим критерієм є часова стійкість. Простір повинен працювати не лише в момент відкриття, не лише на фотографіях і не лише під час великих подій. Його справжня якість виявляється через рік, три роки, п'ять років після реалізації. Якщо простір продовжує використовуватися, якщо він набуває нових сценаріїв, якщо мешканці включають його у своє повсякденне життя, тоді можна говорити про його нематеріальну успішність.

Для практики архітектурного проєктування з наведеного підходу випливає принципова вимога: параметричний громадський простір слід починати не з автономного образу, а з аналізу місця. Такий аналіз має включати

історичні шари, типові маршрути, локальні сценарії перебування, сезонні ритми, сусідні функції, соціальний склад користувачів, конфліктні точки, потенційні зони активності та тиші. Лише після цього ці дані можуть бути трансформовані у систему проєктних параметрів [3, p. 132].

У такому підході параметри не обмежуються геометрією. Вони охоплюють також соціальні та культурні змінні: де потрібна відкритість, де необхідний захист; де доцільно створити інтенсивний громадський вузол, а де – простір спокійного перебування; які маршрути треба підсилити, а які конфлікти пом'якшити; які образи місця варто актуалізувати, а які не слід механічно відтворювати. Саме тоді параметрична архітектура перестає бути лише технологічною демонстрацією і стає способом осмисленого формування громадського простору.

Важливою рекомендацією є забезпечення полісценарності. Успішний параметричний громадський простір має працювати щонайменше у трьох режимах: повсякденному, подієвому та символічному. Повсякденний режим забезпечує регулярне використання простору мешканцями. Подієвий режим дозволяє проводити заходи, зустрічі, виставки, міські акції. Символічний режим формує образ місця, його медійну впізнаваність і культурне значення. Якщо простір ефективний лише в одному з цих режимів, його нематеріальна цінність залишається неповною [5, p. 84].

Не менш важливою є післяпроєктна оцінка. Для громадських просторів із параметричною морфологією доцільно проводити post-occupancy аудит через 1-3 роки після відкриття. Такий аудит має включати картування перебування, аналіз потоків, опитування користувачів, дослідження сценаріїв використання, вивчення символічної інтерпретації та оцінку рівня локального прийняття. Без такої перевірки складно зрозуміти, чи справді простір працює як громадський, чи він залишається переважно об'єктом візуального споживання.

Окремо слід наголосити на необхідності культурної критики в процесі параметричного проєктування. Чим сильнішою є репрезентаційна потужність архітектурної форми, тим важливіше ставити питання про її соціального адресата.

Висновки. Параметрична архітектура громадських просторів має розглядатися не лише як цифрово опосередковане формотворення, а як складний інструмент організації соціальних сценаріїв, перцептивного досвіду, символічних значень, пам'яттєвих зв'язків та ідентифікаційних практик. Її нематеріальний вимір є не другорядним культурним ефектом, а важливим критерієм архітектурної якості. Простір стає громадським не лише тому, що він фізично відкритий, а тому, що він допускає співприсутність, комунікацію, привласнення, повторюване користування та символічне впізнавання.

Параметрична форма може бути каталізатором нової міської інтенсивності, якщо вона пов’язана з реальними маршрутами, поведінковими сценаріями, локальними наративами та культурною пам’яттю. Водночас за відсутності соціокультурного обґрунтування вона може залишитися лише візуально ефектною оболонкою, що не створює глибокого зв’язку з користувачами і місцем. Саме тому параметрична архітектура потребує не тільки технологічної, а й гуманітарної, урбаністичної та культурної оцінки.

Подальші дослідження доцільно спрямувати на розроблення емпіричних шкал оцінки нематеріального впливу параметричних громадських просторів, поєднання класичних методів урбаністичного спостереження з цифровими інструментами post-occupancy аналітики, а також на вивчення співвідношення між параметричною морфологією і локальною культурною стійкістю в містах різних типів. Саме в цьому напрямі можна перейти від декларативного розуміння параметризму до науково верифікованої теорії його соціокультурної дієвості.

Подальший напрямок дослідження. Перспективи подальших досліджень полягають у поглибленому аналізі історичних передумов параметричного мислення в архітектурі, зокрема через зіставлення формотворчих експериментів із сучасними цифровими методами параметричного проєктування. Окремого вивчення потребує питання трансформації аналогових принципів формоутворення, заснованих на гравітації, натягу, матеріальній поведінці та природних структурах, у сучасні алгоритмічні моделі архітектурного проєктування.

Бібліографічний список

1. Burry M. Antoni Gaudí and Frei Otto: Essential Precursors to the Parametricism Manifesto. *Architectural Design*. 2016. Vol. 86, No. 2. P. 30–35. DOI: 10.1002/ad.2021.

2. Eversmann P., Rossi A. Towards Construction 4.0: Computational Circular Design and Additive Manufacturing for Architecture Through Robotic Fabrication with Sustainable Materials and Open-Source Tools. *Architecture and Design for Industry 4.0 : Theory and Practice* / ed. by M. Barberio, M. Colella, A. Figliola, A. Battisti. Cham : Springer, 2023. P. 291–314. DOI: 10.1007/978-3-031-36922-3_17.

3. Fuchs C. Henri Lefebvre’s Theory of the Production of Space and the Critical Theory of Communication. *Communication Theory*. 2019. Vol. 29, No. 2. P. 129–150. DOI: 10.1093/ct/qty025.

4. Gehl J. *Cities for People*. Washington, DC : Island Press, 2010. 288 p.

5. Hwang J.-T. Territorialized Urban Mega-Projects beyond Global Convergence: The Case of Dongdaemun Design Plaza & Park Project, Seoul. *Cities*. 2014. Vol. 40. P. 82–89. DOI: 10.1016/j.cities.2014.03.007.

6. Lefebvre H. *The Production of Space* / transl. by D. Nicholson-Smith. Oxford ; Cambridge, Mass. : Blackwell, 1991. 454 p.

7. Lynch K. *The Image of the City*. Cambridge, Mass. : The MIT Press, 1960. VII, 194 p.

8. Picon A. Artificial Intelligence and Architectural Intention. *Technology|Architecture + Design*. 2025. Vol. 9, No. 1. P. 6–9. DOI: 10.1080/24751448.2025.2465063. URL: https://www.academia.edu/130349409/Artificial_Intelligence_and_Architectural_Intention

9. Rossi A., Tessmann O. Designing with Digital Materials: A Computational Framework for Discrete Assembly Design. *CAADRIA 2017: Protocols, Flows and Glitches : Proceedings of the 22nd International Conference of the Association for Computer-Aided Architectural Design Research in Asia*. Suzhou, China, 2017. URL: https://www.researchgate.net/publication/358906176_Designing_with_Digital_Materials_a_Computational_Framework_for_Discrete_Assembly_Design

10. Schumacher P. Design Research within the Parametric Paradigm. *RIBA Journal*. 2008. September. URL: https://patrikschumacher.com/design-research-within-the-parametric-paradigm/

11. Schumacher P. Parametricism: A New Global Style for Architecture and Urban Design. *Architectural Design*. 2009. Vol. 79, No. 4. P. 14–23. DOI: 10.1002/ad.912. URL: https://patrikschumacher.com/parametricism-a-new-global-style-for-architecture-and-urban-design/

12. Schumacher P. Parametricism: The Parametric Paradigm and the Formation of a New Style. *The Autopoiesis of Architecture. Vol. 2: A New Agenda for Architecture*. Chichester : Wiley, 2012. P. 617–660.

13. Whyte W.H. *The Social Life of Small Urban Spaces*. Washington, DC : The Conservation Foundation, 1980. 125 p.

Doctor of Architecture, Professor **Kosmii Mykhailo,**
University of King Danylo, Ivano-Frankivsk

THE INTANGIBLE DIMENSION OF PARAMETRIC ARCHITECTURE: SOCIAL SCENARIOS, SYMBOLISM AND IDENTITY OF PUBLIC SPACES

The article examines the intangible dimension of parametric architecture in public spaces as a complex set of social, perceptual, symbolic, memorial, and identity-forming effects produced by architectural form. The study argues that parametric architecture should not be interpreted solely as digitally generated complex geometry, algorithmic design, or a technological method of form-making. Its architectural value is also determined by its capacity to shape human behavior, patterns of movement and stay, social interaction, symbolic interpretation, collective memory, and the user’s sense of belonging to a particular place.

The article clarifies the concept of the “intangible dimension of parametric architecture” and defines its key components: perceptual, symbolic, memorial, scenario-based, and identity-related. The perceptual component concerns the sensory and emotional experience of space, including legibility, orientation, comfort, and visual complexity. The symbolic component refers to the ability of parametric form to embody cultural codes, metaphors, local narratives, and institutional meanings. The memorial component addresses the relationship between new architectural forms and the historical layers of the city. The scenario-based component focuses on the multiplicity of possible uses, including movement, pause, encounter, communication, event, play, and contemplation. The identity-related component reflects the capacity of a public space to be accepted by different user groups as meaningful and locally rooted.

A multi-level methodological model is proposed for assessing the socio-cultural impact of parametric public spaces. It includes morphological, behavioral, perceptual, symbolic-memorial, and temporal-programmatic levels of analysis. The article also identifies key criteria for evaluating the intangible impact of parametric forms: legibility, scenario openness, symbolic resonance, memory of place, identity capacity, and temporal sustainability. The research emphasizes that there is no direct mechanical link between complex parametric geometry and the formation of place identity. Such identity emerges through repeated use, perception, memory, symbolic interpretation, and everyday urban practices. The article concludes that socio-cultural parameters should be integrated into the design process from the earliest stages, so that parametric architecture becomes not only a technological demonstration, but also a meaningful instrument for shaping inclusive, recognizable, and socially active public spaces.

Keywords: parametric architecture; public space; intangible dimension; social scenarios; symbolism; place identity; urban memory; parametric design.

REFERENCES

1. Burry, M. (2016). Antoni Gaudí and Frei Otto: Essential precursors to the parametricism manifesto. *Architectural Design, 86*(2), 30–35. https://doi.org/10.1002/ad.2021

2. Eversmann, P., & Rossi, A. (2023). Towards Construction 4.0: Computational circular design and additive manufacturing for architecture through robotic fabrication with sustainable materials and open-source tools. In M. Barberio, M. Colella, A. Figliola, & A. Battisti (Eds.), *Architecture and design for Industry 4.0: Theory and practice* (pp. 291–314). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-031-36922-3_17

3. Fuchs, C. (2019). Henri Lefebvre's theory of the production of space and the critical theory of communication. *Communication Theory, 29*(2), 129–150. https://doi.org/10.1093/ct/qty025

4. Gehl, J. (2010). *Cities for people*. Island Press.

5. Hwang, J.-T. (2014). Territorialized urban mega-projects beyond global convergence: The case of Dongdaemun Design Plaza & Park Project, Seoul. *Cities, 40*, 82–89. https://doi.org/10.1016/j.cities.2014.03.007

6. Lefebvre, H. (1991). *The production of space* (D. Nicholson-Smith, Trans.). Blackwell.

7. Lynch, K. (1960). *The image of the city*. The MIT Press.

8. Picon, A. (2025). Artificial intelligence and architectural intention. *Technology|Architecture + Design, 9*(1), 6–9. https://doi.org/10.1080/24751448.2025.2465063

9. Rossi, A., & Tessmann, O. (2017). Designing with digital materials: A computational framework for discrete assembly design. In *CAADRIA 2017: Protocols, flows and glitches: Proceedings of the 22nd International Conference of the Association for Computer-Aided Architectural Design Research in Asia*. https://www.researchgate.net/publication/358906176_Designing_with_Digital_Materials_a_Computational_Framework_for_Discrete_Assembly_Design

10. Schumacher, P. (2008, September). Design research within the parametric paradigm. *RIBA Journal*. https://patrikschumacher.com/design-research-within-the-parametric-paradigm/

11. Schumacher, P. (2009). Parametricism: A new global style for architecture and urban design. *Architectural Design, 79*(4), 14–23. https://doi.org/10.1002/ad.912

12. Schumacher, P. (2012). Parametricism: The parametric paradigm and the formation of a new style. In *The autopoiesis of architecture: Vol. 2. A new agenda for architecture* (pp. 617–660). Wiley.

13. Whyte, W.H. (1980). *The social life of small urban spaces*. The Conservation Foundation.

DOI: 10.32347/2076-815x.2026.93.175-204
УДК: 719:711.4

Куліков О.П.,
elskrinka@ukr.net, ORCID: 0000-0002-9856-4431,
Київський національний університет будівництва і архітектури

ЕВОЛЮЦІЯ МІЖНАРОДНИХ ПІДХОДІВ ДО ПИТАНЬ ЗБЕРЕЖЕННЯ ІСТОРИЧНОГО СЕРЕДОВИЩА МІСТ

Розглядається еволюція підходів до збереження історичного середовища міста на основі вивчення ряду ключових міжнародних документів у сфері охорони культурної спадщини, досліджуються основні періоди формування міжнародних принципів збереження пам'яток архітектури, історичних ансамблів та визначних місць, простежується процес формування та наповнення термінологічного апарату, пов'язаного зі збереженням культурного надбання людства.

Ухвалення у 2011 році Рекомендацій ЮНЕСКО про історичні міські ландшафти в черговий раз розширило межі охорони історичних архітектурних та містобудівних об'єктів, розповсюдивши дію вимог щодо охорони та збереження культурної спадщини міст та селищ не лише на традиційні об'єкти, до яких вже звично відносяться пам'ятки архітектури, ансамблі, історична забудова, планувально-просторова структура, ландшафти, але й на такі нові матеріальні та нематеріальні складові культурної спадщини як гідрологія, інженерні мережі, соціально-культурна роль історичного місця, локальні традиції та практики.

Розуміння базових теоретичних та практичних підходів щодо охорони історичного середовища, які сформульовані у міжнародних нормативних документах та рекомендаціях, дозволить у подальшому уніфікувати та вдосконалювати підходи до збереження історичних міст України, їх архітектури на засадах сталого розвитку, у т.ч. вирішувати завдання щодо урахування потреб збереження автентичності та незмінності історичних пам'яток та історичних міст, та поєднувати їх з потребами щодо постійного розвитку та осучаснення міських просторів.

Ключові слова: історичне середовище; культурна спадщина; просторовий розвиток; історичний міський ландшафт; історична забудова; ЮНЕСКО

Постановка проблеми

Пам'ятки архітектури та містобудування, які складають основу культурної спадщини людства, постійно знаходяться в умовах, що загрожують збереженню їх цілісності, автентичності чи фізичному існуванню. Сучасні темпи

промислового розвитку економіки, прискорена урбанізація та зростаюча концентрація населення міст, зумовлюють необхідність адаптації історичних об'єктів та ландшафтів до вимог багатолюдності, дефіциту міських територій, динамічного розвитку технологій, що залишає свій слід на історичній архітектурі та її оточенні. Окрім, еволюційних чинників, що впливають на зміну історичного середовища міст, загрозу його збереженню несуть і геополітичні амбіції автократичних країн. Конкуруючи за глобальні та регіональні впливи, автократичні політичні режими провокують чисельні збройні конфлікти та війни, фатальними наслідками яких стають втрати людських життів, руйнування міст і сіл, знищення інфраструктури та виснаження економік (показовими прикладами є І та ІІ світові війни, японсько-китайська війна, громадянська війна в Іраку, Балканські війни тощо). Деструктивна проекція війн лягає на історичну і культурну спадщину міст, їх наслідки матеріалізуються у знищенні унікальних пам'яток, руйнуванні історичної забудови, міських просторів та ландшафтів.

Починаючи з кінця XIX ст. держави світу незалежно одна від одної, а пізніше і міжнародна спільнота разом, намагалися поступово врахувати існуючі загрози культурній спадщині та розробити механізми забезпечення збереження пам'яток. З метою аналізу підходів, які пропонувалися та використовувалися міжнародною спільнотою для збереження пам'яті багатьох поколінь архітекторів, інженерів, містобудівників, в статті вивчаються з використанням методів історичного аналізу та порівняння основні підходи та принципи охорони культурної спадщини, які декларувалися в найбільш відомих та знакових міжнародних документах.

Основна частина

В Україні проблемами збереження історичного середовища міст, у т. ч. питаннями збереження історичної архітектури, урбаністичними впливами зростаючих міських поселень на культурну спадщину, наслідками військових конфліктів на історичну забудову міст, займалися В. Вечерський, О.Сердюк, Г. Осиченко, В. Дідик, А. Павлів, В. Кодін, Л. Прибєга, М. Бевз, Й. Голик [1-8].

Поряд з важливими напрацюваннями та рекомендаціями вітчизняних дослідників, практичний інтерес представляє собою вивчення підходів до збереження історичного середовища міст, які напрацьовувалися міжнародними організаціями, у т.ч. ООН, ЮНЕСКО, Радою Європи, ІКОМОС, ICCROM тощо.

За останні сто років питання про зміст терміну "культурна спадщина", межі охорони об'єктів культурної спадщини, допустимість втручання в автентичну частину пам'яток, аналізувалися в рамках різноманітних міжнародних конвенцій, хартій, науково-дослідних ініціатив та концепцій.

Серед питань, що вивчалися були питання про те: які об'єкти повинні охоронятися як об'єкти культурної спадщини; чи повинна охорона стосуватися виключно пам'яток або оточення пам'ятки також підлягає охороні; що вважається прийнятними межами реставрації; чи має відрізнятися охорона природних та рукотворних ландшафтів, чи підлягає збереженню нематеріальний компонент пам'ятки (традиції та практики) тощо. Узагальнюючи результати багатьох десятиліть експертної роботи варто констатувати, що за цей час глобальний підхід до збереження культурної спадщини пройшов відчутний еволюційний шлях (Таблиця 1).

Таблиця 1.

Етап	Роки	Документи
I. Формування основ охорони культурної спадщини	1933-1964	Афінська хартія (1931), Пакт Реріха (1935), Гаазька конвенція про захист культурних цінностей у випадку збройного конфлікту (1954), Нью-Делійські рекомендації щодо археологічних розкопок (1956), Рекомендація щодо ландшафтів і місць (1962), Венеційська хартія (1964)
II. Інституціоналізація міжнародної охорони культурної спадщини	1972-1979	Рекомендація про охорону національної культурної і природної спадщини (1972), Конвенція про охорону всесвітньої культурної і природної спадщини (1972), Амстердамська хартія (1975), Найробійські рекомендації (1976), Рекомендація про сільську архітектурну спадщину (1979)
III. Удосконалення підходів до збереження культурної спадщини та охорони історичних міст	1985-1999	Гранадська конвенція (1985), Вашингтонська хартія (1987), Валлеттська конвенція (1992), Нарський документ про автентичність (1994), Хартія з охорони традиційної архітектурної спадщини (1999)
IV. Перехід до моделі співіснування культурної спадщини з вимогами сталого розвитку міста	2000-2001	Ризька хартія (2000), Краківська хартія (2000), Європейська ландшафтна конвенція (2000), Конвенція про підводну культурну спадщину (2001)
V. Формування сучасної концепції історичного міського ландшафту	2005-2011	Віденський меморандум (2005), Ксіанська декларація (2005), Конвенція Фару (2005), Декларація про історичні міські ландшафти (2005), Квебекська декларація (2008), Рекомендація щодо історичного міського ландшафту (2011), Валлеттські принципи (2011)
VI. Подальша еволюція ідей сталого розвитку	2015-2018	Політика всесвітньої спадщини та сталого розвитку (2015) року, Варшавські рекомендації щодо відновлення та реконструкції культурної спадщини (2018)

Хронологічною точкою відліку початку процесу формування міжнародного консенсусу навколо питання необхідності захисту культурної

спадщини варто вважати рік прийняття Афінської хартії про реставрацію історичних пам'яток.

1. **Афінська хартія про реставрацію (відновлення) історичних пам'яток** є декларативним документом, ухваленим у 1931 році за результатами 1-го Міжнародного конгресу архітекторів та спеціалістів з історичних пам'яток [9].

На конгресі в Афінах було прийнято сім основних резолюцій, які отримали назву "Реставраційна хартія" ("Carta del Restauro") і стосувалися: створення міжнародних організацій з реставрації на операційному та консультативному рівнях; проведення аналізу проектів з реставрації історичних будівель з метою запобігання їх пошкоджень; необхідності врегулювання питань збереження історичних місць на рівні національного законодавства країн; можливості повторного захоронення археологічних розкопок, які не підлягають негайному відновленню; можливості застосування у реставраційних роботах сучасних методів та матеріалів; необхідності захисту історичних місць; необхідності врахування потреб у захисті територій навколо історичних місць.

Крім того, Афінська хартія рекомендувала поважати історичні та художні твори минулого у випадках, коли проведення реставраційних робот є необхідним для збереження будівель. Враховуючи відмінності у зобов'язаннях щодо збереження історичних будівель, які знаходяться у державній та приватній власності, в документі рекомендувалося наділити державні органи додатковим правом вживати заходів щодо охорони культурної спадщини (яка знаходиться у приватній власності) у надзвичайних ситуаціях. Афінська хартія рекомендувала здійснювати нове будівництво з повагою до характеру та зовнішнього вигляду міст, в яких вони будуть зведені, особливо, якщо зведення будівель здійснюється поблизу стародавніх пам'яток. Важливим аспектом, який відмічався в документі була можливість використання сучасних матеріалів для зміцнення стародавніх па'яток. Такі дії дозволялися, зокрема, у випадках, коли їх використання дозволяє уникнути небезпеки демонтажу та відновлення частин, що підлягають збереженню. Представники конференції, також, відмічали важливість повернення в рамках реставраційних робот збережених фрагментів пам'яток на їх оригінальні місця (метод анастилозу) [9].

2. **Договір про захист художніх і наукових закладів та історичних пам'яток (Пакт Реріха)** був прийнятий у Вашингтоні у 1935 році представниками країн північної та південної Америки. Пакт передбачав необхідність збереження пам'яток під час військових дій і в даному питанні може вважатися передвісником Гаазької конвеції із захисту культурних цінностей у випадку збройного конфлікту 1954 року. Зокрема, в договорі встановлювалося, що історичні пам'ятки, музеї, наукові, художні, освітні та

культурні установи визнаються нейтральними об'єктами, які підлягають повазі й захисту як у воєнний, так і в мирний час. Крім того, договором запроваджувався спеціальний знак охорони для позначення пам'ятників та установ – прапор з червоним колом та з трьома червоними кружками у середині на білому тлі (Рис.1)[10].

3. **Гаазька конвенція про захист культурних цінностей у випадку збройного конфлікту була** прийнята на міжнародній конференції ООН у 1954 році і визначала основні засади збереження культурних цінностей в умовах збройних конфліктів [11]. Окрім, визначення організаційних та інституційних питань захисту культурних цінностей Гаазька конвенція запроваджувала класифікацію культурних цінностей та уточнювала, які об'єкти охоплюються цим поняттям. Зокрема, до культурних цінностей відносилися:

(a) рухомі або нерухомі цінності (пам'ятки архітектури, мистецтва або історії; археологічні об'єкти; архітектурні ансамблі; твори мистецтва; рукописи та інші предмети, що становлять художній, історичний, археологічний інтерес);

(b) будівлі, в яких зберігаються рухомі культурні цінності (музеї, бібліотеки та архівні сховища);

(c) центри з великою кількістю рухомих, нерухомих культурних цінностей та будівлі, де зберігаються рухомі цінності ("центри зосередження пам'яток").

З метою спрощення зовнішньої ідентифікації культурних цінностей, які підлягають охороні, також запроваджувався спеціальний розпізнавальний знак "блакитний щит" (щит загострений знизу синього та білого кольорів) (Рис.2,3).



Рис.1. Знак миру відповідно до Пакту Реріха 1935 року.



Рис.2. Охоронний знак. Будинок вчених, Суми (фото авт.)



Рис.3. Охоронний знак. Ансамбль Приморського бульвару, Одеса (фото авт.)

4. Окремі аспекти збереження культурної спадщини, яка охоплює категорію археологічних залишків зниклих міст, розглядаються у **Рекомендаціях щодо міжнародних принципів, які застосовуються під час**

археологічних розкопок (Нью-Делійські рекомендації), прийнятих на генеральній конференції ЮНЕСКО у 1956 році [12]. В Рекомендаціях було звернуто увагу на необхідності порятунку та збереженні всіх речовинних археологічних залишків, які дають змогу ознайомитися з історією людства, його культурою, і встановлювалося правило для країн-учасниць щодо збереження їх археологічної спадщини. Для досягнення цілей рекомендацій пропонувалося визначити принципи проведення археологічних розкопок та визначалися категорії речових залишків, які представляють історичну чи художню цінність. Зокрема, в рамках рекомендацій передбачалися умови збереження недоторканості археологічних місць, які належать різним епохам.

Важливо відмітити, що розуміння необхідності збереження археологічних залишків також сформувалося набагато раніше. Чимало країн дбайливо відносилися до археологічних решткив ще у XIX-XX ст. Так, археологічні фрагменти Золотих воріт в Києві (залишки оборонних мур на в'їзді до міста) було розкопано у 1832 році археологом К. Лохвицьким. А у 1982 році споруду було відновлено зі створенням захисного футляру навколо оригінальної кладки (Рис.4,5) [13].

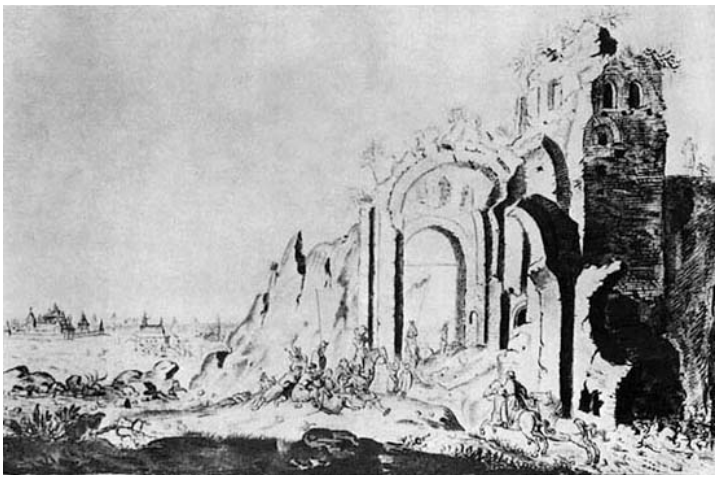


Рис.4. Руїни Золотих Воріт (Київ, Україна). А. ван Вестерфельд. 1651 рік [14].



Рис.5. Золоті ворота (Київ, Україна), 1982 р. Фото О. Пермінова [14].

У свою чергу залишки Кноського палацу або палацу Мінотавра (о. Крит, Греція) було винайдено англійським археологом сером Артуром Евансом на початку XX століття. Розкопки та реставраційні роботи продовжувалися під його керівництвом до 1931 року і пізніше [15]. Цікаво, що цей археологічний об'єкт не було повністю законсервовано, натомість зроблені спроби його часткової реставрації з використанням сучасних матеріалів (бетону, залізобетону, металевих балок), що викликало чимало дискусій. Поза цим на сьогодні Кноський палац є одним із найбільш популярних серед туристів місць в Греції (Рис.6-8).



Рис.6. Тронна зала палацу на о. Крит (Греція), 1901 рік [16].



Рис.7. Археологічні залишки Кноського палацу [15].



Рис.8. Сучасний вигляд палацу з боку північного входу [15].

Дослідницький інтерес представляє також і досвід Австрії, де було частково відтворено побут та архітектуру стародавнього міста Карнунтуму. Місто свого часу було одним із найважливіших в римської провінції Паннонія. Наприкінці XIX ст. була віднайдена частина римського кварталу міста, яка пізніше була реконструйована (Рис.9,10). Реконструкція дозволила відновити будинки з римським підігрівом підлоги, функціональними кухнями та настінними розписами, характерними початку IV століття нашої ери. Відновлені на археологічних залишках будівлі дають сучасним поціновувачам історії та архітектури детальне уявлення про римське життя початку першого тисячоліття.



Рис.9. Римський квартал Карнунтум (Петронель-Карнунтум, Австрія) [17].



Рис.10. Римський квартал Карнунтум після реконструкції [18].

Отже, досвід археологічних розкопок, також зробив свій важливий внесок у формування міжнародних поглядів та підходів до вивчення і збереження як окремих пам'яток архітектури, так і архітектурних ансамблів та міських просторів стародавніх міст в цілому.

5. В рамках вивчення еволюції поглядів на принципи збереження історичного середовища міст варто відмітити **Рекомендацію щодо збереження краси та характеру ландшафтів і місць.** Прийнятий на генеральній конференції ЮНЕСКО в Парижі у 1962 році, документ зосереджував увагу на

питаннях необхідності збереження природних ландшафтів та місць. Водночас рекомендація відмічала, що охорона не повинна обмежуватися просторами, створеними природою, але й також повинна поширюватися і на ландшафти та місця, формування яких повністю або частково зумовлене роботою людини. За духом документу охороні мали підлягати історичні міські простори і ландшафти, створені архітекторами, містобудівниками та інженерами (Рис.11,12) [19].



Рис.11. Ландшафти парку Сан-Сусі (Потсдам, Німеччина) [20].



Рис.12. Ландшафти парку Версаль (Версаль, Франція) [21].

6. **Міжнародна хартія з охорони й реставрації нерухомих пам'яток і визначних місць** (Венеційська хартія), прийнята на Міжнародному конгресі архітекторів і технічних спеціалістів у сфері нерухомих історичних пам'яток у 1964 році, визначила основні засади збереження історичної архітектури. Венеційська хартія передбачала охорону не лише визначних архітектурних творів, але й звичайних споруд чи міського середовища, які набули історичної цінності з часом [22]. У документі також надавалося визначення таким поняттям як "нерухома історична пам'ятка" та "охорона і реставрація нерухомих історичних пам'яток". Зокрема, поняття "нерухома історична пам'ятка" поширювалося на окремий архітектурний твір та міське чи сільське утворення з характерними ознаками певної цивілізації, певної фази розвитку або історичної події. В формулюваннях, що використовувалися в Венеційській хартії вже доволі виразно простежувалася ідея збереження історичних будівель і споруд разом з їх оточенням. Саме через поєднання забудови, вуличної мережі, природніх ландшафтів можна оперувати поняттями історичне міське або сільське утворення. Венеційська хартія визначала, що у випадках, коли традиційне середовище зберіглося, його не слід порушувати, а будь-яке нове будівництво, знесення та зміни, які могли б порушити співвідношення об'ємів і кольору, вважалися недопустимими [22].

7. **Рекомендація про охорону на національному рівні культурної та природної спадщини,** прийнята на генеральній конференції ЮНЕСКО у Парижі у 1972 році, стала наступним кроком у розвитку поглядів на зміст поняття "охорона культурної спадщини" та його наповнення [23]. В Рекомендації "культурна спадщина" розглядається як сукупність поодиноких архітектурних, монументальних об'єктів, їх ансамблів, а також пам'ятних місць. Так, окремими пам'ятками культурної спадщини вважаються твори архітектури, монументальної скульптури й живопису включно з печерами й надписами, а також елементи, групи елементів чи структури, що становлять особливу цінність з точки зору археології, історії, мистецтва чи науки. Комбінованими пам'ятками культурної спадщини вважаються ансамблі – групи ізольованих чи поєднаних будівель, які завдяки архітектурі, єдності чи зв'язку з пейзажом становлять особливу цінність з точки зору історії, мистецтва чи науки. У свою чергу, пам'ятні місця як об'єкти культурної спадщини вважаються топографічні зони, спільні творіння людини й природи, що становлять особливу цінність завдяки їх красі чи викликають інтерес як об'єкти археології, історії, тощо [23].

8. **Конвенція про охорону всесвітньої культурної і природної спадщини (Паризька конвенція),** прийнята на генеральній конференції ЮНЕСКО у 1972 році, вважається базовим міжнародним документом у сфері охорони культурної спадщини і захищає унікальні культурні та природні об'єкти, що мають видатну універсальну цінність [24]. Паризька конвенція врегулювала низку важливих інституційних, організаційних та фінансових питань, серед яких було створення Комітету всесвітньої спадщини, запровадження Списку об'єктів всесвітньої культурної спадщини, утворення Фонду всесвітньої спадщини.

На Комітет всесвітньої спадщини покладалися завдання: складення Списку всесвітньої спадщини та Списку культурних цінностей, що перебувають під загрозою; вивчення заявок про надання міжнародної допомоги з метою збереження чи відновлення цих цінностей тощо [24].

Слід відмітити, що увага до питань збереження архітектурних ансамблів сприяла тому, що чимало видатних архітектурних ансамблів було взято під охорону комітету ЮНЕСКО у перше десятиліття після початку функціонування Списку всесвітньої культурної спадщини (після 1978 року), зокрема ансамблі Площі Сан-Марко в Венеції (Італія, 1987 рік), Історичний центр Кракова (Польща, 1978 рік), Площа ринок старого міста Варшави (Польща, 1980 рік) (Рис.13-15) тощо. В Україні першим архітектурним ансамблем, який потрапив до списку ЮНЕСКО, став ансамбль історичного центру Львова (1998 рік) (Рис.16).



Рис.13. Архітектурний ансамбль Площі Сан-Марко (Венеція, Італія) [25].



Рис.14. Площа Ринок старого міста (Варшава, Польща), фото авт.



Рис.15. Історичний центр Кракова (Польща) [26].



Рис.16. Архітектурний ансамбль Площі Ринок (Львів, Україна) [27].

Паризька конвенція також визначила правові рамки охорони об'єктів культурної спадщини, до яких віднесла пам'ятки архітектури, ансамблі, визначні місця, та надала тлумачення цим термінам. Зокрема, до пам'яток архітектури відносяться твори архітектури, монументальної скульптури й живопису, елементи та структури археологічного характеру, написи, печери та групи елементів, які мають видатну універсальну цінність з точки зору історії, мистецтва чи науки. До ансамблів – належать групи ізольованих чи об'єднаних будівель, архітектура, єдність чи зв'язок з пейзажем яких є видатною універсальною цінністю з точки зору історії, мистецтва чи науки. Визначні місця – це твори людини або спільні витвори людини й природи, а також зони, включаючи археологічні визначні місця, що є універсальною цінністю з точки зору історії, естетики, етнології чи антропології.

9. **Європейська хартія архітектурної спадщини** (Амстердамська хартія), прийнята Радою Європи у 1975 році, привернула увагу до необхідності розширення підходу до збереження архітектурної спадщини Європи і надання

йому комплексного характеру [28]. Відповідно до Амстердамської хартії охороні мають підлягати не лише найбільш значні пам'ятки, але й архітектурні ансамблі старовинних міст та традиційних селищ у їх у природному чи рукотворному оточенні. Відмічалося, що архітектурна спадщина виступає духовним, культурним, економічним та соціальним капіталом [28].

В той же час, Амстердамська хартія торкалася актуальних на той час проблем урбанізації. У післявоєнний період урбанізація, поширена у багатьох містах Європи, розглядалася як руйнівний чинник в умовах, коли місцева влада віддавала перевагу вирішенню економічних потреб, потреб організації дорожнього руху тощо, без врахування необхідності збереження історичної забудови. Низка європейських міст зіткнулася з випадками знесення відомих архітектурних пам'яток, не зважаючи на протести громадськості. Так, у 1961-1962 рр. в Лондоні з метою розширення логістичних потужностей залізничного вокзалу Лондон-Юстон було знесено доричну арку – пам'ятку архітектури 1837 р., яка понад століття слугувала головним входом на вокзал (Рис.17,18).



Рис.17. Арка біля вокзалу Юстон, кінець 19 ст. (Лондон, Великобританія) [29].



Рис.18. Сучасний вигляд вокзалу Юстон (Лондон, Великобританія), 2012 рік. [30].

У 1965 році в Брюселі (Бельгія) було знесено Народний будинок (Maison du Peuple) – шедевр архітектури модерну, спроектований Віктором Орта у 1899 році. Будівлю було знесено для будівництва висотного офісного центру (відомого як Blaton Tower) (Рис.19).

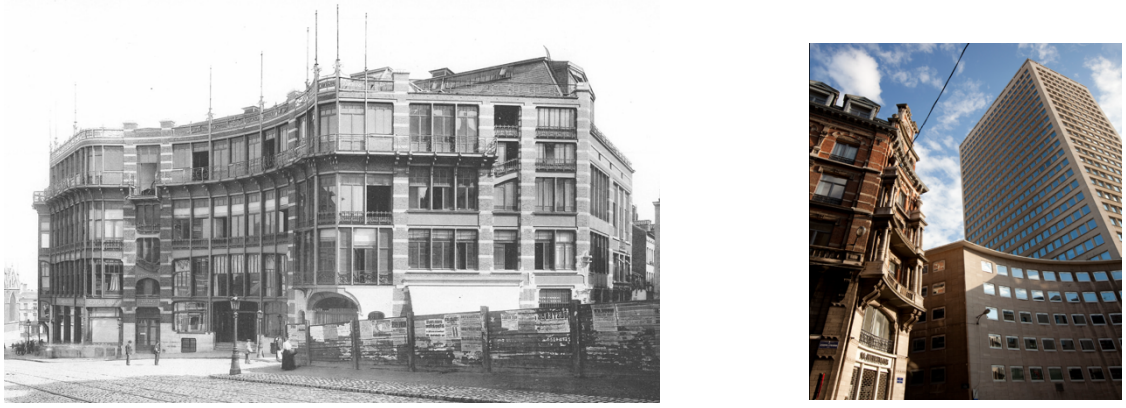


Рис.19. Народний будинок до знесення та зведений на його місці офісний центр Blaton Tower [31].

10. **Рекомендації про збереження і сучасну роль історичних ансамблів (Найробійські рекомендації)**, прийняті на генеральній конференції ЮНЕСКО у 1976 році. Вони відмічають, що історичні та традиційні ансамблі у призмі віків служать реальними свідченнями різноманітності та багатства культурної, релігійної та соціальної творчості. Збереження історичних ансамблів та їх інтеграція з сучасним життям визначається як фундаментальні засади нинішнього етапу містобудування та благоустрою територій. Генеральна конференція ЮНЕСКО запропонувала державам-членам застосовувати відповідні принципи охорони історичних та традиційних ансамблів у національному законодавстві [32].

Найробійські рекомендації дали розширене визначення терміну історичні та традиційні ансамблі, яке охоплювало не лише окремі будівлі або їх ансамблі, але й навколишнє оточення і поширювалося на історичні місця, історичні міста, старовинні міські квартали, села й невеликі селища. Відповідно до згаданого документу під терміном історичні та традиційні ансамблі розумілися "будь-які сукупності будівель, споруд і відкритих просторів, у т. ч. місця археологічних і палеонтологічних розкопок, що складають людські поселення в міській чи в сільській місцевості, цілісність і цінність яких визнано з археологічної, архітектурної, передісторичної, історичної, естетичної чи соціально-культурної точок зору". У свою чергу під "оточенням" розумілося природне або створене руками людини довкілля, що впливає на статичне чи динамічне сприйняття цих ансамблів, або ж безпосередньо пов'язане з ними у просторі чи в соціальному, економічному та культурному відношенні [32].

Термін "охорона" передбачав виявлення, захист, збереження, реставрацію, відновлення, утримання в порядку та відродження до життя історичних або традиційних ансамблів і навколишнього середовища [32].

Особлива увага приділялася регламентуванню та контролю за новим будівництвом для гармонійного включення його архітектури в просторову структуру і в атмосферу історичних ансамблів. Відмічалося, що аналіз умов міста мав передувати будь-якому новому будівництву з метою не лише визначення загального характеру ансамблю, а й аналізу його домінант: гармонії висот, кольорів, матеріалів і форм, елементів, конструкцій, фасадів і дахів, що повторюються, співвідношення зведених об'ємів та просторів, а також їх середніх пропорцій і розміщення будівель. Важливе значення мали розміри ділянок, що зачіпаються, оскільки будь-яка реорганізація ділянок може викликати ефект маси, що порушує гармонію цілого.

11. **Рекомендація про сільську архітектурну спадщину**, ухвалена парламентською асамблеєю Ради Європи у 1979 році. У документі

підкреслювалася важливість архітектурної спадщини селищ в місцевому культурному та соціологічному контексті. Збереження історичного архітектурного середовища в сільській місцевості вважалося необхідною умовою для розвитку самобутності сільських місцевих громад.

12. **Конвенція про охорону архітектурної спадщини Європи (Гранадська конвенція)**, прийнята Радою Європи у 1985 році, є зобов'язальним документом, дія якого поширюється на держави-члени, що підписали конвенцію.

Гранадська конвенція надала тлумачення поняттю "архітектурна спадщина" та запропонувала поділ нерухомих об'єктів на три категорії:

1) до першої категорії відносилися пам'ятки у широкому сенсі, у т. ч. будівлі та споруди, що мають непересічне історичне, археологічне, мистецьке, наукове, соціальне або технічне значення, включаючи усі особливості їх технічного виконання та оздоблення;

2) до другої категорії включалися архітектурні ансамблі: однорідні групи міських або сільських будівель, що мають непересічне історичне, археологічне, мистецьке, наукове, соціальне або технічне значення і характеризуються спільністю чітких територіальних ознак;

3) до третьої категорії відносилися визначні місця: створені спільно людиною та природою частково забудовані ділянки, які мають чітко визначені характерні і однорідні риси, характеризуються спільністю чітких територіальних ознак і мають непересічне історичне, археологічне, мистецьке, наукове, соціальне або технічне значення [33].

Гранадська конвенція підкреслювала важливість охорони природних і рукотворних об'єктів. В Європі відомими прикладами місць, де поєднується творчість людини та особливий характер природного ландшафту, є оборонні мури та висячі будинки міста Куенка (Іспанія) та монастирі Метеори (Греція) (Рис.20, 21). Зазначені місця слугують прикладами органічного симбіозу людського та природного генія і включені до списку ЮНЕСКО.



Рис.20. Наскельні будинки Куенка (Іспанія) [34].



Рис.21. Монастирі Метеора (Греція) [35].

Гранадська конвенція також передбачала необхідність пристосування старовинних будівель для нового використання, додаткові правові процедури охорони архітектурної спадщини (контрольні і дозвільні процедури на руйнування, зміну чи нову забудову об'єктів спадщини, відчуження об'єктів) та важливість розроблення політики збереження архітектурної спадщини.

13. **Міжнародна хартія про охорону історичних міст** (Вашингтонська хартія), прийнята на генеральній асамблеї ІКОМОС у 1987 році, продовжила розвиток ідей більш ранніх хартій ЮНЕСКО щодо охорони історичних міст і кварталів. Відповідно до Вашингтонської хартії охороні повинен підлягати історичний характер міста з усією сукупністю матеріальних і духовних складових, які виражають його образ. Вашингтонською хартією визначалося, що охороні підлягають "форма міста, яка визначається мережею вулиць і розпланування на ділянки; зв'язок між різними міськими просторами: забудованими, вільними та озелененими; форма і вигляд споруд (внутрішній і зовнішній), обумовлені своєю структурою, об'ємом, стилем, масштабом, матеріалом, кольором і декором; зв'язки міста з навколишнім середовищем, природним і створеним людиною; різні призначення міста, набуті ним під час історичного розвитку." [36].

Поряд з цим, Вашингтонська хартія не ставила на меті консервацію розвитку міст і пропонувала, щоб нове будівництво враховувало наявну просторову організацію існуючої забудови, особливо в частині розпланування на ділянки та масштабність забудови, зважаючи на якість і цінність ансамблю наявних споруд [36].

14. **Європейська конвенція про охорону археологічної спадщини (Валлеттська конвенція),** прийнята Радою Європи у 1992 році, доповнила принципи охорони, визначені у аналогічному документі (Лондонській конвенції) від 1969 року. Конвенція дає оновлене визначення археологічної спадщини і включає до нього споруди, архітектурні ансамблі, розбудовані та облаштовані ділянки території, рухомі об'єкти, інші пам'ятки, а також їх контекст, незалежно від місця розташування на суходолі або під водою. Документ підкреслює необхідність комплексного збереження археологічної спадщини, передбачаючи, що планування та розвиток територій населених пунктів повинні відбуватися з урахуванням потреб збереження археологічної спадщини [37].

В рамках більш широких завдань Валлеттська конвенція звертала увагу на питання створення археологічних заповідників, функціонування дозвільної системи у сфері археологічної діяльності (видання дозволів на розкопки та інші види такої діяльності), упередження несанкціонованих розкопок, використання неруйнівних методів дослідження тощо. Окремо визначалася

необхідність зберігання на місці знаходження (за можливості) об'єктів археологічної спадщини, які були знайдені під час забудови територій. Поряд з цим, передбачалося, щоб містобудівним планувальним рішенням передували консультації археологів та фахівців з питань міського планування [37].

15. **Нарський документ про автентичність прийнято у 1994 році.** В рішенні міжнародних експертів з ІКОМОС, ICCROM та ряду країн підкреслювалася важливість збереження автентичності (справжності) пам'яток культурної спадщини в умовах глобалізованих мультиетнічних культурних середовищ. Зокрема, автентичність розглядалася як важливий кваліфікаційний критерій під час визначення універсальної культурної цінності та вирішення питання щодо включення культурних пам'яток до списку всесвітньої культурної спадщини. При цьому для підтвердження автентичності необхідно використовувати достовірні джерела інформації.

16. **Міжнародна хартія з охорони традиційної архітектурної спадщини** (Хартія міста Мехіко) була ухвалена на генеральній асамблеї ІКОМОС у 1999 році в столиці Мексики. Вона встановлює фундаментальні принципи збереження та автентичної реставрації народної (традиційної) архітектури, яка відображає самобутню культуру та спосіб життя місцевих громад. Хартія підкреслює, що втручання у народні споруди слід здійснювати таким чином, щоб поважати та зберігати цілісність місця розташування, зв'язок з фізичним та культурним ландшафтом, а також взаємозв'язок однієї споруди з іншою. Безперервність традиційних будівельних систем та ремісничих навичок, пов'язаних з народною архітектурою, є основоположною для народного самовираження та необхідною для ремонту та реставрації цих споруд. Хартія відмічала важливість збереження та передачі традиційних навичок поколінням майстрів та будівельників у процесі освіти та навчання [38].

17. **Ризька хартія про автентичність та історичну реконструкцію культурної спадщини**, прийнята спеціально утвореним науковим комітетом з делегатів низки європейських країн, Канади, США та ІКОМОС у 2000 році, підкреслювала, що більшість міжнародних засад, як правило, заперечують реконструкцію (відтворення) культурної спадщини [39]. В той же час, встановлювалися винятки для окремих випадків – зокрема, у випадках, коли реконструкція необхідна для продовження існування визначного місця, коли визначне місце має незавершений вигляд у результаті руйнувань чи привнесених змін, коли реконструкція повертає визначному місцю його культурну значимість тощо. При цьому заходи з реконструкції повинні запобігати завданню шкоди автентичним руїнам, забезпечувати чітку відмінність від автентичних пам'яток тощо.

В Ризькій хартії зазначалося, що копіювання культурної спадщини зазвичай має розглядатися як підміна свідчення минулого. Поряд з цим, коли для історії та культури відповідного регіону певний об'єкт становив надзвичайну художню цінність, мав символічне значення чи був особливо важливий для збереження історичного середовища, заходи з реконструкції можуть бути дозволені. При цьому, має бути доступна відповідна історична документація (включаючи іконографічні, архівні свідчення та матеріальні рештки), реконструкція не повинна спотворювати містобудівне і ландшафтне середовище, завдавати шкоди існуючій історичній забудові та залучати до консультацій державні та місцеві органи, і громадськість. Обґрунтованість такого підходу можна побачити на прикладі відновлення Спасо-Преображенського кафедрального собору в Одесі. Собор після відновлення відграє важливу композиційну містобудівну та культурну роль і слугує основним місцем збору представників православної громади міста (Рис.22,23).



Рис.22. Спасо-Преображенський собор початок XX ст. [40]



Рис.23. Спасо-Преображенський собор. 2025 р. Фото авт.

18. **Міжнародна хартія з охорони та реставрації архітектурно-містобудівної спадщини** (Краківська хартія) була ухвалена у 2000 році в Кракові (Польща). Цей документ став продовженням принципів збереження культурної спадщини, визначених у Венеціанській хартії 1964 року, в той же час більше уваги приділялося викликам нового тисячоліття. Охоплюючи одночасно цілу низку питань, у т.ч. щодо меж реставраційних втручань, поводження з археологічними залишками, необхідності збереження історичних міст, сел та охорони ландшафтів, Краківська хартія намагалася встановити баланс між збереженням історичного середовища та розвитком сучасних міст.

В питаннях реконструкції історичної забудови Краківська хартія дозволяла заходи з реконструкції переважно незначних архітектурних фрагментів. В той же час, коли для функціонування споруди необхідно виконати більші просторові частини, то вони повинні проектуватися з

урахуванням сучасної архітектури. Документом також дозволялася реконструкція цілої споруди, знищеної під час збройного конфлікту чи стихійного лиха, з огляду на виняткові суспільні чи культурні мотивації, пов'язані з ідентичністю всієї спільноти. Краківська хартія визначала, що метою охорони пам'яток архітектури в міському і в сільському середовищі є збереження їх автентичності та інтегральності, включно з внутрішнім простором, вистроєм і декором, згідно з первісним задумом.

У свою чергу, охорона міського середовища повинна включати морфологічну, функціональну і структурну цілісність, як частини території так і оточуючого її ландшафту. Реставраційні проекти історичних міст і сіл повинні розглядати споруду у її зв'язку з містобудівною формою, які визначають міський простір, та внутрішнім просторовим аранжуванням, що є суттю самої споруди. Культурні ландшафти повинні охоронятися з урахуванням необхідності зваженого розвитку регіонів. Охорона первісного і археологічного ландшафтів водночас з динамічним розвитком сучасних ландшафтів повинні враховувати суспільні, культурні й естетичні цінності.

19. **Європейська ландшафтна конвенція** була прийнята на засіданні Ради Європи у 2000 році з метою охорони ландшафтів. Європейська ландшафтна конвенція дає визначення поняттю ландшафт як культурному поняттю, важливому для сталого розвитку [41]. В розумінні документу цей термін означає територію, як її сприймають люди, характер якої, є результатом дії та взаємодії природних та/або людських факторів. Конвенцією визначалися умови щодо необхідності охорони ландшафту, ландшафтного планування та регулювання.

20. В особливому контексті розглядаються питання збереження культурної спадщини в **Конвенції про охорону підводної культурної спадщини,** прийнятій на генеральній конференції ЮНЕСКО у 2001 році [42]. Зазначений документ спрямований на захист затоплених міст, кораблів та артефактів, які перебувають під водою понад 100 років. В Конвенції під терміном "підводна культурна спадщина" розуміються всі сліди людського існування, які мають культурний, історичний або археологічний характер і частково або цілком, періодично або постійно знаходяться під водою протягом не менше 100 років, у тому числі об'єкти, споруди, будинки, артефакти й людські останки разом з їх археологічним і природним оточенням. Документом визначався пріоритет для держав-учасниць щодо вжиття заходів для відвернення або пом'якшення будь-яких можливих несприятливих наслідків діяльності, яка може випадково впливати на підводну культурну спадщину [42]. Об'єкти, що підпадають під дію конвенції також розглядаються

як об’єкти, які знаходяться під охороною ЮНЕСКО і включаються до списку всесвітньої спадщини.

Прикладом успішного поводження з об’єктами археологічної спадщини є затоплені території міст Порт-Рояль (Ямайка) та Байа (Італія) (Рис. 24,25).

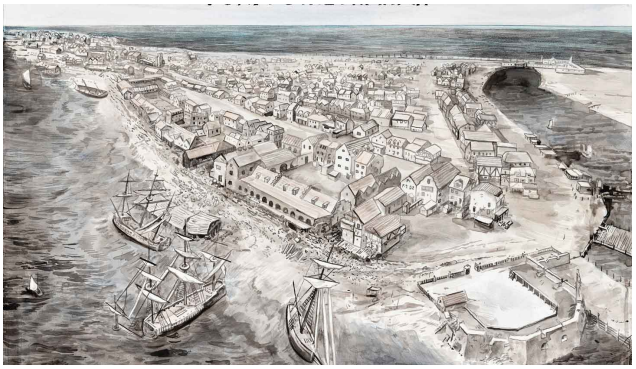


Рис.24. Старовинні зображення міста Порт Рояль (Ямайка) [43].



Рис.25. Підводні мозаїчні мощення міста Байа (Італія) [44].

Частина міста Порт-Рояль була затоплена у 1692 року внаслідок землетрусу. Сьогодні підводна ділянка міста є винятковим археологічним об’єктом, з прикладами збереження матеріальної культури XVII століття, яке у 2025 році було включено до списку всесвітньої спадщини ЮНЕСКО.

Місто Байа було курортним центром Римської імперії, яке через поступове опускання узбережжя з IV ст. н.е. частково опинилося під водою. Заходи зі збереження археологічних решток дозволили здійснити реконструкцію просторової організації міста, зберегти римські скульптури та підводні споруди.

21. **Рамкова конвенція про значення культурної спадщини для суспільства** (Конвенція Фару), прийнята у 2005 році Радою Європи, регулює питання права доступу громадян до культурної спадщини, а також піднімає питання щодо важливості її збереження як фактору збагачення процесів економічного, політичного, соціального й культурного розвитку. Зокрема документом передбачено необхідність урахування у всіх загальних технічних регламентах особливих вимог до збереження культурної спадщини. Крім того конвенція підкреслює важливість сталого використання культурної спадщини, у тому числі через використання традиційних матеріалів, методів і навичок у сучасних умовах [45].

22. **Віденський меморандум “Всесвітня спадщина та сучасна архітектура - управління історичним міським ландшафтом”,** прийнятий на генеральній конференції ЮНЕСКО у 2005 році вперше сформулював концепцію історичного міського ландшафту [46]. У цьому документі увага була

приділена впливу сучасної забудови на загальний міський ландшафт, що має історичне значення. Відповідно до Віденського меморандуму поняття "історичного міського ландшафту" виходить за рамки традиційних термінів "історичні центри", "історичні ансамблі", "традиційні ансамблі" або "оточення" і включає широкий архітектурний, містобудівний та ландшафтний контекст, додає відповідної конкретизації щодо обсягів охорони. Деталізується, що збереження об'єктів всесвітньої культурної спадщини передбачає проектування громадського простору з увагою до функціональності, масштабу, матеріалам, освітленню, вуличним меблям, рекламі та рослинності, тощо. Інфраструктура міського планування в зонах культурної спадщини повинна включати необхідні заходи, які забезпечують повагу до історичної структури, існуючого фонду забудови та міського контексту. Серед іншого це включає пом'якшення негативного впливу руху транспорту та паркування на історичну забудову. Прикладами інтеграції історичної забудови в сучасну тканину міста є залізничний вокзал Сант Панкрас та церква Святого Ботольфа поза Олдгейдом в Лондоні (Англія) (Рис. 26,27).



Рис.26. Вокзал Сант Панкрас вікторіанської епохи в сучасному Лондоні [47].



Рис.27. Церква Святого Ботольфа поза Олдгейдом поч.18 ст. в сучасній архітектурі Лондона [48].

23. **Ксіанська декларація про збереження оточення пам'яток, місць і територій,** прийнята на генеральній асамблеї ІКОМОС у 2005 році була логічним доповненням Віденського меморандуму і підкреслювала важливість оточення пам'яток [49]. Документ відмічав важливість збереження оточення історичних пам'яток, в їх просторовому, соціальному, культурному та візуальному контексті. Оточення, в якому знаходяться історичної споруди, місця чи території, є частиною його самобутнього характеру сприяє цілісному сприйняттю пам'яток. Окрім приділенню уваги фізичним та візуальним аспектам пам'ятки відмічено важливість її взаємодії з природним середовищем,

минулими або сучасними соціальними чи духовними практиками, звичаями. Важливо враховувати традиційні знання, інші прояви нематеріальної культурної спадщини, що створили та формують простір, а також сучасний та динамічний культурний, соціальний та економічний контекст [49].

24. **Декларація про збереження історичних міських ландшафтів** була прийнята на генеральній асамблеї держав-сторін Конвенції про всесвітню культурну спадщину у Парижі у 2005 році і, по-суті, формалізувала рекомендації, викладені у Віденському меморандумі 2005 року. В документі підкреслювалося, що сучасна архітектура та будь-які сучасні втручання в міську тканину повинні здійснюватися з попереднім аналізом впливів на культурні, візуальні та інші цінності зумовлені існуючим історичним середовищем [50].

25. **Квебекська декларація про збереження духу місця** була прийнята у 2008 році з нагоди 16-ї Генеральної Асамблеї ICOMOS та святкування 400-річчя заснування Квебеку. Документ наголошував на необхідності врахування впливів зміни клімату, масового туризму, збройних конфліктів, стрімкого розвитку міст та інших загроз на суспільство та на збереження його нематеріальної ідентичності (духу місця). Квебекська декларація рекомендувала урядовим та неурядовим установам формувати довгострокові стратегічні плани для запобігання деградації духу місця та його довкілля [51].

26. **Рекомендації щодо історичного міського ландшафту,** прийняті на генеральній конференції ЮНЕСКО у Парижі у 2011 році, торкалися питань охорони історичного середовища міста [52]. Цей міжнародний документ пропонував осучаснений комплексний погляд на питання збереження культурної спадщини, відповідно до якого архітектурне історичне надбання повинно розглядатися не як архівне законсервоване міське середовище, а як частина безперервного динамічного процесу, який поєднує принципи збереження історичної забудови і вимоги сучасного містобудівного розвитку.

Відповідно до Рекомендацій ЮНЕСКО термін “історичний міський ландшафт” означає міський район, в якому поєднуються результати “історичного нашарування культурних і природних цінностей і атрибутів” та який охоплює широкий міський контекст у т.ч. природні особливості конкретного об’єкта (топографію, геоморфологію, гідрологію), характер історичної і сучасної забудови, надземну та підземну інфраструктуру; його відкриті простори та сади; методи землекористування та просторову організацію; особливості сприйняття та візуальні співвідношення, а також всі інші елементи міської структури та його географічних параметрів. Цей термін також включає в себе аспекти соціальної та культурної практики та цінностей,

економічні процеси та нематеріальні компоненти спадщини, пов'язані з факторами різноманітності та самобутності.

27. **Валеттські принципи охорони та управління історичними містами, містечками та міськими районами**, прийняті на 17-й генеральній асамблеї ІКОМОС у 2011 році, представляють собою систематизований погляд на питання збереження історичного середовища та його адаптацію до урбаністичних процесів сучасності. В рамках документу надані розширені тлумачення поняттям "історичні міста", "урбанізовані території", "оточення", "охорона", "охоронювана міська територія", "буферна зона" тощо. Зокрема, зазначалося, що "історичні міста та урбанізовані території складаються з матеріальних і нематеріальних елементів. Матеріальні елементи включають, на додаток до міської структури, елементи архітектури, ландшафтів усередині та навколо міста, археологічні залишки, панорами, силуети (небесні лінії), видові сектори та місцеві визначні місця. Нематеріальні елементи охоплюють види діяльності, символічні та історичні функції, культурні звичаї, традиції, спогади та культурні орієнтири, що становлять сутність їх історичної цінності" [53].

Додаткова увага приділялася взаємодії культурної спадщини міст з сучасними викликами, у т. ч. використанню сучасної архітектури, надання історичним містам нових функцій, впливу туризму, врахуванню транспортного чиннику та енергозбереження як невід'ємних елементів сучасних міст.

28. **Політика всесвітньої спадщини та сталого розвитку 2015 року** ухвалена у 2015 році на засіданні Генеральної Асамблеї держав-учасниць Конвенції про всесвітню спадщину. Документ розглядає роль культурної спадщини у контексті сталого розвитку міст та людства загалом, враховуючи культурні, екологічні, економічні, соціальні аспекти тощо. Відзначається важливість охорони та інтеграції культурної спадщини у завдання сталого розвитку людства [54].

29. **Варшавські рекомендації щодо відновлення та реконструкції культурної спадщини**, прийняті на міжнародній конференції під патронатом ЮНЕСКО у 2018 році, стали важливим концептуальним документом спрямованим на вирішення питань відновлення та реконструкції об'єктів всесвітньої спадщини людства в умовах руйнувань, завданих збройними конфліктами чи стихійними лихами. В Рекомендаціях відмічалося, що післявоєнне відновлення має відбуватися на засадах сталого розвитку та принципі "кращої відбудови". Відмічалася важливість збереження під час проведення реконструкції та відновлення зруйнованих та істотно пошкоджених будівель та інфраструктури зв'язків, що існували в суспільстві, з нематеріальними практиками, віруваннями та традиціями. Поряд з цим, емоційні переживання людей, пов'язані із наслідками військових дій та

стихійних лих, також можуть бути відображені в архітектурі під час заходів з відновлення. Збереження у пам'яті громад руйнувань (їх меморіалізація) може вирішуватися шляхом інтерпретації або презентації місць трагедій [55].

ВИСНОВКИ

Таким чином, за останнє майже століття в європейській та світовій практиці питання збереження культурної спадщини, історичного середовища міст пройшли тривалий шлях еволюції. Комплексність та багатовимірність врегулювання зазначених питань підкреслюється значною кількістю нормативних актів, хартій, рекомендацій, комюніке та позицій фахівців щодо питань збереження культурної спадщини. Варто відмітити, що культурна спадщина може відкриватися для сучасних поколінь як добре збережені пам'ятки архітектури та містобудування, або ж у вигляді археологічних залишків, зруйнованих частин будівель, і завданням для влади та суспільства є збереження свідчень архітектурної, паркової, містобудівної творчості минулих поколінь, щоб запобігти помилкам процесу урбанізації, через які проходили європейські країни, зокрема після другої світової війни. Поза цим, варто розуміти, що культурна спадщина не повинна виступати стримуючим чинником для розвитку міст і селищ, зважаючи на прогресуючий розвиток промисловості, технологій та ріст популяції населення. У зв'язку з чим, завдання щодо збереження історичного традиційного середовища міста (його частини) залишається важливим завданням для урбаністів XXI ст. незалежно від того, який із факторів (стрімка урбанізація чи збройні конфлікти) несе загрозу збереженню культурної спадщини.

Список використаної літератури:

1. Л. Прибєга "Історичне середовище міста: сутність і засади охорони" № 30 (2021) С. 14–20, National Academy of Fine Arts and Architecture Collection of Scholarly Works "Ukrainian Academy of Art", DOI: https://doi.org/10.33838/naoma.30.2021.14-20, ISSN 2411–3034;

2. Дідик В.В., Павлів А.П. Планування міст: Підручник. - Львів: "Львівська політехніка", 2006.-412с.

3. Планування міст і транспорт: навч. посібник / О.С. Безлюбченко, С.М. Гордієнко, О.В. Завальний; Харків. нац. ун-т міськ. госп-ва ім. О.М. Бекетова. – Харків: ХНУМГ ім. О.М. Бекетова, 2021. – 271 с. ISBN 978-966-695-525-1

4. Осиченко ГО. Реконструкція історичних міст: композиційний аспект: монографія / Г.О. Осиченко; Харків. нац. ун-т міськ. госп-ва ім. О.М. Бекетова. – Харків: ХНУМГ ім. О.М. Бекетова, 2021. – 252 с. ISBN 978-966-695-569-5

5. Кодін В.О. Основи реконструкції історичних міст. Навчальний посібник. Харків: ХНАМГ, 2009. 172 с.

6. Історико-містобудівні дослідження Києва" (За ред. В.В. Вечерського, О.М. Сердюк).

7. Бевз, Микола. "Збереження та регенерація історичних центрів у Західній та Центрально-Східній Європі". Проблемы теории и истории архитектуры Украины 4 (2003): 152–172. Друк.

8. Голик, Й., Багрій, Н., & Стецько, І. (2024). Реконструкція будівель як метод збереження історичної забудови. Містобудування та територіальне планування, (86), 41–56. https://doi.org/10.32347/2076-815x.2024.86.41-56

9. The Athens Charter for the Restoration of Historic Monuments. Access: https://civvih.icomos.org/wp-content/uploads/2022/03/The-Athens-Charter_1931.pdf

10. Wording of the Roerich Pact. Access: https://eurassim.org/wording-of-the-roerich-pact/

11. Конвенція про захист культурних цінностей у разі збройного конфлікту. Режим доступу: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/995_157#Text

12. Recommendation on International Principles Applicable to Archaeological Excavations. Access: https://www.unesco.org/en/legal-affairs/recommendation-international-principles-applicable-archaeological-excavations

13. Відкриття Золотих Воріт і лотерея. Як у 1982 році в Києві вперше відсвяткували День міста — архівні фото. Режим доступу: https://varto.kiev.ua/2021/05/30/vidkrittia-zolotikh-vorit-i-lotereia-iak-u-1982-rotsi-v-kiievi-vpershe-vidsviatkuvali-den-mista-arkhivni-foto/

14. Золоті ворота. Україна інкогніта. Режим доступу: https://ukrainaincognita.com/pam039yatky-knyazhoi-doby/zoloti-vorota

15. Conservation vs. restoration: the Palace at Knossos (Crete). Access: https://www.khanacademy.org/humanities/ancient-art-civilizations/aegean-art1/minoan/a/conservation-vs-restoration-the-palace-at-knossos-crete

16. Photograph of the roofed Throne Room at Knossos, c. 1901. GB 1648 AJE/3/1/3/27/1 © Ashmolean Museum. Access: https://www.ashmolean.org/article/rebuilding-the-palace-of-minos-at-knossos

17. 1945: The end of the war - a new beginning for archaeology in Carnuntum. Access: https://www.carnuntum.at/en/1945

18. Römerstadt Carnuntum. Access: https://www.lower-austria.info/excursions/archaeologischer-park-carnuntum-freilichtmuseum

19. UNESCO. Recommendation concerning the Safeguarding of the Beauty and Character of Landscapes and Sites. Access: https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000059218

20. Sanssouci Park, Potsdam Access: https://www.spsg.de/en/palaces-gardens/object/sanssouci-park

21. The Palace of Versailles: Gilded Grandeur & Glorious Gardens https://www.themodernpostcard.com/the-palace-of-versailles-gilded-grandeur-glorious-gardens/

22. Міжнародна хартія з охорони й реставрації нерухомих пам'яток і визначних місць (Венеціанська хартія). Електронний документ: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/995_757/card6#Public

23. Рекомендація про охорону на національному рівні культурної та природної спадщини. Електронний документ: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/995_724#Text

24. Конвенція про охорону всесвітньої культурної і природної спадщини. Електронний документ: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/995_089#Text

25. Piazza San Marco . Access: https://en.wikipedia.org/wiki/Piazza_San_Marco

26. Historic Centre of Kraków. Access: https://whc.unesco.org/en/list/29/gallery/&index =37&maxrows=12

27. Площа Ринок. Львів. Режим доступу: https://etnosvit.com/uk/ploshcha-rynok-lviv

28. Європейська хартія архітектурної спадщини. Електронний документ: https://ips.ligazakon.net/document/MU85K05R

29. Euston Arch 1837-1961. Access: https://www.reddit.com/r/Lost_Architecture/comments/11rx6m1/euston_arch_18371961/?tl=en

30. London Euston station, 1890s and 2012 https://www.reddit.com/r/OldPhotosInRealLife/comments/7ez7aa/london_euston_station_1890s_and_2012/#lightbox

31. Maison du Peuple, Brussels. Access: https://en.wikipedia.org/wiki/Maison_du_Peuple,_Brussels

32. Рекомендації ЮНЕСКО про збереження і сучасну роль історичних ансамблів. Режим доступу: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/995_726#Text

33. Конвенція про охорону архітектурної спадщини Європи. Режим доступу: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/994_226#Text

34. Cuenca, Spain. Access: https://en.wikipedia.org/wiki/Cuenca,_Spain

35. About Meteora – The Holy Meteora Monasteries. Access: https://meteora.com/meteora-monasteries/

36. Міжнародна хартія з охорони історичних міст (Вашингтонська хартія). Режим доступу: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/995_761#Text

37. Європейська конвенція про охорону археологічної спадщини (переглянута) (ETS N 143). Режим доступу: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/994_150#Text

38. Charter on the built vernacular heritage. ICOMOS. Access: https://www.icomos.org/images/DOCUMENTS/Charters/vernacular_e.pdf

39. Ризька хартія про автентичність та історичну реконструкцію культурної спадщини. Режим доступу: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/998_260#Text

40. С. Іванченко. Нариси про Одесу, якої вже нема. Режим доступу: http://lost-odessa.iv-studio.od.ua/sobor3.html

41. Європейська ландшафтна конвенція. Режим доступу: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/994_154#Text

42. Конвенція про охорону підводної культурної спадщини. Режим доступу: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/995_c52#Text

43. Jamaica. From Sunken City to World Heritage: Port Royal's Rise from the Caribbean Deep. Access: https://wiredja.com/index.php/categories/newsberg/culture/jamaica-from-sunken-city-to-world-heritage-port-royals-rise-from-the-caribbean-deep

44. Parco Sommerso di Baia. Access: https://parcoarcheologicodibaia.it/

45. Рамкова конвенція Ради Європи про значення культурної спадщини для суспільства. Режим доступу: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/994_719#Text

46. Vienna Memorandum on World Heritage and Contemporary Architecture: Managing the Historic Urban Landscape and Decision. Access: https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000140984

47. Then and Now – St Pancras Railway Station. Access: https://jamesclay.net/then-and-now-st-pancras-railway-station

48. St. Botolphs Without Aldgate. Access: https://blackcablondon.net/wp-content/uploads/2014/10/st-botolph-without-aldgate.jpg

49. Xi'an Declaration on the Conservation of the Setting of Heritage Structures, Sites and Areas. Access: https://www.icomos.org/images/DOCUMENTS/Charters/xian-declaration.pdf

50. Declaration on the Preservation of Historic Urban Landscapes. Access: https://whc.unesco.org/document/6812

51. The Quebec Declaration on the Preservation of the Spirit of Place. Access: https://whc.unesco.org/uploads/activities/documents/activity-646-2.pdf

52. UNESCO. Recommendation on the Historic Urban Landscape (HUL). Access: https://whc.unesco.org/uploads/activities/documents/activity-638-98.pdf

53. The Valletta Principles for the Safeguarding and Management of Historic Cities, Towns and Urban Areas. Access: http Режим доступу: s://civvih.icomos.org/wp-content/uploads/2022/03/Valletta-Principles-Book-in-5-languages.pdf

54. World Heritage and Sustainable Development Policy 2015. Access: https://whc.unesco.org/document/139747

55. Варшавські рекомендації щодо відновлення та реконструкції культурної спадщини. Режим доступу: https://whc.unesco.org/document/193153

Kulikov Oleksandr,
Kyiv National University of Civil Engineering and Architecture

EVOLUTION OF INTERNATIONAL APPROACHES TO THE ISSUES OF PRESERVATION OF THE HISTORIC ENVIRONMENT OF URBAN PLACES

The article examines the evolution of approaches to the preservation of the urban historical environment based on the study of several key international documents in the field of cultural heritage protection. It explores the main periods in the formation of international principles for preserving architectural monuments, historical ensembles, and sites, and traces the process of developing and expanding the terminology related to the preservation of humanity's cultural heritage.

The adoption of the 2011 UNESCO Recommendation on the Historic Urban Landscape once again expanded the boundaries of protection of historical architectural and urban sites. It extended the requirements for the protection and preservation of the cultural heritage of cities and towns beyond traditional assets—such as architectural monuments, ensembles, historical buildings, planning and spatial structures, and landscapes—to include new tangible and intangible components of cultural heritage, such as hydrology, infrastructure networks, the socio-cultural role of the historical site, and local traditions and practices.

Understanding the basic theoretical and practical approaches to protecting the historical environment formulated in international regulatory documents and recommendations will allow for the future unification and improvement of approaches to preserving the historical cities of Ukraine and their architecture on the principles of sustainable development. This includes addressing the challenges of balancing the preservation of the authenticity and integrity of historical monuments and cities with the needs for the continuous development and modernization of urban spaces.

Keywords: historical environment; spatial development; cultural heritage; historic urban landscape; historical buildings; UNESCO.

REFERENCES

1. L. Prybieha, “The Historical Environment of a City: Essence and Principles of Protection,” No. 30 (2021), pp. 14–20, National Academy of Fine Arts and Architecture Collection of Scholarly Works “Ukrainian Academy of Art,” DOI: https://doi.org/10.33838/naoma.30.2021.14-20, ISSN 2411–3034. {in Ukrainian}

2. Didyk V.V., Pavliv A.P. Urban Planning: Textbook. — Lviv: “Lviv Polytechnic,” 2006. — 412 p. {in Ukrainian}

3. Urban Planning and Transport: Study Guide / O.S. Bezliubchenko, S.M. Hordiienko, O.V. Zavalnyi; O.M. Beketov National University of Urban Economy in Kharkiv. — Kharkiv: O.M. Beketov NUUE, 2021. — 271 p. ISBN 978-966-695-525-1 {in Ukrainian}

4. Osychenko H.O. Reconstruction of Historic Cities: The Compositional Aspect: Monograph / H.O. Osychenko; O.M. Beketov National University of Urban Economy in Kharkiv. — Kharkiv: O.M. Beketov NUUE, 2021. — 252 p. ISBN 978-966-695-569-5{in Ukrainian}

5. Kodin V.O. Fundamentals of Historic City Reconstruction: Study Guide. Kharkiv: KhNAMG, 2009. 172 p. {in Ukrainian}

6. Historical and Urban Planning Studies of Kyiv (ed. by V.V. Vecherskyi, O.M. Serdiuk). {in Ukrainian}

7. Bevz, Mykola. “Preservation and Regeneration of Historic City Centers in Western and Central-Eastern Europe.” Problems of Theory and History of Architecture of Ukraine 4 (2003): 152–172. Print. {in Ukrainian}

8. Holyk, Y., Bahrii, N., & Stetsko, I. (2024). “Reconstruction of Buildings as a Method of Preserving Historic Development.” Urban Planning and Territorial Planning, (86), 41–56. https://doi.org/10.32347/2076-815x.2024.86.41-56 {in Ukrainian}

9. The Athens Charter for the Restoration of Historic Monuments. Access: https://civvih.icomos.org/wp-content/uploads/2022/03/The-Athens-Charter_1931.pdf {in English}

10. Wording of the Roerich Pact. Access: https://eurassim.org/wording-of-the-roerich-pact/ {in English}

11. Convention for the Protection of Cultural Property in the Event of Armed Conflict. Access: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/995_157#Text {in Ukrainian}

12. Recommendation on International Principles Applicable to Archaeological Excavations. Access: https://www.unesco.org/en/legal-affairs/recommendation-international-principles-applicable-archaeological-excavations {in English}

13. “The Opening of the Golden Gate and the Lottery: How Kyiv Day Was First Celebrated in 1982 — Archival Photos.” Access: https://varto.kiev.ua/2021/05/30/vidkrittia-zolotikh-vorit-i-lotereia-iak-u-1982-rotsi-v-kiievi-vpershe-vidsviatkuvali-den-mista-arkhivni-foto/ {in Ukrainian}

14. “The Golden Gate.” Ukraine Incognita. Access: https://ukrainaincognita.com/pam039yatky-knyazhoi-doby/zoloti-vorota {in Ukrainian}

15. Conservation vs. Restoration: The Palace at Knossos (Crete). Access: https://www.khanacademy.org/humanities/ancient-art-civilizations/aegean-art1/minoan/a/conservation-vs-restoration-the-palace-at-knossos-crete {in English}

16. Photograph of the Roofed Throne Room at Knossos, c. 1901. GB 1648 AJE/3/1/3/27/1 © Ashmolean Museum. Access: https://www.ashmolean.org/article/rebuilding-the-palace-of-minos-at-knossos {in English}

17. 1945: The End of the War — A New Beginning for Archaeology in Carnuntum. Access: https://www.carnuntum.at/en/1945 {in English}

18. Roman City of Carnuntum. Access: https://www.lower-austria.info/excursions/archaeologischer-park-carnuntum-freilichtmuseum {in English}

19. UNESCO. Recommendation Concerning the Safeguarding of the Beauty and Character of Landscapes and Sites. Access: https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000059218 {in English}

20. Sanssouci Park, Potsdam. Access: https://www.spsg.de/en/palaces-gardens/object/sanssouci-park {in English}

21. The Palace of Versailles: Gilded Grandeur & Glorious Gardens. https:// www.themodernpostcard.com/the-palace-of-versailles-gilded-grandeur-glorious-gardens/ {in English}

22. International Charter for the Conservation and Restoration of Monuments and Sites (Venice Charter). Electronic document: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/995_757/card6#Public {in Ukrainian}

23. Recommendation Concerning the Protection, at National Level, of the Cultural and Natural Heritage. Electronic document: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/995_724#Text {in Ukrainian}

24. Convention Concerning the Protection of the World Cultural and Natural Heritage. Electronic document: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/995_089#Text {in Ukrainian}

25. Piazza San Marco. Access: https://en.wikipedia.org/wiki/Piazza_San_Marco {in English}

26. Historic Centre of Kraków. Access: https://whc.unesco.org/en/list/29/gallery/&index=37&maxrows=12 {in English}

27. “Rynok Square, Lviv.” Access: https://etnosvit.com/uk/ploshcha-rynok-lviv {in Ukrainian}

28. European Charter of the Architectural Heritage. Electronic document: https://ips.ligazakon.net/document/MU85K05R {in Ukrainian}

29. “Euston Arch, 1837–1961.” Access: https://www.reddit.com/r/Lost_Architecture/comments/11rx6m1/euston_arch_18371961/?tl=en {in English}

30. “London Euston Station, 1890s and 2012.” https://www.reddit.com/r/OldPhotosInRealLife/comments/7ez7aa/london_euston_station_1890s_and_2012/#lightbox {in English}

31. Maison du Peuple, Brussels. Access: https://en.wikipedia.org/wiki/Maison_du_Peuple,_Brussels {in English}

32. UNESCO. Recommendation Concerning the Safeguarding and Contemporary Role of Historic Areas. Access: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/995_726#Text {in Ukrainian}

33. Convention for the Protection of the Architectural Heritage of Europe. Access: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/994_226#Text {in Ukrainian}

34. Cuenca, Spain. Access: https://en.wikipedia.org/wiki/Cuenca,_Spain {in English}

35. About Meteora — the Holy Meteora Monasteries. Access: https://meteora.com/meteora-monasteries/ {in English}

36. International Charter for the Conservation of Historic Towns (Washington Charter). Access: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/995_761#Text {in Ukrainian}

37. European Convention on the Protection of the Archaeological Heritage (Revised) (ETS No. 143). Access: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/994_150#Text {in Ukrainian}

38. Charter on the Built Vernacular Heritage. ICOMOS. Access: https://www.icomos.org/images/DOCUMENTS/Charters/vernacular_e.pdf {in English}

39. Riga Charter on Authenticity and Historical Reconstruction in Relationship to Cultural Heritage. Access: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/998_260#Text {in Ukrainian}

40. S. Ivanchenko. Essays on the Odesa That No Longer Exists. Access: http://lost-odessa.iv-studio.od.ua/sobor3.html {in Ukrainian}

41. European Landscape Convention. Access: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/994_154#Text {in Ukrainian}

42. Convention on the Protection of the Underwater Cultural Heritage. Access: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/995_c52#Text {in Ukrainian}

43. “Jamaica: From Sunken City to World Heritage — Port Royal’s Rise from the Caribbean Deep.” Access: https://wiredja.com/index.php/categories/newsberg/culture/ jamaica-from-sunken-city-to-world-heritage-port-royals-rise-from-the-caribbean-deep {in English}

44. Parco Sommerso di Baia. Access: https://parcoarcheologicodibaia.it/ {in Italian}

45. Council of Europe. Framework Convention on the Value of Cultural Heritage for Society. Access: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/994_719#Text {in Ukrainian}

46. Vienna Memorandum on World Heritage and Contemporary Architecture: Managing the Historic Urban Landscape and Decision. Access: https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000140984 {in English}

47. Then and Now — St Pancras Railway Station. Access: https://jamesclay.net/then-and-now-st-pancras-railway-station {in English}

48. St. Botolph’s Without Aldgate. Access: https://blackcablondon.net/wp-content/uploads/2014/10/st-botolph-without-aldgate.jpg {in English}

49. Xi’an Declaration on the Conservation of the Setting of Heritage Structures, Sites and Areas. Access: https://www.icomos.org/images/DOCUMENTS/Charters/xian-declaration.pdf {in English}

50. Declaration on the Preservation of Historic Urban Landscapes. Access: https://whc.unesco.org/document/6812 {in English}

51. The Quebec Declaration on the Preservation of the Spirit of Place. Access: https://whc.unesco.org/uploads/activities/documents/activity-646-2.pdf {in English}

52. UNESCO. Recommendation on the Historic Urban Landscape (HUL). Access: https://whc.unesco.org/uploads/activities/documents/activity-638-98.pdf {in English}

53. The Valletta Principles for the Safeguarding and Management of Historic Cities, Towns and Urban Areas. Access: https://civvih.icomos.org/wp-content/uploads/2022/03/Valletta-Principles-Book-in-5-languages.pdf {in English}

54. World Heritage and Sustainable Development Policy 2015. Access: https://whc.unesco.org/document/139747 {in English}

55. Warsaw Recommendations on the Restoration and Reconstruction of Cultural Heritage. Access: https://whc.unesco.org/document/193153 {in Ukrainian}

DOI: 10.32347/2076-815x.2026.93.205-219
УДК 72.01

д.т.н., професор **Линник І.Е.,**
linnik.xnugx@gmail.com, ORCID: 0000-0002-8972-3250,
Симонова А.Є.,
sim.nika2004@gmail.com, ORCID: 0009-0008-5534-6371,
Харківський національний університет
міського господарства ім. О.М. Бекетова

ЗАСТОСУВАННЯ ПРИНЦИПІВ БІОФІЛЬНОГО ДИЗАЙНУ ТА ТЕРАПЕВТИЧНИХ ЛАНДШАФТІВ У ПРОЄКТУВАННІ РЕАБІЛІТАЦІЙНИХ ЦЕНТРІВ

Досліджено особливості архітектурно-просторової організації сучасних реабілітаційних центрів із застосуванням принципів біофільного дизайну та екологічності. Проаналізовано нормативно-правову базу України та порівняно її з європейськими стандартами доступності й інклюзивності. Виявлено необхідність гармонізації українських норм у напрямку більшої гнучкості та орієнтації на якість життя пацієнта. Розглянуто світовий та вітчизняний досвід влаштування терапевтичних садів та інтеграції елементів живої природи в середовище медичних закладів. На основі проведеного аналізу розроблено проєктну пропозицію безбар'єрного терапевтичного саду невеликої площі при реабілітаційному центрі. Проєкт передбачає зонування території та підбір безпечних, фітонцидних і гіпоалергенних рослин для комплексної тактильної, ароматичної та візуальної терапії.

Ключові слова: біофільний дизайн; реабілітаційний центр; терапевтичний сад; безбар'єрне середовище; інклюзивність; ландшафтна терапія.

Постановка проблеми. Одним із принципів архітектурно-просторової організації сучасних реабілітаційних центрів є екологічність, тобто обов'язкова оцінка впливу на довкілля на етапі будівництва та експлуатації, використання еко-матеріалів, активна інтеграція елементів живої природи у структуру закладу – біофільний дизайн.

У світі, перенасиченому інформацією та штучними матеріалами, природне середовище залишається для людини єдиним джерелом справжнього спокою та гармонії. Тому, перебування у реабілітаційному центрі, інтегрованому в природне ландшафтне середовище, суттєво сприяє фізичному та психологічному відновленню пацієнтів. Проєктування реабілітаційних центрів з урахуванням екологічності дозволяє повноцінно створити контакт із зеленими

насадженнями, природними звуками та відкритими просторами. Це знижує рівень стресу, покращує емоційний стан, зменшує нервову напругу, допомагає відновити внутрішню рівновагу та підвищує мотивацію до проходження реабілітації [1].

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Формування ефективного середовища для реабілітації в Україні неможливе без чіткого розуміння та дотримання вимог чинного законодавства. Нормативно-правова база, що регулює проєктування реабілітаційних центрів, є багаторівневою і включає як загальні положення про охорону здоров'я, так і спеціалізовані будівельні норми та санітарні правила.

Найвищий рівень регулювання представлений Законами України «Основи законодавства України про охорону здоров'я» та «Про реабілітацію у сфері охорони здоров'я» [2, 3]. Останній є ключовим, оскільки визначає правові, організаційні, економічні та соціальні засади реабілітації, а також закріплює принципи доступності та інклюзивності послуг.

До процесу проєктування застосовуються Державні будівельні норми. Основним документом є ДБН В.2.2-10:2022 «Заклади охорони здоров'я» [4], який містить вимоги до планування, розміщення та обладнання медичних закладів різного профілю, включаючи реабілітаційні відділення та центри. ДБН В.2.2-40:2018 «Інклюзивність будівель і споруд» зобов'язує враховувати потреби маломобільних груп населення ще на етапі архітектурного задуму [5].

Крім того, важливе значення мають санітарні правила та норми (СанПіН), що регулюють параметри мікроклімату, освітлення та санітарно-гігієнічного забезпечення.

Попри наявність законодавчої бази та нормативних документів спостерігається неузгодженість між оновленими вимогами щодо організації реабілітаційного процесу. Значна частина існуючих будівель, які планується адаптувати під реабілітаційні центри, була зведена за радянськими нормами, що ускладнює їх приведення до сучасних стандартів без комплексної реконструкції.

Інтеграція України в європейський простір зумовлює необхідність гармонізації національних норм із законодавством Європейського Союзу та міжнародними підходами до організації реабілітаційних закладів. Європейська нормативна база у цій сфері базується не лише на технічних регламентах, але й на принципах дотримання прав людини та соціальної інклюзії.

Основоположним документом є Конвенція ООН про права осіб з інвалідністю [6]. Вона встановлює обов'язок держав забезпечувати доступність фізичного оточення на рівні з іншими.

На рівні ЄС ключову роль відіграє Європейська опора соціальних прав (European Pillar of Social Rights), що проголошує право на якісні та доступні послуги охорони здоров'я, включаючи реабілітацію [7].

У галузі будівництва та планування орієнтиром є Стандарти Європейського комітету зі стандартизації [8], що визначають підходи до створення продуктів та послуг, придатних для всіх користувачів без додаткової адаптації.

Порівняння української та європейської нормативних баз дозволяє виявити ключові напрямки для вдосконалення. Європейський підхід характеризується більшою гнучкістю та орієнтацією на функціональний результат, тоді як українські норми часто зберігають жорсткі технологічні прив'язки. Для України є необхідністю комплексно переглянути підходи до нормування просторів, де ключовим критерієм стає якість життя пацієнта та зручність роботи персоналу, а не лише виконання формальних показників.

Питанням проєктування екологічних реабілітаційних центрів присвячені роботи українських та зарубіжних науковців. Зокрема, вагомий внесок у дослідження цієї тематики зробили І. Коваль [9], В.М. Лотоцька [10], L. Miola, A. Boldrini, F. Pazzaglia [11], С. Шехоркіна, І. Мерилова, Т. Нікіфорова, В. Федін [12], З. Обиночна [13], Ю.А. Мельник, О.В. Верешко, А.І. Войтюк, О.В. Мельник, С.С. Гомон [14], Д. Бідолах, В. Кузьович, С. Підховна [15], M.P. Jimenez, N.V. DeVille, E.G. Elliott, J.E. Schiff, G.E. Wilt, J.E. Hart, P. James [16], I. Al Khatib, F. Samara, M. Ndiaye [17], R. Berto [18], J.S. Gaekwad, A. Sal Moslehian, P.B. Roös, A. Walker [19], M. Artmann, X. Chen, C. Ioj, A. Hof, D. Onose, L. Poniży [20], B.H. Tekin, R. Corcoran, R. Gutiérrez [21], B. Seale, A. Davis, J. Lawson, L. Smith, J. Watson, C. Henderson-Wilson [22], та інші дослідники.

У статтях В. М. Лотоцької [10] та Д. Бідолаха, В. Кузьовича, С. Підховної [15] розглянуто поняття терапевтичних ландшафтів, особливості їх проєктування, визначено роль терапевтичного ландшафту в умовах воєнного часу. L. Miola, A. Boldrini, F. Pazzaglia [11] сформулювали та узагальнили основні принципи біофільного дизайну. У роботі С. Шехоркіної, І. Мерилової, Т. Нікіфорової, В. Федіна [12] представлено інтегровану архітектурно-конструктивну концепцію сталих та біопозитивних реабілітаційних закладів, з акцентом на центрах, призначених для військовослужбовців та цивільних жертв воєнних дій. Принципи та методи організації сенсорного саду із урахуванням вимог осіб з інвалідністю розглянуто у публікації З. Обиночної [13].

У багатьох наукових публікаціях зазначено, що взаємодія між людьми та навколишнім середовищем може мати як позитивний так і негативний вплив, впливаючи на емоційний стан, думки, поведінку, фізичне здоров'я [16, 17].

Природа викликає у людини позитивні емоції, підвищуючи стійкість та покращуючи здатність людей справлятися з повсякденними викликами [18–22].

Мета статті. Визначити основні елементи біофільного дизайну, проаналізувати світовий та український досвід влаштування терапевтичних садів у реабілітаційних центрах, запропонувати проєкт терапевтичного саду невеликої площі поруч із реабілітаційним центром.

Виклад основного матеріалу дослідження.

Біофільний дизайн при проєктуванні реабілітаціних центрів

Сучасне проєктування реабілітаційних центрів дозволяє повноційно створити та передбачити контакт із зеленими насадженнями, природними звуками та відкритими просторами.

Терапевтичні ландшафти – це використання простору навколо реабілітаційних центрів. Їх вплив насамперед базується на відновленні психоемоційної рівноваги. Залучення природних елементів створює відчуття безпеки та захищеності, що є критично важливим для пацієнтів із психічними травмами чи хронічним стресом.

Біофільний дизайн є одним із затребуваних сучасних напрямів у дизайн-проєктуванні, оскільки його об’єкти сприяють комфортному фізіологічному і психологічному стану людини, пропагують бережне ставлення до природних ресурсів, формують смакові переваги, споживчі установки, естетичні ідеали та, зрештою, екологічну культуру.

Під час проєктування реабілітаційних центрів рекомендовано використовувати такі елементи біофільного дизайну [11]:

– *природне освітлення* підвищує уважність, покращує настрій і сприяє ясності мислення: використання великих за розмірами вікон, світлових ліхтарів, сонячних тунелів та світлових колодязів;

– *використання кімнатних рослин у приміщеннях і зелених стін,* що допомагає знизити частоту серцебиття та артеріальний тиск, завдяки чому пацієнти почуваються спокійніше та менш ізольовано в лікарняному середовищі;

– *використання природних матеріалів* створює відчуття природної безпеки та затишку, що критично важливо для пацієнтів під час тривалої реабілітації. Крім естетики, вони надають можливість сформувати легкі, просторі об’єми з природним освітленням, що безпосередньо сприяє відновленню психологічного стану людини [12];

– *водні елементи* (фонтани, басейни, акваріуми, ставки або навіть звукові симулятори водних потоків) забезпечують глибоке психологічне розвантаження;

– *просторове планування території центру* – баланс між відкритими краєвидами (перспективами) та безпечними, закритими зонами для відпочинку та роздумів.

Світовий та український досвід влаштування терапевтичних садів у реабілітаційних центрах

Як приклади застосування біофільного дизайну у реабілітаційних центрах можна зазначити терапевтичний рекреаційний центр Джой Еванс у США (рис. 1). Центр реалізує концепцію «павільйону в лісі», максимально використовуючи розташування поряд із лісистою долиною струмка. Його біофільний дизайн проявляється у вертикальних дерев'яних рейках на фасаді, округлих колонах, що імітують стовбури дерев, та інтер'єрах, наповнених природним світлом. Стіна з моху, тепла деревина та вбудоване каміння створюють багатий сенсорний досвід. Вигнуті доріжки та м'які геометричні форми імітують плавні лінії природи, забезпечують інтуїтивно зрозумілу навігацію. Увесь простір сплановано таким чином, щоб запропонувати відвідувачам різноманітні сенсорні відчуття – від активних зон до затишних місць для відпочинку з краєвидами на ландшафт [23].



Рис. 1. Терапевтичний рекреаційний центр Джой Еванс у США

Лікарня Сіскін (Чаттанузі, штат Теннессі, США) відрізняється від інших наявністю «цілющих садів». Різноманітні текстуровані поверхні, сходи різної висоти та нахилу, а також підняті кашпо – це лише деякі з особливостей, які клініцисти використовуватимуть під час сеансів терапії на свіжому повітрі (рис. 2). «Цілющі сади» не лише підтримують фізичну реабілітацію, але й психічне благополуччя пацієнтів, їхніх близьких та співробітників лікарні. Дослідження показали чіткий зв'язок між природою та зціленням, включаючи покращення позитивних результатів лікування пацієнтів [24].

Терапевтичний сад на даху реабілітаційної лікарні Шваб у Чикаго (США) (рис. 3) створений таким чином, щоб бути доступним в тому числі для людей з інвалідністю. Тут влаштовані квіткові композиції, водоспад, який живить 15-метровий струмок, є безліч затінених місць для сидіння, дитячий майданчик, викладений м'якою гумовою плиткою, та баскетбольний майданчик. Кілька

контейнерів, розташованих по всьому саду, мають ідеальну висоту для садівництва, сидячи в інвалідному візку або стоячи [25].



Рис. 2. Цілющі сади лікарні Сіскін

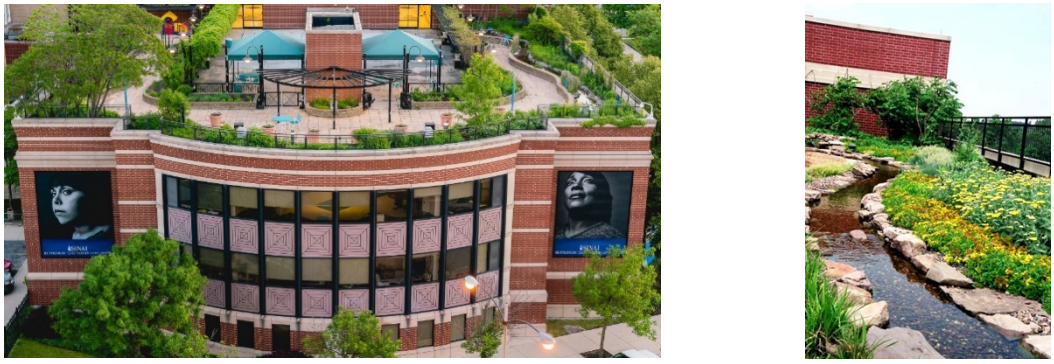


Рис. 3. Терапевтичний сад на даху реабілітаційної лікарні Шваб у Чикаго (США)

Дитячий шпиталь Перта в Західній Австралії (рис. 4) включає низку елементів для підтримки цілющого середовища: будівля спроєктована у формі квітки з палатами, що розгалужуються, як пелюстки; наявність великої кількості природного світла з великими вікнами в кожній стаціонарній палаті; доступ до зелених насаджень площею 3 500 м^2, включаючи сади та відкриті майданчики на верхніх поверхах; у внутрішньому оздобленні будівлі шпиталю зроблено акцент на зеленому кольорі, який асоціюється зі зростанням та оновленням [26].

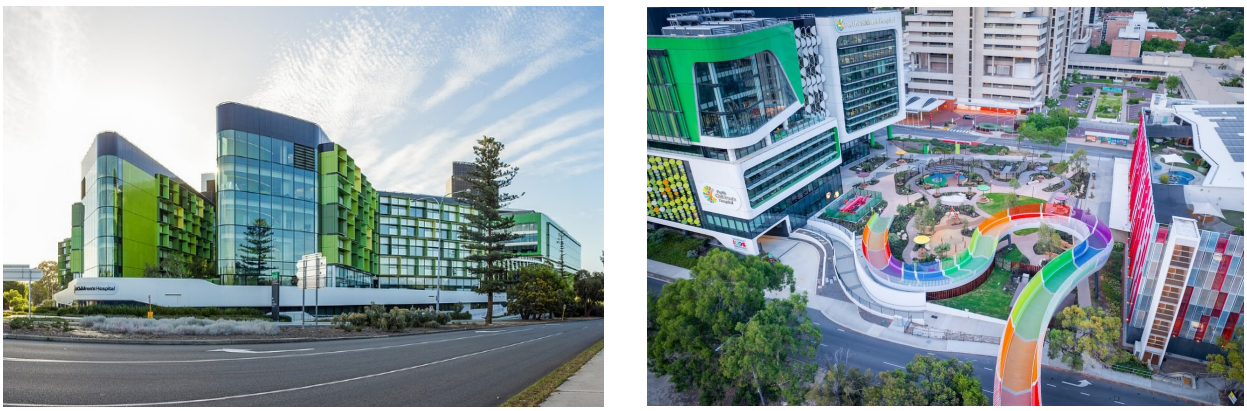


Рис. 4. Дитячий шпиталь Перта в Західній Австралії

Терапевтичний сад на ВДНГ в м. Києві (рис. 5) – це публічний простір для сенсорного розвантаження та відновлення. Він створений насамперед для військовослужбовців, ветеранів і ветеранок, але відкритий для всіх гостей комплексу [27].



Рис. 5. Терапевтичний сад на ВДНГ в м. Києві

Сад сприяє покращенню фізичного, психологічного та соціального здоров'я. Його дія базується на візуальних, звукових і тактильних контактах із природою, а також на залученні до спільнодії, творчості та роботи з тілом. Концепція саду передбачає садівничу терапію, зону тілесних практик із йогою, ерготерапією та адаптивним спортивним майданчиком, а також простір для арттерапії, лекцій, майстер-класів і групових занять. Тут облаштовані індивідуальні зони для відпочинку й розвантаження, а також дитяча зона. Весь простір безпечний і безбар'єрний. У терапевтичному саду діє система освітлення від компанії Expolight, яка не лише виконує практичну функцію, а й дарує відчуття безпеки, заспокоює, сповільнює та допомагає відірватися від ритму великого міста. Систему використовують для медитативних маршрутів, зон відпочинку та концентрації уваги. Вона поєднує опори зі світильниками й підземні джерела світла, побудовані на діодах, що відтворюють спектр заходу сонця – найбільш гармонійний для людини.

У Національному реабілітаційному центрі «Незламні» у м. Львові планують створити терапевтичний сад. Простір зонують за психологічними станами пацієнтів, також передбачені ділянки з деревами, кущами, місцями для усамітнення.

Реабілітаційний комплекс «Агапе Україна» [28] у селі Боратин Волинської області розташований у приміській природній зоні, тому територія

орієнтована на життя в середовищі, близькому до природи. Використовується відкритий простір для повсякденної активності пацієнтів, тому є поєднання житлових, терапевтичних і відкритих зелених зон.

Реабілітаційний центр «Сосни» – проводить комплексну реабілітацію, що охоплює фізичне відновлення, психологічну підтримку та соціальну адаптацію цивільних і військових пацієнтів [29]. Заклад розташований у зеленій зоні Києва, у сосновому лісі, що створює сприятливі умови для реабілітації. Центр має сучасні тренажерні зали, басейн, кабінети фізіотерапії та масажу, а також комфортабельні палати для проживання пацієнтів під час курсу лікування.

Проєктна пропозиція. Як результат дослідження запропоновано проєкт терапевтичного саду невеликої площі поруч із реабілітаційним центром (рис. 6). Цей сад спроєктовано як цілісний безбар'єрний простір, спрямований на психоемоційне відновлення, фізичну реабілітацію та сенсорну стимуляцію відвідувачів. Планування поєднує принципи ландшафтної терапії, універсального дизайну та екологічності.

Простір саду розподілений на функціональні зони, які плавно переходять одна в одну, забезпечуючи комплексний терапевтичний ефект:

– *зона соціалізації та усамітнення.* По території прокладено прогулянкові доріжки уздовж яких влаштовані майданчики тихого відпочинку з лавами. Мережа критих дерев'яних альтанок, обладнаних лавами-гойдалками, створює умови як для тихого відпочинку сам на сам із природою, так і для безпечної соціальної взаємодії чи групової арт-терапії (рис. 7).

– *гідротерапевтична та релаксаційна зона.* В саду влаштовано штучну водойму із надводною альтанкою (рис. 8).

– *зона сенсорного досвіду та городництва* (рис. 9). Ділянка для гармонізації психоемоційного стану через тактильну та ароматерапію. Підняті ергономічні грядки дозволяють людям на кріслах колісних або похилого віку взаємодіяти з рослинами без фізичного перенапруження.

Проєкт розроблено з урахуванням вимог доступності, що робить його комфортним для всіх груп населення. Як засіб безпеки та вільного орієнтування в просторі для осіб з порушенням зору на доріжках укладаються попереджувальні та напрямні тактильні смуги. Доріжки мають рівне, нековзке, безшовне покриття з природного каменю без перепадів висоти, що забезпечує безбар'єрне пересування. Радіусні та напівкруглі лави вздовж пішохідних доріжок та на майданчиках відпочинку дозволяють відпочивати великим групам людей та підтримувати візуальний контакт під час спілкування.

Для озеленення використані рослини, що активно взаємодіють з різними органами чуття: дотиком, нюхом, зором та навіть смаком. Усі рослини є

безпечними, нетоксичними та гіпоалергенними, збагачують повітря фітонцидами:



Рис. 6. Проєкт безбар'єрного терапевтичного саду



Рис. 7. Альтанка з гойдалкою



Рис. 8. Водна зона та відпочинок біля ставка



Рис. 9. Зона сенсорного досвіду та городництва

Рослини, які виділяють ефірні олії при тактильному контакті, впливають на нюхові та смакові відчуття і застосовуються як ароматерапія, що сприяє зниженню стресу: лаванда вузьколиста має виражений заспокійливий ефект, стабілізує емоційний стан; шавлія дібровна забезпечує тривале цвітіння у фіолетових тонах і насичений терпкий аромат; м'ята перцева або кучерява дарує відчуття свіжості; чебрець повзучий має сильний пряний аромат, стійкий до пошкоджень; розмарин лікарський має хвойно-камфорний аромат, який покращує концентрацію уваги та пам'ять.

Рослини з різною текстурою листя від шовковисто-м'яких до пружних і рельєфних впливають на тактильні відчуття: чистець візантійський має густе сріблясто-сіре опушення, м'яке на дотик, що дуже подобається дітям та дорослим під час тактильних практик; шавлія мускатна має велике, шорстке, рельєфне листя з вираженими прожилками; очиток видний з м'ясистим,

гладким та прохолодним на дотик листям, яке створює контраст із пухнастими текстурами.

Рослини, які створюють м'який візуальний акцент, додають саду руху від найменшого подиху вітру, впливають на зорові відчуття: перовскія лебедолиста створює ефект невагомої синьо-фіолетової хмари, чудово доповнює лаванду; вівсяниця сиза – невисокий злак у вигляді акуратних блакитно-сірих кущиків, що додає графічності та контрасту за формою; алісум морський – низькорослa рослина, яка повністю вкриває край грядки дрібними квітами та має легкий медовий аромат.

Висновок. Сучасна медицина дедалі частіше відходить від суто медикаментозного лікування, визнаючи вирішальну роль навколишнього середовища у процесі одужання. Сьогодні природне оточення розглядається не просто як декоративний елемент, а й як потужний інструмент терапії. Саме тому при проєктуванні реабілітаційного центру ландшафт набуває ключового значення, стаючи невід'ємною частиною лікувального простору. Від того, наскільки гармонійно буде організоване довкілля, залежить психоемоційний стан пацієнтів та ефективність їхнього відновлення.

Таким чином, біофільний дизайн у реабілітаційних центрах демонструє ефективний синтез архітектури, психології сприйняття та турботи про здоров'я людини. Враховуючи вроджену потребу людей у контакті з живою природою, він дозволяє створювати простори, які працюють на одужання не лише через функціональність, а й через емоційний та сенсорний вплив.

Список використаних джерел

1. Психологічні особливості впливу природи на психічний стан – важливі аспекти, (2024). URL: https://fact-news.com.ua/psixologichni-osoblivosti-vplivu-prirodi-na-psixichnij-stan-vazhlivi-aspekti/

2. Основи законодавства України про охорону здоров'я. Закон України 19.11.1992 № 2801-XII. – Електронні текстові дані / Верховна Рада України. URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2801-12#Text, вільний (дата звернення 05.06.2026). – Назва з екрана. – (Закон України).

3. Про реабілітацію у сфері охорони здоров'я. Закон України від 19.12.2024 № 4170-IX. – Електронні текстові дані / Верховна Рада України. URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1053-20#Text, вільний (дата звернення 05.06.2026). – Назва з екрана. – (Закон України).

4. ДБН В.2.2-10:2022. Заклади охорони здоров'я. Основні положення. – Чинний від 2023-03-01. – Київ.: Мінрегіон. 2022. – 73 с. – URL: https://dreamdim.ua/wp-content/uploads/2023/03/DBN_V2-2-10_2022.pdf.

5. ДБН В.2.2-40-2018. Інклюзивність будівель і споруд. Основні положення. – Чинний від 2019–04–01. – Київ.: Мінрегіон. 2018. – 70 с. – URL: https://dbn.co.ua/load/normativy/dbn/dbn_v_2_2_40/1-1-0-1832.

6. Конвенція про права осіб з інвалідністю від 13.12.2006. URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/995_g71/print.

7. European Pillar of Social Rights. URL: https://commission.europa.eu/system/files/2017-11/social-summit-european-pillar-social-rights-booklet_en.pdf

8. EN 17161:2019. Design for All - Accessibility following a Design for All approach in products, goods and services - Extending the range of users. 29 January 2020. URL: https://accessible-eu-centre.ec.europa.eu/content-corner/digital-library/en-171612019-design-all-accessibility-following-design-all-approach-products-goods-and-services_en.

9. Коваль І. Садова терапія для літніх людей: елементи, поради та розрахунки. URL: https://rodichi.in.ua/blog/sadova-terapiya-dlya-litnih-lyudej/.

10. Лотоцька В.М. Терапевтичні ландшафти у дизайні міського середовища: вітчизняний та зарубіжний досвід. Український мистецтвознавчий дискурс / Ukrainian Art Discourse. Випуск / Issue 5, 2024. С. 94–100. Ukrainian Art Science. URL: https://ukrainianartscience.in.ua/index.php/uad/article/view/304/259.

11. L. Miola, A. Boldrini, F. Pazzaglia. The healing power of nature. Biophilic design applied to healthcare facilities. Current Opinion in Psychology. 2025. V. 64. URL: https://doi.org/10.1016/j.copsyc.2025.102049.

12. Шехоркіна С., Мерилова І., Нікіфорова Т., Федін В. Біопозитивна архітектура реабілітаційного центру для ветеранів і цивільних постраждалих від воєнних дій. Національний університет «Львівська політехніка». Серія: Архітектура. 2025. С. 60-72. URL: https://science.lpnu.ua/sites/default/files/journal-paper/2025/sep/39877/4.pdf.

13. Обиночна З. Принципи та методи організації сенсорного саду із врахуванням відвідувачів – осіб з інвалідністю. Теорія та практика дизайну. Вип. 25. 2022. Архітектура та будівництво. С. 85–92.2.

14. Мельник Ю.А., Верешко О.В., Войтюк А.І., Мельник О.В., Гомон С.С. Терапевтичні ландшафти в системі публічного простору закладів вищої освіти як засіб розкриття творчого потенціалу здобувачів. Сучасні технології та методи розрахунків у будівництві. Вип. 17. 2022. С. 78–83.3.

15. Бідолах Д., Кузьович В., Підховна С. Особливості проєктування терапевтичного саду. Innovativedevelopmentofscience, technologyandeducation: матеріали IX Міжнар. наук.-практ. конф. (6-8 червня 2024 р., м. Ванкувер, Канада). Ванкувер, 2024. С. 14–20. URL: https://sci-conf.com.ua/wp-content/uploads/2024/06/INNOVATIVE-DEVELOPMENT-OF-SCIENCE-TECHNOLOGY-AND-EDUCATION-6-8.06.2024.pdf.

16. M.P. Jimenez, N.V. DeVille, E.G. Elliott, J.E. Schiff, G.E. Wilt, J.E. Hart, P. James Associations between nature exposure and health: a review of the evidence Int J Environ Res Publ Health, 18 (2021), p. 4790, 10.3390/ijerph18094790.

17. I. Al Khatib, F. Samara, M. Ndiaye A systematic review of the impact of therapeutical biophilic design on health and wellbeing of patients and care providers in healthcare services settings. Front built environ,10 (2024), Article 1467692, 10.3389/fbuil.2024.1467692.

18. R. Berto. The role of nature in coping with psycho-physiological stress: a literature review on restorativeness. Behav Sci, 4 (2014), pp. 394-409, 10.3390/bs4040394.

19. J.S. Gaekwad, A. Sal Moslehian, P.B. Roös, A. Walker. A meta-analysis of emotional evidence for the biophilia hypothesis and implications for biophilic design. Front Psychol, 13 (2022), Article 750245, 10.3389/fpsyg.2022.750245.

20. M. Artmann, X. Chen, a C. Ioj, A. Hof, D. Onose, L. Poniży, *et al.* The role of urban green spaces in care facilities for elderly people across European cities. Urban For Urban Green, 27 (2017), pp. 203-213, 10.1016/j.ufug.2017.08.007.

21. B.H. Tekin, R. Corcoran, R. Gutiérrez. A systematic review and conceptual framework of biophilic design parameters in clinical environments. HERD, 16 (2023), pp. 233-250, 10.1177/19375867221118675.

22. B. Seale, A. Davis, J. Lawson, L. Smith, J. Watson, C. Henderson-Wilson. Nature-based design in stroke rehabilitation environments: a scoping review. HERD (2024), 10.1177/19375867241251832.

23. Joy Evans Therapeutic Recreation Center / DLR Group. DLR Group // Integrated Design Firm. 2 Sept. 2025. URL: https://www.dlrgroup.com/firm-news/joy-evans-therapeuticrecreation-center-design-unveiled/.
24. Siskin Hospital celebrates Healing Garden grand opening. URL: https://www.siskinrehab.org/siskin-hospital-news/siskin-hospital-celebrates-healing-garden-grand-opening
25. Urban Oasis. March 1, 2006. URL: https://healthcaredesignmagazine.com/news/urban-oasis/446/
26. Perth Children's Hospital: PCH. URL: https://pch.health.wa.gov.au.
27. Терапевтичний сад на ВДНГ. URL: https://bcl.com.ua/projects/terapevtichniy-sad-na-vdng.
28. Реабілітаційний комплекс «Агапе Україна». URL: https://www.agapeukraine.com/.
29. Реабілітаційний центр Сосни URL: https://sos-na.kiev.ua/ua/reabilitaciya/.

Doctor of Technical Sciences, Professor, **Lynnyk Iryna,**
Simonova Anastasia,
O.M. Beketov National University of Municipal Economy in Kharkiv

APPLICATION OF BIOPHILIC DESIGN PRINCIPLES AND THERAPEUTIC LANDSCAPES IN THE DESIGN OF REHABILITATION CENTERS

Modern principles of architectural and spatial organization in rehabilitation centers prioritize environmental sustainability, biophilic design, and the active integration of natural elements. In a world saturated with information and artificial materials, natural environments serve as a key source of physical and psycho-emotional recovery, reducing stress, alleviating nervous tension, and accelerating patient healing. However, designing such facilities requires aligning modern biophilic principles with regulatory frameworks. Developing an effective rehabilitation environment in Ukraine necessitates navigating a multi-level legal and regulatory framework, including the Laws of Ukraine "On Rehabilitation in Healthcare", State building codes "Healthcare Facilities" and "Inclusivity of Buildings and Structures". Despite recent updates, inconsistency remains between modern rehabilitation requirements and existing buildings erected under outdated Soviet norms. Furthermore, integrating Ukraine into the European space requires harmonizing national regulations with EU standards, such as the UN Convention on the Rights of Persons with Disabilities and the European Pillar of Social Rights, which emphasize functional results, human rights, and social inclusion over rigid technical constraints. This study aims to identify the key elements of biophilic design in healthcare architecture, analyze global and Ukrainian practices in constructing therapeutic gardens, and propose a conceptual design for a barrier-free therapeutic garden adjacent to a rehabilitation center. Based on international and national experience, the

paper presents a design proposal for a small-scale, barrier-free therapeutic garden. The design features functional zoning, including socialization and quiet areas with gazebos and swing benches, a hydrotherapeutic zone with an artificial pond, and an interactive sensory garden with raised ergonomic beds for wheelchair users. To engage tactile, olfactory, visual, and taste senses, non-toxic, phytoncide-rich plants were selected (e.g., lavender, sage, thyme, *Stachys byzantina*, and ornamental grasses). The project incorporates universal design principles, seamlessly integrating non-slip stone paths, tactile warning strips, and adaptive lighting to ensure a safe, restorative, and inclusive environment.

Keywords: biophilic design; rehabilitation center; therapeutic garden; barrier-free environment; inclusivity; landscape therapy.

REFERENCES

1. Psykholohichni osoblyvosti vplyvu pryrody na psykhichnyi stan – vazhlyvi aspekty, (2024). URL: https://fact-news.com.ua/psixologichni-osoblivosti-vplivu-prirodi-na-psixichnij-stan-vazhlivi-aspekti/. {in Ukrainian}.

2. Osnovy zakonodavstva Ukrainy pro okhoronu zdorovia. Zakon Ukrainy 19.11.1992

№ 2801-KhII. – Elektronni tekstovi dani / Verkhovna Rada Ukrainy. URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2801-12#Text, vilnyi (data zvernennia 05.06.2026). – Nazva z ekrana. – (Zakon Ukrainy). {in Ukrainian}.

3. Pro reabilitatsiiu u sferi okhorony zdorovia. Zakon Ukrainy vid 19.12.2024 № 4170-IX. – Elektronni tekstovi dani / Verkhovna Rada Ukrainy. URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1053-20#Text, vilnyi (data zvernennia 05.06.2026). – Nazva z ekrana. – (Zakon Ukrainy). {in Ukrainian}.

4. DBN V.2.2-10:2022. Zaklady okhorony zdorovia. Osnovni polozhennia. – Chynnyi vid 2023-03-01. – Kyiv.: Minrehion. 2022. – 73 s. – URL: https://dreamdim.ua/wp-content/uploads/2023/03/DBN_V2-2-10_2022.pdf. {in Ukrainian}.

5. DBN V.2.2-40-2018. Inkliuzyvnist budivel i sporud. Osnovni polozhennia. – Chynnyi vid 2019–04–01. – Kyiv.: Minrehion. 2018. – 70 s. – URL: https://dbn.co.ua/load/normativy/dbn/dbn_v_2_2_40/1-1-0-1832. {in Ukrainian}.

6. Konventsiia pro prava osib z invalidnistiu vid 13.12.2006. URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/995_g71/print. {in Ukrainian}.

7. European Pillar of Social Rights. URL: https://commission.europa.eu/system/files/2017-11/social-summit-european-pillar-social-rights-booklet_en.pdf. {in English}.

8. EN 17161:2019. Design for All - Accessibility following a Design for All approach in products, goods and services - Extending the range of users. 29 January 2020. URL: https://accessible-eu-centre.ec.europa.eu/content-corner/digital-

library/en-171612019-design-all-accessibility-following-design-all-approach-products-goods-and-services_en. {in English}.

9. Koval I. Sadova terapiia dlia litnikh liudei: elementy, porady ta rozrakhunky. URL: https://rodichi.in.ua/blog/sadova-terapiya-dlya-litnih-lyudej/. {in Ukrainian}.

10. Lototska V.M. Terapevtychni landshafty u dyzaini miskoho seredovyshcha: vitchyznianyi ta zarubizhnyi dosvid. Ukrainskyi mystetstvoznavchyi dyskurs / Ukrainian Art Discourse. Vypusk / Issue 5, 2024. S. 94–100. Ukrainian Art Science. URL: https://ukrainianartscience.in.ua/index.php/uad/article/view/304/259. {in Ukrainian}.

11. L. Miola, A. Boldrini, F. Pazzaglia. The healing power of nature. Biophilic design applied to healthcare facilities. Current Opinion in Psychology. 2025. V. 64. URL: https://doi.org/10.1016/j.copsyc.2025.102049. {in English}.

12. Shekhorkina S., Merylova I., Nikiforova T., Fedin V. Biopozytyvna arkhitektura reabilitatsiinoho tsentru dlia veteraniv i tsyvilnykh postrazhdalykh vid voiennykh dii. Natsionalnyi universytet «Lvivska politekhnika». Seriia: Arkhitektura. 2025. S. 60-72. URL: https://science.lpnu.ua/sites/default/files/journal-paper/2025/sep/39877/4.pdf. {in Ukrainian}.

13. Obynochna Z. Pryntsypy ta metody orhanizatsii sensornoho sadu iz vrakhuvanniam vidviduvachiv – osib z invalidnistiu. Teoriia ta praktyka dyzainu. Vyp. 25. 2022. Arkhitektura ta budivnytstvo. S. 85–92.2. {in Ukrainian}.

14. Melnyk Yu.A., Vereshko O.V., Voitiuk A.I., Melnyk O.V., Homon S.S. Terapevtychni landshafty v systemi publichnoho prostoru zakladiv vyshchoi osvity yak zasib rozkryttia tvorchoho potentsialu zdobuvachiv. Suchasni tekhnolohii ta metody rozrakhunkiv u budivnytstvi. Vyp. 17. 2022. S. 78–83.3. {in Ukrainian}.

15. Bidolakh D., Kuzovych V., Pidkhovna S. Osoblyvosti proiektuvannia terapevtychnoho sadu. Innovativedevelopmentofscience, technologyandeducation: materialy IX Mizhnar. nauk.-prakt. konf. (6-8 chervnia 2024 r., m. Vankuver, Kanada). Vankuver, 2024. S. 14–20. URL: https://sci-conf.com.ua/wp-content/uploads/2024/06/INNOVATIVE-DEVELOPMENT-OF-SCIENCE-TECHNOLOGY-AND-EDUCATION-6-8.06.2024.pdf. {in Ukrainian}.

16. M.P. Jimenez, N.V. DeVille, E.G. Elliott, J.E. Schiff, G.E. Wilt, J.E. Hart, P. James Associations between nature exposure and health: a review of the evidence Int J Environ Res Publ Health, 18 (2021), p. 4790, 10.3390/ijerph18094790. {in English}.

17. I. Al Khatib, F. Samara, M. Ndiaye A systematic review of the impact of therapeutical biophilic design on health and wellbeing of patients and care providers in healthcare services settings. Front built environ,10 (2024), Article 1467692, 10.3389/fbuil.2024.1467692. {in English}.

18. R. Berto. The role of nature in coping with psycho-physiological stress: a literature review on restorativeness. Behav Sci, 4 (2014), pp. 394-409, 10.3390/bs4040394. {in English}.

19. J.S. Gaekwad, A. Sal Moslehian, P.B. Roös, A. Walker. A meta-analysis of emotional evidence for the biophilia hypothesis and implications for biophilic design. Front Psychol, 13 (2022), Article 750245, 10.3389/fpsyg.2022.750245. {in English}.

20. M. Artmann, X. Chen, a C. Ioj, A. Hof, D. Onose, L. Poniży, et al. The role of urban green spaces in care facilities for elderly people across European cities. Urban For Urban Green, 27 (2017), pp. 203-213, 10.1016/j.ufug.2017.08.007. {in English}.

21. B.H. Tekin, R. Corcoran, R. Gutiérrez. A systematic review and conceptual framework of biophilic design parameters in clinical environments. HERD, 16 (2023), pp. 233-250, 10.1177/19375867221118675. {in English}.

22. B. Seale, A. Davis, J. Lawson, L. Smith, J. Watson, C. Henderson-Wilson. Nature-based design in stroke rehabilitation environments: a scoping review. HERD (2024), 10.1177/19375867241251832. {in English}.

23. Joy Evans Therapeutic Recreation Center / DLR Group. DLR Group // Integrated Design Firm. 2 Sept. 2025. URL: https://www.dlrgroup.com/firm-news/joy-evans-therapeuticrecreation-center-design-unveiled/. {in English}.

24. Siskin Hospital celebrates Healing Garden grand opening. URL: https://www.siskinrehab.org/siskin-hospital-news/siskin-hospital-celebrates-healing-garden-grand-opening. {in English}.

25. Urban Oasis. March 1, 2006. URL: https://healthcaredesignmagazine.com/news/urban-oasis/446/. {in English}.

26. Perth Childrens Hospital: PCH. URL: https://pch.health.wa.gov.au. {in English}.

27. Terapevtychnyi sad na VDNH. URL: https://bcl.com.ua/projects/terapevtichniy-sad-na-vdng. {in Ukrainian}.

28. Reabilitatsiinyi kompleks «Ahape Ukraina». URL: https://www.agapeukraine.com/. {in Ukrainian}.

29. Reabilitatsiinyi tsentr Sosny URL: https://sos-na.kiev.ua/ua/reabilitaciya/. {in Ukrainian}.

DOI: 10.32347/2076-815x.2026.93.220-236
УДК 711.712

к. арх., доцент **Мерилова І.О.,**
iryna.merylova@gmail.com, ORCID: 0000-0001-5375-1359,
Український державний університет науки та технології,
ННІ «Придніпровська державна академія будівництва та архітектури»,
д. екон. н., професор **Безугла Л.С.,**
bezuhla.l.s@nmu.one, ORCID ID: 0000-0002-6520-4325,
д. екон. н., доцент **Бєлобородова М.В.**,
bieloborodova.m.v@nmu.one, ORCID ID: 0000-0001-8329-7679,
Національний технічний університет «Дніпровська політехніка»

РЕКРЕАЦІЙНИЙ ПОТЕНЦІАЛ РЕВІТАЛІЗОВАНИХ ПРОМИСЛОВИХ ТЕРИТОРІЙ ЯК ФАКТОР ПІДВИЩЕННЯ ЯКОСТІ ЖИТТЯ НАСЕЛЕННЯ ПРИДНІПРОВСЬКОГО РЕГІОНУ

Досліджено рекреаційний потенціал промислових територій Придніпровського регіону в якості ресурсу містобудівної трансформації та підвищення якості міського середовища. Обґрунтовано, що такі території доцільно розглядати не лише як проблемні або резервні ділянки, а як елементи рекреаційної системи населених місць. На основі просторово-планувальних, екологічних, транспортно-комунікаційних, соціально-функціональних і культурно-ідентифікаційних чинників запропоновано три планувальні моделі рекреаційної трансформації промислових територій: ландшафтно-рекреаційну модель, модель просторової зв'язності та модель інтеграції індустріальної спадщини. Визначено їх зміст, типи територій, до яких вони можуть застосовуватися, та очікуваний містобудівний ефект. Показано, що використання зазначених моделей дозволяє диференційовано підходити до ревіталізації промислових ареалів, забезпечуючи їх включення у зелений каркас, подолання просторової фрагментації та збереження індустріальної ідентичності.

Ключові слова: промислові території; ревіталізація; рекреаційний потенціал; планувальні моделі; Придніпровський регіон; просторова зв'язність; індустріальна спадщина; brownfield

Постановка проблеми. Специфіка промислових галузей Придніпровського регіону історично сформувала просторовий каркас його міст, визначивши характер розселення, транспортні зв'язки, функціональне зонування та екологічний стан населених міст. У містах із переважанням металургійного, гірничодобувного, машинобудівного та енергетичного

комплексів промислові ареали стали не периферійними елементами, а основою структури міської морфології. Разом з тим вони спричинили просторову фрагментацію, формування санітарно-захисних розривів, інфраструктурних бар'єрів, обмеження доступу до прибережних територій і дефіцит якісних відкритих просторів для населення.

У сучасних умовах ревіталізація промислових територій міст Придніпровського регіону має розглядатися не як формальна зміна функціонального призначення окремих ділянок, а як інструмент комплексної трансформації міського середовища. Її рекреаційний потенціал полягає у можливості перетворення виробничих ареалів низької ефективності на відкриті громадські простори, націлені на подолання негативних наслідків індустріалізації: підвищення просторової зв'язності міста, компенсація дефіциту зелених зон, активізація прибережних та депресивних території й інтеграція індустріальної спадщини в сучасний міський ландшафт. Тому рекреаційно орієнтована ревіталізація має розглядатися не лише як форма редевелопменту чи інвестиційного освоєння територій, а як чинник підвищення характеристик міського простору.

Отже, актуальним є формування містобудівного підходу, за якого ревіталізовані промислові території аналізуються в якості складових цілісної рекреаційної системи міста й регіону. Такий підхід дозволяє розглядати промислові ареали не лише в контексті їх проблематик або резервного статусу, а як стратегічний ресурс просторового розвитку, екологічного відновлення та соціальної активації.

Метою дослідження є обґрунтування містобудівного значення рекреаційного потенціалу ревіталізованих промислових територій Придніпровського регіону та визначення напрямів їх інтеграції у просторову структуру міст як чинника підвищення якості життя населення.

Методологія дослідження поєднує підходи до ревіталізації промислових територій, оцінки рекреаційного потенціалу та аналізу якості міського середовища. Промислові території Придніпровського регіону в роботі розглядаються як раніше освоєні виробничі ареали, що частково або повністю втратили первинну функціональну інтенсивність, але зберігають потенціал повторного включення у просторову структуру населених місць.

У міжнародній науковій літературі такі території часто розглядаються через поняття «brownfield», що означає «раніше освоєні або забудовані ділянки, які нині використовуються неповною мірою». Вони можуть мати ознаки занедбаності чи забруднення та потребують цілеспрямованого втручання для повторного включення в міське середовище [1]. Для цього дослідження принциповим є не буквальне ототожнення промислових територій

Придніпровського регіону з brownfield-ділянками, а сам методологічний підхід до їх аналізу.

Європейська традиція сталого відновлення brownfield-територій розглядає ревіталізацію в контексті її процесуальної комплексності, що поєднує екологічні, економічні, соціальні, планувальні та управлінські складові [2]. Це положення є важливим для дослідження промислових територій Придніпровського регіону, оскільки їх трансформація не може зводитися лише до зміни функціонального призначення або комерційного переосвоєння окремих ділянок - у містобудівному аспекті вони мають розглядатися як елементи ширшої просторової системи, яка забезпечує збалансований просторовий розвиток урбанізованих територій. У працях C. A. De Sousa обґрунтовано, що трансформація brownfield-територій у зелені простори має комплексний ефект: сприяє екологічному відновленню, розширює доступ населення до рекреації та змінює сценарії повсякденного використання міського середовища [3]. Цей підхід доповнюється ландшафтно-контекстуальним баченням L. Loures і T. Panagopoulos, як носії пам'яті, ідентичності та ландшафтного потенціалу [4]. Оцінювання такого потенціалу потребує багатокритеріального підходу. З урахуванням дослідження G. C. Wedding та D. Crawford-Brown, де успішність редевелопменту brownfield-територій оцінюється через показники екологічної безпеки, життєпридатності середовища та соціально-економічної ефективності, у даному дослідженні рекреаційний потенціал промислових територій пропонується визначати через доступність, екологічний комфорт, просторову зв'язність, соціальний ефект, можливість повсякденного використання та здатність території оптимізовувати параметри просторово-планувальної структури міст [5].

Окремий методичний акцент в статті зроблено на просторових чинниках ревіталізації. У дослідженні B. Frantál та ін. обґрунтовано, що успішність повторного використання brownfield-територій залежить від їх локалізації, транспортної доступності, розміру ділянки, попереднього використання, функціонального оточення та зв'язку з місцевим розвитком [6]. У межах даного дослідження ці положення адаптовано для аналізу промислових територій Придніпровського регіону з позиції їхнього розташування у міській структурі, зв'язку з житловими районами, прибережними зонами, зеленим каркасом, громадськими центрами та транспортною інфраструктурою.

Оскільки промислові території Придніпровського регіону є складовими сформованої системи розселення, функціонального зонування, транспортно-планувальних зв'язків і природно-рекреаційного каркаса, подальше методологічне обґрунтування дослідження спирається на положення української містобудівної школи, яка розглядає місто й регіон як цілісні

просторово-функціональні системи, що розвиваються у взаємодії соціальних, природних, інфраструктурних та планувальних чинників. У межах української містобудівної традиції важливими для цього дослідження стали праці І. О. Фоміна, М. М. Дьоміна, М. М. Габреля, Ю. М. Білоконя, В. І. Нудельмана та Т. Ф. Панченко. Їхні підходи дозволяють розглядати ревіталізацію промислових територій в якості елементу просторової організації населених місць, регіонального планування, рекреаційного розвитку та формування середовищ них характеристик урбанізованих просторів [7-13].

Нормативно-інформаційну основу дослідження становлять чинні законодавчі та нормативні документи України у сфері містобудівної діяльності, планування територій і благоустрою населених пунктів. Зокрема, враховано положення Законів України «Про основи містобудування» та «Про регулювання містобудівної діяльності», які визначають правові й організаційні засади планування та використання територій [14, 15]. Методологічно важливими стали положення ДБН Б.2.2-12:2019 «Планування та забудова територій», ДБН Б.1.1-14:2021 «Склад та зміст містобудівної документації на місцевому рівні» та ДБН Б.2.2-5:2011 «Благоустрій територій», оскільки вони закладають нормативну базу для аналізу функціонально-планувальної організації територій, відкритих громадських просторів, рекреаційних зон, планувальних обмежень і благоустрою [16-18].

Для врахування регіональної специфіки Придніпровського регіону використано документи стратегічного та інформаційно-аналітичного характеру, що стосуються Дніпропетровської області: «Стратегію регіонального розвитку Дніпропетровської області на період до 2027 року», «План заходів на 2025-2027 роки з реалізації Стратегії регіонального розвитку Дніпропетровської області на період до 2027 року», «Екологічний паспорт Дніпропетровської області» та інформаційні матеріали «Паспорт області» [19, 20]. Зазначені джерела використано для уточнення соціально-економічних, екологічних, просторових і планувальних передумов ревіталізації промислових територій, а також для обґрунтування їхнього потенціалу як складових рекреаційної системи населених місць Придніпров’я.

Виклад основного матеріалу. З урахуванням окресленої методологічної бази, ця стаття є складовою ширшого циклу досліджень авторів, присвячених ревіталізації промислових територій Придніпровського регіону. У межах цієї роботи основну увагу зосереджено не на інвентаризації окремих промислових ділянок і не на розробленні проєктних рішень для конкретних об’єктів, а на формуванні планувальних моделей їх рекреаційної трансформації.

Рекреаційний потенціал промислових територій не є однорідним: він залежить від містобудівного положення ділянки, характеру попереднього

використання, екологічного стану, рівня доступності, зв’язку з природним каркасом, житловою забудовою, транспортною мережею та наявності елементів індустріальної спадщини. Тому повторне включення таких територій у просторову структуру населених місць потребує диференційованих моделей трансформації. У межах даного дослідження «планувальна модель» розуміється як узагальнена схема містобудівної трансформації промислової території, що визначає провідний напрям її рекреаційного використання, характер просторових зв’язків, функціональне наповнення.

Разом з тим, для обґрунтування планувальних моделей рекреаційної трансформації промислових територій необхідним є визначення чинників, що формують їхній потенціал у конкретних умовах Придніпровського регіону [21, 22]. Специфіка регіону полягає у високій концентрації промислових ареалів у структурі міст, значній ролі металургійного, гірничодобувного, машинобудівного та енергетичного комплексів, а також у тісному зв’язку промислових територій із транспортною інфраструктурою, водними об’єктами, житловою забудовою та системою розселення. Тому рекреаційний потенціал таких територій визначається не лише фактом втрати або зниження виробничої функції, а їхнім положенням у планувальній структурі населених місць.

Просторово-планувальні чинники. До них належать положення промислової території відносно центру міста, житлових районів, громадських просторів, транспортних вузлів, прибережних зон і зеленого каркаса. Території, що розташовані у внутрішньоміській структурі або на межі житлових районів, мають потенціал для формування локальних громадських і рекреаційних просторів. Натомість ареали, витягнуті вздовж залізниць, магістралей, річкових долин або інженерних коридорів, можуть виконувати роль лінійних зв’язків, рекреаційних вісей і зелених коридорів.

Екологічні та ландшафтні чинники. Для Придніпровського регіону характерною є наявність порушених земель, відвалів, кар’єрів, санітарно-захисних зон, деградованих промислових ділянок і територій із підвищеним антропогенним навантаженням. Такі ареали не завжди придатні до інтенсивного будівельного освоєння, однак можуть бути включені до природно-рекреаційного каркасу через рекультивацію, озеленення, формування буферних зон, екологічних маршрутів і ландшафтно-рекреаційних просторів.

Транспортно-комунікаційні чинники, пов’язані з доступністю території, наявністю пішохідних і велосипедних маршрутів, громадського транспорту, транспортних вузлів і можливістю подолання інфраструктурних бар’єрів. Для промислових міст Придніпровського регіону це має особливе значення, оскільки виробничі ареали часто переривають міські зв’язки, обмежують доступ до водних об’єктів і розділяють житлові райони. У таких умовах

рекреаційна трансформація може виконувати не лише дозвіллєву, а й структурно-комунікаційну функцію.

Соціально-функціональні чинники: дефіцит відкритих громадських просторів, потреба у повсякденній рекреації, близькість до житлової забудови, наявність освітніх, культурних, спортивних і громадських функцій у прилеглих районах. Ці чинники визначають можливість перетворення частини промислових територій на локальні рекреаційні осередки, орієнтовані на щоденне використання населенням.

Культурно-ідентифікаційні чинники, пов'язані з наявністю об'єктів індустріальної спадщини, характерних промислових ландшафтів, історичних виробничих корпусів, інженерних споруд та інших матеріальних свідчень промислового розвитку. Для Придніпровського регіону цей аспект є принциповим, оскільки промислова спадщина формує не лише архітектурно-просторовий образ багатьох міст, а й їхню локальну ідентичність.

Таким чином, рекреаційний потенціал промислових територій Придніпровського регіону формується на перетині просторово-планувальних, екологічних, транспортно-комунікаційних, соціально-функціональних і культурно-ідентифікаційних чинників. Саме різне поєднання цих чинників зумовлює необхідність виділення кількох планувальних моделей рекреаційної трансформації, кожна з яких відповідає певному типу містобудівної ситуації (табл. 1).

Таблиця 1

Характеристика планувальних моделей рекреаційної трансформації промислових територій

Планувальна модель	**Тип територій**	**Основний зміст трансформації**	**Містобудівний ефект**
Ландшафтно-рекреаційна модель	Кар'єри, відвали, санітарно-захисні зони, деградовані землі	Екологічна реабілітація, озеленення, ландшафтні парки, екологічні маршрути	Включення порушених територій у зелений і рекреаційний каркас
Модель просторової зв'язності	Території вздовж транспортних, інженерних, природних і прибережних коридорів	Зелені коридори, пішохідні та велосипедні маршрути, рекреаційні вісі	Подолання просторової фрагментації та посилення зв'язності між населеними пунктами
Модель інтеграції індустріальної спадщини	Території з об'єктами індустріальної спадщини	Музеї, артпростори, туристичні індустріальні маршрути, кластери	Збереження пам'яті місця та формування міської ідентичності

Ландшафтно-рекреаційна модель трансформації промислових територій. Вона скерована на ті території, що характеризуються значним антропогенним навантаженням, порушеною морфологією рельєфу, екологічними обмеженнями або низькою придатністю до інтенсивної забудови. До таких територій можуть належати відпрацьовані кар'єри, відвали, території санітарно-захисних зон, деградовані промислові ділянки, периферійні виробничі ареали, а також ділянки, що втратили первинну функціональну активність, але зберігають значний потенціал для включення до природно-рекреаційного каркасу населеного пункту.

На відміну від моделей, орієнтованих на комерційний редевелопмент або ущільнення забудови, ландшафтно-рекреаційна модель виходить із пріоритету екологічного відновлення, просторової реабілітації та формування відкритих територій загального користування. Її містобудівна логіка полягає не в заміщенні промислової функції новою забудовою, а в поверненні порушених територій до системи відкритих просторів через рекультивацію, озеленення, ландшафтне моделювання, створення буферних зелених зон, екологічних маршрутів, оглядових майданчиків, територій пасивної рекреації тощо.

Для Придніпровського регіону така модель має особливе значення, оскільки промисловий розвиток значної частини його міст супроводжувався формуванням складних антропогенних ландшафтів. Вони нерідко сприймаються як просторові бар'єри або джерела екологічного навантаження. Водночас саме ці території можуть стати основою для формування нових елементів зеленого каркасу, особливо в умовах дефіциту рекреаційних територій у промислово навантажених містах. Аналіз досліджень свідчить, що з позиції містобудування важливо не лише усунути негативні наслідки попереднього промислового використання, а й включити такі території у довгострокову систему екологічної стабілізації та рекреаційного обслуговування населення [1-4, 11].

Ключовим принципом ландшафтно-рекреаційної моделі є поетапність трансформації. На першому етапі необхідним є визначення рівня екологічних обмежень, характеру порушення рельєфу, наявності небезпечних або непридатних для активного використання зон, можливостей рекультивації та озеленення. На другому етапі формується планувальна структура території з урахуванням зонування за режимами використання: ділянки природного відновлення, буферні зони, прогулянкові маршрути, оглядові точки, рекреаційні майданчики, території обмеженого доступу та зони перспективної інтеграції з прилеглими територіями. На третьому етапі територія включається у ширшу систему зелених зв'язків, пішохідних і велосипедних маршрутів, прибережних просторів або природних коридорів населеного пункту (Рис. 1).

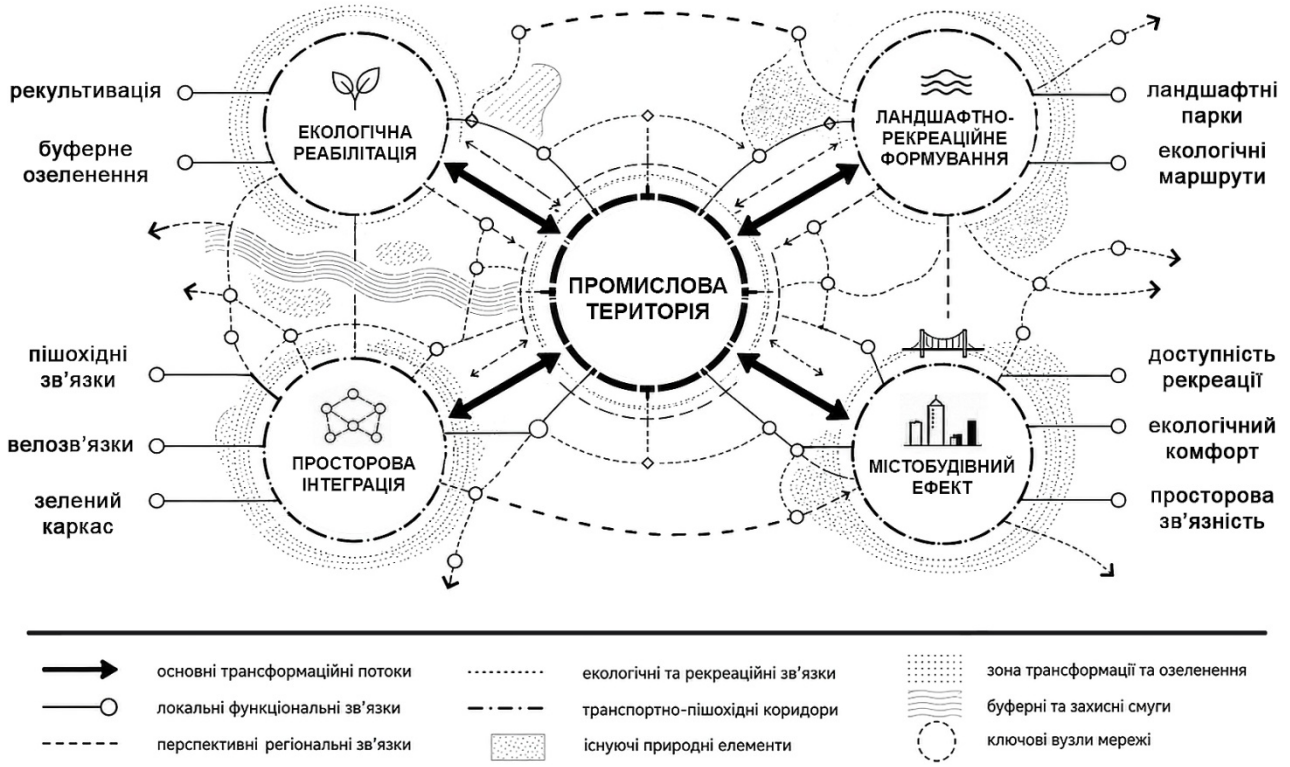


Рис. 1. Ландшафтно-рекреаційна модель трансформації промислових територій під рекреаційні цілі (авторське бачення)

У межах цієї моделі особливого значення набуває поняття ландшафтної адаптації промислової території. Порушений рельєф, залишки інженерної інфраструктури, техногенні форми ландшафту або відкриті простори можуть бути використані як композиційні, видові чи рекреаційні елементи за умови забезпечення безпеки та екологічної придатності [23].

Містобудівний ефект ландшафтно-рекреаційної моделі проявляється у кількох вимірах. По-перше, вона сприяє екологічному оздоровленню міського середовища через збільшення площі озеленених територій, формуванню буферів між промисловими й житловими зонами, зменшенню візуального та просторового впливу деградованих ділянок. По-друге, модель підвищує рекреаційну доступність, створюючи нові простори відпочинку в районах, де традиційна паркова інфраструктура є недостатньою. По-третє, вона забезпечує просторову інтеграцію раніше ізольованих або малодоступних територій у структуру населеного пункту. По-четверте, така трансформація формує новий тип взаємодії з промисловим ландшафтом через поступове включення в систему повсякденного рекреаційного користування.

Отже, ландшафтно-рекреаційна модель є доцільною для тих промислових територій Придніпровського регіону, де пріоритетом має бути не інтенсивне будівельне освоєння, а екологічне відновлення, формування зеленого каркасу, створення пасивної рекреації. Її реалізація дозволяє трансформувати

промислові ареали з джерела просторової та екологічної напруги на елемент довгострокового рекреаційного й екологічного розвитку населених місць.

Модель просторової зв'язності промислових територій. Вона націлена на території, що розташовані вздовж транспортних, інженерних, природних або прибережних коридорів. Її доцільно застосовувати до виробничих ареалів, які в історичному розвитку міста формували не лише функціональні зони, а й потужні просторові бар'єри: вздовж залізниць, магістралей, промислових під'їздів, річкових долин, балок, санітарно-захисних смуг або меж між житловими й виробничими районами.

На відміну від моделей, орієнтованих переважно на створення окремого рекреаційного об'єкту, модель просторової зв'язності розглядає промислову територію як елемент просторової комунікації. Її головна містобудівна мета полягає у подоланні фрагментації міської тканини, відновленні втрачених або заблокованих зв'язків і формуванні нових рекреаційних маршрутів. У цьому сценарії колишній промисловий бар'єр перетворюється на лінійну рекреаційну вісь, зелений коридор або пішохідно-велосипедний маршрут (Рис. 2).

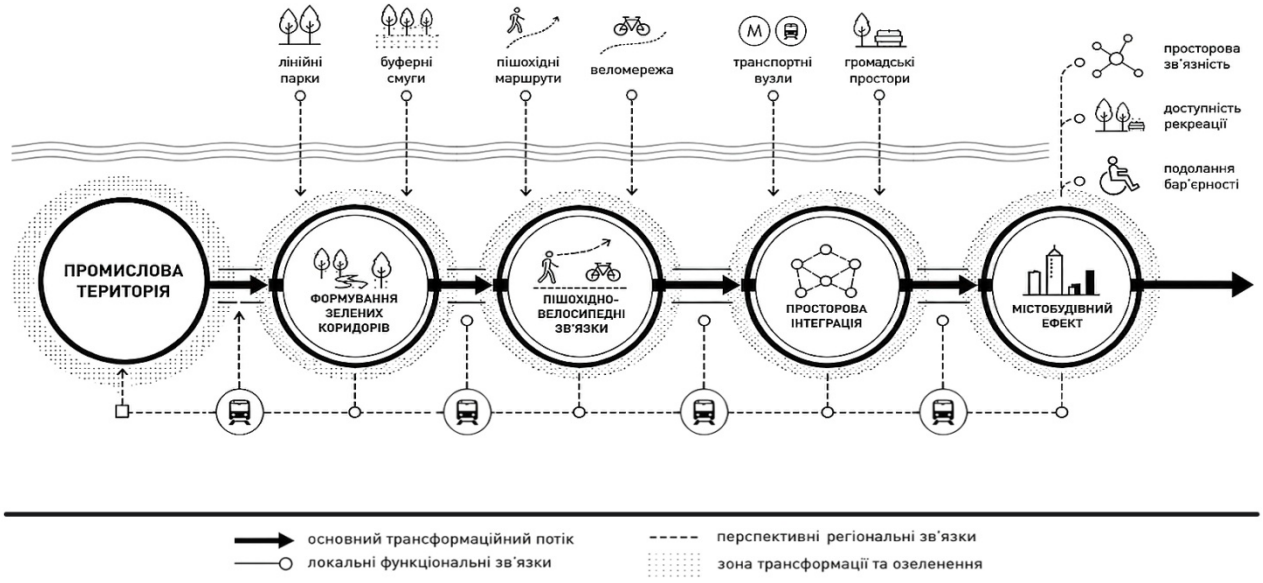


Рис. 2. Модель просторової зв'язності промислових територій (авторське бачення)

Основними елементами моделі стають зелені коридори, лінійні парки, пішохідні та велосипедні маршрути, рекреаційні вісі, екологічні проходи, прибережні променади, переходи через інфраструктурні бар'єри та локальні вузли активності вздовж маршруту. Важливо, що в межах цієї моделі промислова територія не обов'язково повністю одразу трансформується. Навпаки, її перетворення може відбуватися поетапно через відкриття окремих проходів, створення тимчасових маршрутів, формування буферного

озеленення, облаштування точок доступу, інтеграцію з громадським транспортом і поступове включення суміжних ділянок до рекреаційної мережі.

Особливого значення в даній моделі набувають локальні рекреаційні вузли. Ними можуть виступати перетини маршрутів, оглядові майданчики, малі площі, зупинки громадського транспорту, місця короткочасного відпочинку, спортивні зони, громадські простори або фрагменти збереженої промислової інфраструктури. Такі вузли працюють як точки активації лінійного простору: вони забезпечують не лише транзит, а й зупинку, спілкування, дозвілля, орієнтацію в просторі та формування нових сценаріїв використання території [24].

Містобудівний ефект лінійно-зв'язкової моделі проявляється у посиленні просторової зв'язності населеного місця. Вона дає змогу зменшити бар'єрний вплив промислових і транспортно-комунікаційних територій, підвищити пішохідну та велосипедну доступність, відкрити нові маршрути до рекреаційних і прибережних зон, інтегрувати деградовані або закриті ділянки у міський каркас.

Модель інтеграції індустріальної спадщини - є планувальною моделлю трансформації промислових територій, у межах якої ключовим ресурсом розвитку виступає не лише земельна ділянка або її містобудівне положення, а й збережена матеріальна та символічна спадщина промислового розвитку. Модель є доцільною для територій, де збереглися виробничі корпуси, інженерні споруди, технологічне обладнання, димові труби, крани, естакади, залізничні колії, складські будівлі або інші елементи індустріального ландшафту, здатні бути переосмисленими як складові сучасного рекреаційного, культурного й громадського простору.

На відміну від підходів, що передбачають повне знесення промислової забудови та подальше функціональне переосвоєння території, історико-культурна рекреаційна модель ґрунтується на принципі адаптивного використання спадщини. Її містобудівна логіка полягає у збереженні значущих елементів промислового середовища та включенні їх у нові сценарії міського життя: культурно-дозвіллєві функції, індустріальний туризм, музейні простори, виставкові майданчики, артцентри, освітні хаби, громадські простори та рекреаційні маршрути.

Для Придніпровського регіону ця модель має особливе значення, оскільки промисловий розвиток тут є одним із базових чинників формування міських структур, соціальної історії та локальної ідентичності. Металургійні, гірничодобувні, машинобудівні та енергетичні комплекси не лише визначали економічну спеціалізацію міст, а й формували їхній образ, масштаб, силует, транспортну інфраструктуру та характер розселення. Тому повне усунення

індустріальних слідів із міського середовища може призвести до втрати важливого шару історичної пам'яті. Натомість їх вибіркове збереження й адаптація дозволяють поєднати процеси ревіталізації з підтримкою спадкоємності. У межах такої моделі важливо визначити, які елементи промислового середовища мають містобудівну, архітектурну, історичну, композиційну або ідентифікаційну цінність. Не всі об'єкти потребують збереження в повному обсязі; однак окремі фрагменти промислової забудови можуть виконувати роль просторових домінант, орієнтирів, оболонок для нових функцій або символічних маркерів місця (Рис. 3) [25].

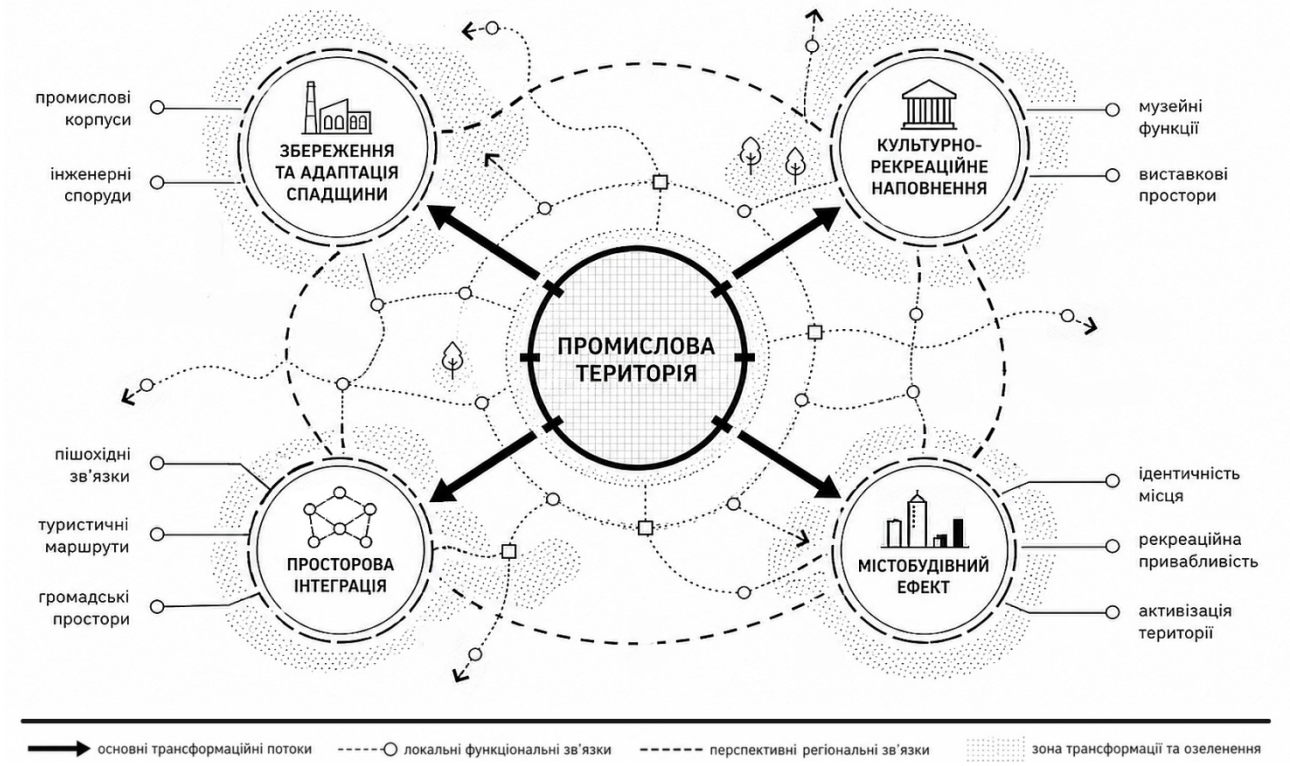


Рис. 3. Модель інтеграції індустріальної спадщини (авторське бачення)

Особливе місце в цій моделі посідає поняття індустріальної ідентичності. Йдеться не лише про фізичне збереження окремих будівель або споруд, а про здатність трансформованої території передавати характер місця, його історію, масштаб і соціокультурне значення. Саме тому засоби ревіталізації мають бути спрямовані не на стилізацію промислового минулого, а на його містобудівне переосмислення. Збережені конструкції, матеріали, силуети, траси колишніх колій, фрагменти обладнання або виробничі простори можуть стати основою для формування виразного середовища, яке відрізняється від типових рекреаційних зон і має власну локальну семантику.

Містобудівний ефект моделі інтеграції індустріальної спадщини проявляється у кількох напрямах. По-перше, вона сприяє збереженню та

актуалізації індустріальної спадщини як складової міського ландшафту. По-друге, забезпечує формування нових культурно-рекреаційних осередків у межах територій, які раніше були закритими або малодоступними для населення. По-третє, підвищує привабливість міського середовища через створення унікальних просторів, пов'язаних з історією місця. По-четверте, може стимулювати розвиток індустріального туризму, локальної економіки, малого бізнесу, креативних індустрій та громадської активності.

Загалом запропоновані моделі не є взаємовиключними. У практиці містобудівної трансформації вони можуть поєднуватися залежно від масштабу території, її планувального положення, екологічного стану, рівня доступності та ступеня збереженості індустріальної спадщини. Їх комбінування дозволяє уникнути фрагментарного переосвоєння промислових ареалів і забезпечити їх включення у цілісну рекреаційну систему Придніпровського регіону, гармонізуючи антропогенно трансформовані середовища міст.

Висновки. У результаті дослідження обґрунтовано, що промислові території Придніпровського регіону є стратегічним ресурсом просторового, екологічного, рекреаційного та соціокультурного розвитку населених місць. Їхній рекреаційний потенціал не зводиться до факту припинення або скорочення виробничої функції, а формується сукупністю містобудівних, екологічних, транспортних, ландшафтних і культурно-ідентифікаційних чинників: положенням у структурі міста, характером попереднього використання, рівнем антропогенного навантаження, доступністю, зв'язками з житловою забудовою, природно-рекреаційним каркасом та наявністю об'єктів індустріальної спадщини. Саме поєднання цих чинників визначає можливість включення колишніх промислових ареалів до рекреаційної системи міста й підтверджує необхідність диференційованого підходу до їх ревіталізації.

На основі виявлених закономірностей запропоновано моделі рекреаційної трансформації промислових територій для різних містобудівних умов. Планувальні моделі розглядаються як узагальнені просторово-функціональні схеми реорганізації територій, що визначають провідний напрям їх рекреаційного використання, характер зв'язків із прилеглим міським середовищем і функціональне наповнення. Виокремлено три моделі: ландшафтно-рекреаційну, модель просторової зв'язності та модель інтеграції промислової спадщини.

Реалізація запропонованих моделей забезпечує комплексний вплив на якість міського середовища, поєднуючи екологічне відновлення, функціонально-просторову інтеграцію та актуалізацію індустріальної спадщини. Доведено, що рекреаційна трансформація колишніх промислових територій постає не локальним заходом з благоустрою, а системним чинником

підвищення урбоекологічної якості середовища загалом та соціально-просторового комфорту населення зокрема.

Список використаних джерел

1. Alker S., Joy V., Roberts P., Smith N. The Definition of Brownfield. Journal of Environmental Planning and Management, 2000. Vol. 43, № 1. 49-69 p. DOI: https://doi.org/10.1080/09640560010766

2. Ferber U., Grimski D., Millar K., Nathanail P. Sustainable Brownfield Regeneration: CABERNET Network Report. Nottingham: University of Nottingham, 2006. P. 134.

3. De Sousa C. Turning Brownfields into Green Space in the City of Toronto. Landscape and Urban Planning, 2003. Vol. 62, № 4. 181-198 p. DOI: https://doi.org/10.1016/S0169-2046(02)00149-4

4. Loures L., Panagopoulos T. Sustainable Reclamation of Industrial Areas in Urban Landscapes. WIT Transactions on Ecology and the Environment, 2007. Vol. 102. 791-800 p. DOI: https://doi.org/10.2495/SDP070752

5. Wedding C., Crawford-Brown D. Measuring Site-Level Success in Brownfield Redevelopments: A Focus on Sustainability and Green Building. Journal of Environmental Management, 2007. Vol. 85, № 2. 483-495 p. DOI: https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2006.10.018

6. Frantal B., Kunc J., Novakova E., Klusacek P., Martinat S., Osman R. Location Matters! Exploring Brownfields Regeneration in a Spatial Context. Moravian Geographical Reports, 2013. Vol. 21, № 2. 5-19 p. DOI: https://doi.org/10.2478/mgr-2013-0007

7. Фомін І.О. Основи теорії містобудування. ІЗМН, Київ: КНУБА, Наукова думка, 1997. 191 с.

8. Габрель М.М. Просторова організація містобудівних систем. НАН України, Інститут регіональних досліджень. Київ: Видавничий дім А.С.С., 2004. 400 с.

9. Дьомін М.М. Управління розвитком регіональних містобудівних систем: дис. ... д-ра архітектури: 18.00.04. Київ: КІБІ, 1988. 415 с.

10. Панченко Т.Ф. Туристичне середовище: архітектура, природа, інфраструктура: монографія. Київ: Логос, 2009. 175 с.

11. Панченко Т.Ф. Ландшафтно-рекреаційне планування природно-заповідних територій: монографія. Київ: Логос, 2015. 176 с.

12. Білоконь Ю.М. Регіональне планування. Теорія і практика. За ред. І.О. Фоміна. Київ: Логос, 2003. 246 с.

13. Нудельман В.І. Проблеми єдиної методики прогнозування розвитку міст. Містобудування та територіальне планування, 2003. № 16. 145-154 с.

14. Про основи містобудування. Закон України від 16.11.1992 № 2780-XII [Електронний ресурс]. Режим доступу: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2780-12 [дата звернення: 30.06.2026].

15. Про регулювання містобудівної діяльності. Закон України від 17.02.2011 № 3038-VI [Електронний ресурс]. Режим доступу: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/3038-17 [дата звернення: 30.06.2026].

16. ДБН Б.2.2-12:2019. Планування та забудова територій. Київ: Мінрегіон України, 2019.

17. ДБН Б.1.1-14:2021. Склад та зміст містобудівної документації на місцевому рівні. Київ: Мінрегіон України, 2022.

18. ДБН Б.2.2-5:2011. Благоустрій територій. Київ: Мінрегіон України, 2012.

19. Стратегія регіонального розвитку Дніпропетровської області на період до 2027 року. Дніпро. Дніпропетровська обласна державна адміністрація, 2020 [Електронний ресурс]. Режим доступу: https://adm.dp.gov.ua/pro-oblast/rozvitok-regionu/strategiya-rozvitku [дата звернення: 30.06.2026].

20. Про затвердження плану заходів на 2025-2027 роки з реалізації Державної стратегії регіонального розвитку на 2021-2027 роки. Розпорядження Кабінету Міністрів України; План, Заходи від 25.09.2025 № 1047-р. Верховна Рада України [Електронний ресурс]. Режим доступу: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1047-2025-%D1%80#Text [дата звернення: 30.06.2026].

21. Екологічний паспорт Дніпропетровської області. 2024. Дніпро: Дніпропетровська обласна державна адміністрація, 2024 [Електронний ресурс]. Режим доступу: https://adm.dp.gov.ua/pro-oblast/ekologiya-pro-oblast/ekologiya [дата звернення: 30.06.2026].

22. Паспорт області. Дніпро: Дніпропетровська обласна рада [Електронний ресурс]. Режим доступу: https://oblrada.dp.gov.ua/region/passport-oblasti/ [дата звернення: 30.06.2026].

23. Мерилова І.О., Безугла Л.С., Бєлобородова М.В. Концепція «Wetland park» як інструмент реновації затоплених кар'єрів Придніпров'я. Просторовий розвиток. Київ: КНУБА, 2025. № 15. 181-193 с. DOI: https://doi.org/10.32347/2786-7269.2025.15.181-193

24. Bieloborodova M.V., Bezuhla L.S., Hladoshchuk O.G. Recreation and Rehabilitation Clusters in Ukraine: Balanced Spatial Organization. Rehabilitation and Recreation, 2024. Vol 18, № 4. 107-118 p. DOI: https://doi.org/10.32782/2522-1795.2024.18.4.11

25. Merylova I.O., Sokolova K.V. A Human in the Urban Space of the Globalized World. Anthropological Measurements of Philosophical Research, 2020. № 18, 113–120 p. DOI: https://doi.org/10.15802/ampr.v0i18.221398

Ph.D. Associate professor **Merylova Iryna,**
ESI 'Prydniprovska State Academy of Civil Engineering and Architecture',
Ukrainian State University of Science and Technologies, Dnipro,
Doctor of Economics, Professor **Liudmyla Bezuhla,**
Doctor of Economics, Associate Professor **Mariia Bieloborodova,**
Dnipro University of Technology, Dnipro

THE RECREATIONAL POTENTIAL OF REVITALIZED INDUSTRIAL AREAS AS A FACTOR IN ENHANCING THE QUALITY OF LIFE IN THE PRYDNIPROVSK REGION

The article examines the recreational potential of revitalized industrial areas in the Prydniprovsk Region as a resource for urban transformation, environmental rehabilitation, and improvement of the population's quality of life. Its relevance is determined by the development of industrial cities in Prydniprovsk Region, where production areas have shaped settlement patterns, transport-planning connections, functional zoning, and the ecological condition of the urban environment. Today, many of these territories have become sources of spatial fragmentation, environmental pressure, infrastructural barriers, and a shortage of high-quality public spaces.

The aim of the research is to substantiate the urban planning significance of such territories and define directions for their integration into the spatial structure of settlements. The methodology combines approaches to brownfield revitalization, recreational potential assessment, urban environmental quality, and spatial-functional

organization. The concept of brownfields is adapted to the Ukrainian context and to the Prydniprovsk Region, characterized by industrial concentration, anthropogenic pressure, disturbed lands, sanitary protection zones, transport barriers, and industrial heritage.

The study identifies five groups of factors shaping recreational potential: spatial-planning, ecological, transport-communication, socio-functional, and cultural-identification. These factors define the site's position in the urban structure, its relation to residential areas, public centers, waterfronts, and the green framework; possibilities of remediation, reclamation, greening, and landscape-recreational development; accessibility and pedestrian or bicycle connections; demand for everyday recreation; and the role of industrial heritage, historical memory, and local identity.

Based on these factors, three planning models are proposed. The landscape-recreational model focuses on degraded or ecologically constrained territories and provides for rehabilitation, reclamation, greening, buffer zones, ecological routes, and passive recreation. The spatial connectivity model transforms former industrial barriers into linear recreational axes, green corridors, pedestrian and bicycle routes, and activity nodes. The industrial heritage integration model applies to territories with preserved production buildings, engineering structures, or other industrial landscape elements adaptable for cultural, tourist, educational, public, and recreational functions.

The scientific novelty lies in interpreting recreation-oriented revitalization as a systemic urban planning tool combining environmental rehabilitation, spatial integration, development of the recreational framework, and preservation of industrial identity. The article concludes that revitalized industrial territories can become full-fledged elements of the recreational system of the city and region, contributing to an environmentally balanced and socially comfortable urban environment.

Keywords: industrial areas; revitalization; recreational potential; planning models; Prydniprovsk Region; spatial connectivity; industrial heritage; brownfield.

REFERENCES

1. Alker S., Joy V., Roberts P., Smith N. The Definition of Brownfield. Journal of Environmental Planning and Management, 2000. Vol. 43, № 1. 49-69 p. DOI: https://doi.org/10.1080/09640560010766 {in English}

2. Ferber U., Grimski D., Millar K., Nathanail P. Sustainable Brownfield Regeneration: CABERNET Network Report. Nottingham: University of Nottingham, 2006. P. 134. {in English}

3. De Sousa C. Turning Brownfields into Green Space in the City of Toronto. Landscape and Urban Planning, 2003. Vol. 62, № 4. 181-198 p. DOI: https://doi.org/10.1016/S0169-2046(02)00149-4 {in English}

4. Loures L., Panagopoulos T. Sustainable Reclamation of Industrial Areas in Urban Landscapes. WIT Transactions on Ecology and the Environment, 2007. Vol. 102. 791-800 p. DOI: https://doi.org/10.2495/SDP070752 {in English}

5. Wedding C., Crawford-Brown D. Measuring Site-Level Success in Brownfield Redevelopments: A Focus on Sustainability and Green Building. Journal of Environmental Management, 2007. Vol. 85, № 2. 483-495 p. DOI: https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2006.10.018 {in English}

6. Frantal B., Kunc J., Novakova E., Klusacek P., Martinat S., Osman R. Location Matters! Exploring Brownfields Regeneration in a Spatial Context. Moravian Geographical Reports, 2013. Vol. 21, № 2. 5-19 p. DOI: https://doi.org/10.2478/mgr-2013-0007 {in English}

7. Fomin I.O. Osnovy teoriyi mistobuduvannya. IZMN, Kyiv: KNUBA, Naukova dumka, 1997. 191 p. {in Ukrainian}

8. Habrel M.M. Prostorova orhanizatsiya mistobudivnykh system. NAN Ukrayiny, Instytut rehionalnykh doslidzhen. Kyiv: Vydavnychyy dim A.S.S., 2004. 400 p. {in Ukrainian}

9. Dyomin M.M. Upravlinnya rozvytkom rehionalnykh mistobudivnykh system: dys. ... d-ra arkhitektury: 18.00.04. Kyiv: KIBI, 1988. 415 p. {in Ukrainian}

10. Panchenko T.F. Turystychne seredovyshche: arkhitektura, pryroda, infrastruktura: monohrafiya. Kyiv: Lohos, 2009. 175 p. {in Ukrainian}

11. Panchenko T.F. Landshaftno-rekreatsiyne planuvannya pryrodno-zapovidnykh terytoriy: monohrafiya. Kyiv: Lohos, 2015. 176 p. {in Ukrainian}

12. Bilokon YU.M. Rehionalne planuvannya. Teoriya i praktyka. Za red. I.O. Fomina. Kyiv: Lohos, 2003. 246 p. {in Ukrainian}

13. Nudelman V.I. Problemy yedynoyi metodyky prohnozuvannya rozvytku mist. Mistobuduvannya ta terytorialne planuvannya, 2003. № 16. 145-154 p. {in Ukrainian}

14. Pro osnovy mistobuduvannya. Zakon Ukrayiny vid 16.11.1992 №2780-XII. URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2780-12 (accessed 30.06.2026) {in Ukrainian}

15. Pro rehulyuvannya mistobudivnoyi diyalnosti. Zakon Ukrayiny vid 17.02.2011№ 3038-VI. URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/3038-17 (accessed 30.06.2026) {in Ukrainian}

16. DBN B.2.2-12:2019. Planuvannya ta zabudova terytoriy. Kyiv: Minrehion Ukrayiny, 2019. {in Ukrainian}

17. DBN B.1.1-14:2021. Sklad ta zmist mistobudivnoyi dokumentatsiyi na mistsevomu rivni. Kyiv: Minrehion Ukrayiny, 2022. {in Ukrainian}

18. DBN B.2.2-5:2011. Blahoustriy terytoriy. Kyiv: Minrehion Ukrayiny, 2012. {in Ukrainian}

19. Stratehiya rehionalnoho rozvytku Dnipropetrovskoyi oblasti na period do 2027 roku. Dnipro. Dnipropetrovska oblasna derzhavna administratsiya, 2020. URL: https://adm.dp.gov.ua/pro-oblast/rozvitok-regionu/strategiya-rozvitku (accessed 30.06.2026) {in Ukrainian}

20. Pro zatverdzhennya planu zakhodiv na 2025-2027 roky z realizatsiyi Derzhavnoyi stratehiyi rehionalnoho rozvytku na 2021-2027 roky. Rozporyadzhennya Kabinetu Ministriv Ukrayiny; Plan, Zakhody vid 25.09.2025 № 1047-r. Verkhovna Rada Ukrayiny. URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1047-2025-%D1%80#Text (accessed 30.06.2026) {in Ukrainian}

21. Ekolohichnyy pasport Dnipropetrovskoyi oblasti. 2024. Dnipro: Dnipropetrovska oblasna derzhavna administratsiya, 2024. URL: https://adm.dp.gov.ua/pro-oblast/ekologiya-pro-oblast/ekologiya (accessed 30.06.2026) {in Ukrainian}

22. Pasport oblasti. Dnipro: Dnipropetrovska oblasna rada. URL: https://oblrada.dp.gov.ua/region/passport-oblasti/ (accessed 30.06.2026) {in Ukrainian}

23. Merylova I.O., Bezuhla L.S., Bieloborodova M.V. Kontseptsiya «Wetland park» yak instrument renovatsiyi zatoplenykh karyeriv Prydniprovya. Prostorovyy rozvytok. Kyiv: KNUBA, 2025. № 15. 181-193 p. DOI: https://doi.org/10.32347/2786-7269.2025.15.181-193 {in Ukrainian}

24. Bieloborodova M. V., Bezuhla L. S., Hladoshchuk O. G. Recreation and Rehabilitation Clusters in Ukraine: Balanced Spatial Organization. Rehabilitation and Recreation, 2024. Vol 18, № 4. 107-118 p. DOI: https://doi.org/10.32782/2522-1795.2024.18.4.11 {in English}

25. Merylova I.O., Sokolova K.V. A Human in the Urban Space of the Globalized World. Anthropological Measurements of Philosophical Research, 2020. № 18, 113-120 p. DOI: https://doi.org/10.15802/ampr.v0i18.221398 {in English}

DOI: 10.32347/2076-815x.2026.93.237-246
УДК 711

к.т.н. **Михайлик О.О.,**
mykhailykolga@gmail.com, ORCID:0000-0003-3648-9410,
Київський національний університет будівництва і архітектури

БЛАГОУСТРІЙ ТА ОЗЕЛЕНЕННЯ ПРИБЕРЕЖНИХ ТЕРИТОРІЙ РІЧОК ЯК МЕТОД ПОКРАЩЕННЯ ЯКОСТІ РЕКРЕАЦІЇ

Розглянуто методи благоустрою та озеленення прибережної території річки. Наведено перелік елементів благоустрою, малих архітектурних форм, принципову схему посадки зелених насаджень спеціального призначення для покращення якості водно-прибережної рекреації. Зазначено важливість збереження природного фактору річкових екосистем в містах.

Ключові слова: благоустрій; комфортний відпочинок; озеленення; прибережна територія; рекреація; річкова екосистема; фітомеліорація; функціональне зонування.

Вступ. Цінні природні ресурси прибережних територій вимагають особливого підходу до їх благоустрою та озеленення з метою створення комфортного відпочинку людей та збереження річкової екосистеми. Прибережні території, як складові річкової екосистеми, на сьогодні знаходяться здебільшого в деградованому стані, що безпосередньо погіршує стан акваторій та не сприяє високій якості водної рекреації. Причинами цьому потужне антропогенне навантаження на річкові екосистеми, порушення природного режиму річкових екосистем: надмірна зарегульованість річкового стоку річок (понад 40% довжини русла) штучними ставками та водосховищами призвело до сповільнення течії, тобто втрати природної проточності річок, порушення динаміки водообміну, до виникнення озерних елементів у ландшафтах заплави, до загибелі річок (св. 1, 2). Руйнація наших територій та акваторій внаслідок війни, несе колосальну шкоду та збитки для довкілля. Відновлення навколишнього середовища потребує містобудівних рішень вже сьогодні.

Містобудівними інструментами покращення стану деградованих прибережних річкових територій є інженерна підготовка зі застосуванням природних матеріалів укріплення берегів на противагу бетонуванню, облаштування зон відпочинку малими архітектурними формами з дерева, каміння та фахове озеленення прибережними й водними рослинами. Створення комфортних зон відпочинку на прибережних територіях річок сприятиме покращенню якості водної рекреації, підвищенню культури відпочинку, охороні та збереженню річкової екосистеми за рахунок планувальних обмежень

та екологічної освіти населення через інформаційні стенди, музеї місцевої флори й фауни, організацію туристичних екостежек. Прогулянка берегом річки, гідропарком, лукопарком є чудовим видом здорового відпочинку, способом повернення людей до природи, приверне увагу туристів до краси рідного краю, заохотить до дієвих рішень з покращення прибережної території та акваторії. Покращення рівня водної рекреації є одним з елементів підвищення загальної культури населення.

Метою роботи є наведення оптики на занедбаний стан прибережних територій, як складової річкових екосистем, та надання містобудівних рішень з благоустрою та озеленення водно-прибережної рекреації.

Попередні дослідження. Для рекреаційних зон суттєвими факторами привабливості є рельєф, мікроклімат прибережної території, її пішохідна досяжність. Візуальне сприйняття прибережної панорами залежить від архітектурно-просторових особливостей берегів. Благоустрій та озеленення прибережно-водної рекреації впливає на якість відпочинку, перезавантаження, оздоровлення людей.

Питанню містобудівних особливостей прибережних міст, ролі річки, як важливого рекреаційного фактору, приділяється вкрай недостатньо, що й спонукає до вивчення цієї теми та прийняття відповідних рішень. Забудова та землекористування на прибережній території зазначено в законах України [1,2]. Річки, як чи не найголовніший містоформуючий природний фактор, збагачують міську тканину й надзвичайно позитивно впливають на міське довкілля. Дослідженню стану річок та їх прибережних територій в урбанізованому середовищі присвячено чимало наукових статтей автора, які акцентують на погіршенні стану прибережних територій річки в урбанізованому середовищі та пошуку вирішення проблем благоустрою прибережних зон. Останніми публікаціями по темі збереження акваторій та їх прибережних територій в наших містах є наступні [3-5].

Основна частина.

Рекреаційні комплекси прибережно-водного відпочинку за для комфорту відпочиваючих потребують функціонального зонування: зони купання, зони тихого відпочинку (паркова частина пляжу, солярії, аерарії з тіньовими навісами, майданчиками, галявинами), зони стаціонарної рекреації, спортивні (спортмайданчики) та дитячи зони, зони обслуговування (гардероби, прокат, медична допомога), комерційні зони, туристично-прогулянкові стежки. Упорядкування рекреаційних територій передбачає створення дорожньо-стежинкової мережі, яка має охоплювати від 0,5 до 12 % їх площі, будівництво споруд інженерного захисту окремих ділянок уздовж річок, облаштування річкових пляжів, стоянок і причалів маломірного флоту з дотриманням

необхідних санітарно-екологічних умов використання акваторії річки. Відстань між окремими функціональними зонами та автомобільними дорогами загальної мережі ≥500м.

Зона стаціонарної рекреації включає місця розміщення наметових містечок, кемпінгів, місця для проведення фестивалів, які необхідно проводити поза періодом весняної тиші (1.05 – 1.06). Влаштовуючи комерційну зону з фудкортами, кав'ярнями, ресторанами в місцях більшої концентрації людей, в ключових точках перетину шляхів, слід передбачити можливість підведення інженерних комунікацій та шляхи для під'їзду спеціалізованої техніки, місця розвантаження товарів, що розміщують як надалі від пішохідних шляхів та майданчиків відпочинку; проїзди відокремлюють озелененням (кущами живоплоту тощо).

Комфортний відпочинок на прибережних територіях організовується за допомогою прогулянкових стежок, набережних, зручної мережі доріжок, пандусів, павільйонів, огорожі, трельяжів, містків, пергол, зручних сходів, декоративних стінок, альтанок, бесідок, рекреаційних майданчиків, зручних місць для наметів, питних фонтанчиків, вбиральнь, сміттєзбірників, станцій прокату засобів для водних прогулянок, причалів маломірного флоту, піщаних пляжів, басейнів з підігрівом води, зон рибальства, рятувальних станцій, зелених театрів, аптек лікарських рослин, комплексів-готелів тривалого та короткочасного відпочинку, кав’ярень, ресторaів, тощо. Пристані для човнів та фонтани є «родзинкою» облаштування прибережних рекреаційних комплексів. Рекреаційне оздоблення та елементи облаштування прибережних територій мають бути міцними, художньо виразним, виготовленим бажано з природніх місцевих матеріалів й гармонійно вписаним в довкілля архітектурними формами (рис.1). Задля збереження індивідуальності рекреаційних територій потрібно уникати однотипного обладнання.

Рекреаційними є дитячі, спортивні, оглядові (видові) майданчики, футкорти. Розташування дитячої зони має бути на рівній ділянці з облаштуванням комплексних дитячих майданчиків з каруселями, гірками, пісочницею тощо зі спеціальним покриттям. Розміщення атракціонів має відповідати їхньому призначенню для дітей різних вікових груп та різних фізичних можливостей, розташуванню та сприяти формуванню архітектурного вигляду всього об’єкта з урахуванням кліматичних та інших умов. За для попередження травм дітей ігрові майданчики обладнують ударопоглинальним покриттям, що приймається згідно з нормами [6]. На місцях встановлення лав влаштовуються тверді види покриття. При трав’яному покритті майданчиків створюються пішохідні доріжки до ігрового обладнання з твердим, м’яким або комбінованим видами покриття.

Спортивні майданчики призначені для занять фізичними вправами усіх вікових груп населення [7]. Обов'язковий перелік елементів благоустрою на спортивному майданчику є наступний: спортивне обладнання, озеленення, освітлення, огородження, урни, пристрої для паркування велосипедів, м'яке гумове або газонне покриття, спеціальне приміщення для відвідувачів з гардеробною, кімнатою відпочинку, кімнатою для зберігання спортивного інвентарю.

Паркани застосовують у місцях різких перепадів висот, на набережних. В інших випадках використовувати щільне озеленення висотою 120 см або підпірні стінки з місцями для сидіння. Першу та останню стійки паркану слід маркувати світловідбивними стрічками для кращої видимості. На парканах не має бути гострих елементів [8,9].

Інформаційні табло та вказівники (св.3,4) становлюються на перехрестях основних шляхів для того, щоб вказати напрямок до місця призначення та надати інформацію по об'єкту (річки, парку тощо) з урахуванням оглядовості для всіх учасників руху простором безперешкодного пересування в зоні освітлення ліхтарів. Мінімальна висота інформаційного блоку — 250 см, мінімальний відступ від стовбура дерева до елемента навігації — 300 см, від елементів благоустрою — 150 см. У разі розташування на пішохідному шляху, можна передбачити попереджувальне мощення на відстані 50 см від вказівника.



Світлини 1,2. Мала річка Кірша на Фастівщині в 2015 та 2025 роках



Світлини 3,4. Вказівники та інформаційні табло

Створення гідропарків, лугопарків, екопарків, туристичних водних маршрутів сприятиме організації природного різноманіття: краса природи та створення благоустрою водної інфраструктури надає можливість комфортного відпочинку й знайомства відпочиваючих з привабливістю річкових екосистем. Гідропарки організовуються на островах, зелені насадження яких розміщуються частіше вздовж доріг і алей, по берегах водойм та річок; у гідропарках і, особливо, у лугопарках переважає відкритий простір з широкими перспективами [10,11]. Сімейний відпочинок на плавучому готелі (баржі-готелі тощо), як на великих, так і на малих річках Франції є відносно новим видом рекреації, прекрасним перезавантаженням, спілкуванням з природою, що дарує прекрасні емоції [12].

Благоустрій, захист та пейзажна виразність прибережної зони передбачає фітомеліорацію - вірно підібрану деревну, кущову та трав'яну рослинність (рис.1). Біологічний захист зон рекреації акваторій та прибережних територій за допомогою дерев, кущів, трав'яної рослинності є природним та необхідним. Фаховий підбір рослинних угруповань (склад та розміри) захищає річкову екосистему від негативного впливу прилеглих територій, затримує значну частку стічних вод, майже в 10 разів уповільнивши їх швидкість, попереджає ерозію ґрунту, замулення річища, збільшує водність річки, сприяє берегоукріпленню тощо [13]. Оптимальні тіньові умови створюються під кронами одно-дворядних насаджень з вологолюбних деревних порід близько до урізу води.

Слід враховувати коливання рівнів води для запобігання загрози підсихання кореневої системи дерев (по урізу води або близько 1м від поверхні води). Кращому руху повітряного потоку з водойми на прибережну територію сприятиме зелені насадження витягнутої форми, високостовбурні з широкою кроною, що висаджують перпендикулярно лінії води. Невеликі групи рослинності та окремі дерева по берегах водойм розташовують з урахуванням архітектурно-ландшафтної композиції берегової смуги та оточуючої забудови, зберігаючи сектори головних видових направлень на водне дзеркало й архітектурно гармонійного поєднання будівель на протилежному березі.

Для відмежовування прибережних територій від магістралей організовується озеленений кордон. У заплаві перевагу надають злаково-різнотравним лукам; для схилів та берегових терас найкраще підходять світлі діброви; для піщаних ґрунтів – це бори та субори (змішані сосново-листяні насадження). На заплавних ділянках вологолюбні та стійкі до паводків породи (верба біла, вільха і тополя чорні) й злаково-різнотравні луки розчленовують відкритий простір і формують луко-парковий ландшафт.

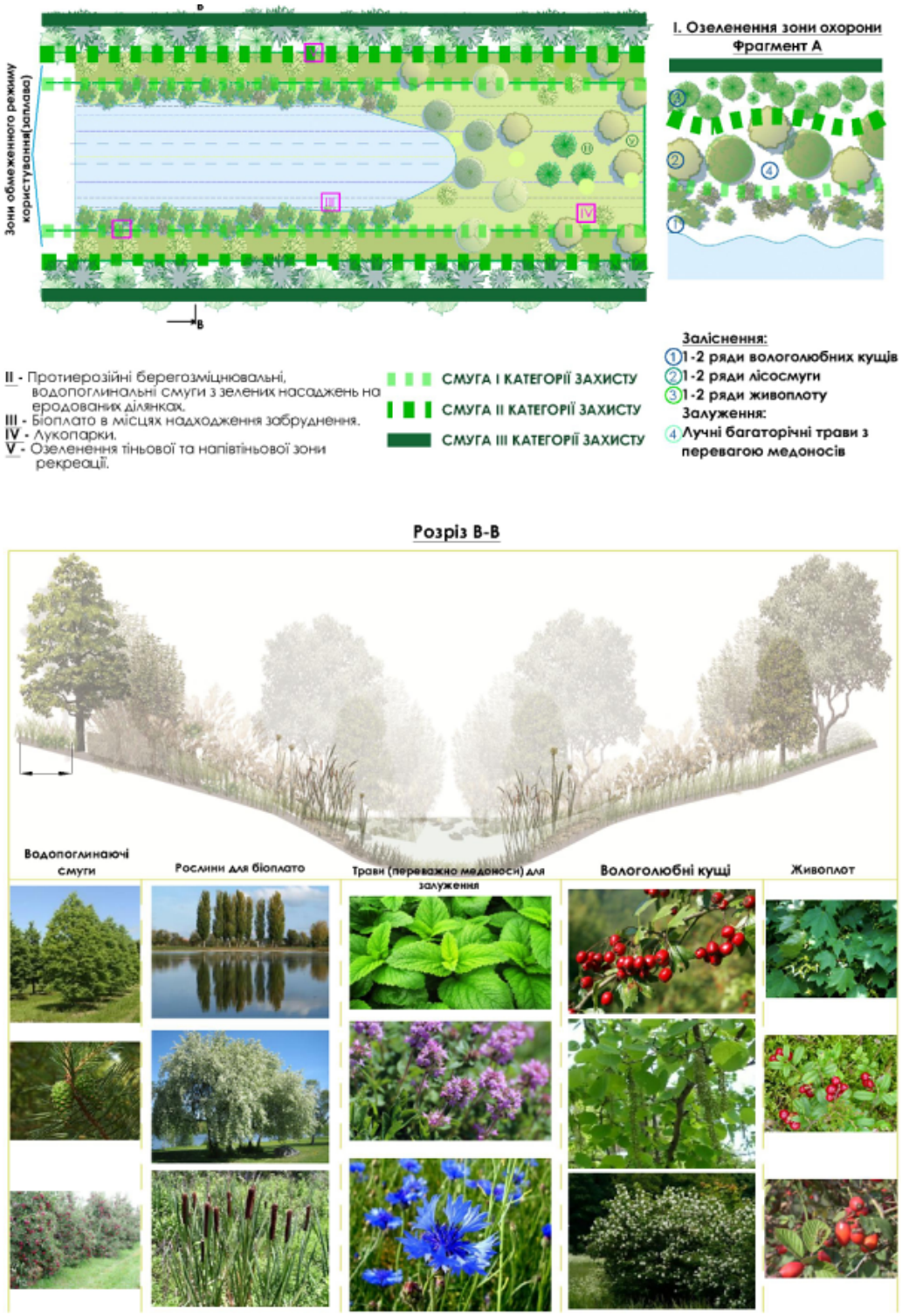


Рис. 1. Принцип озеленення прибережної території [17]

У випадку залуження заплавних ділянок використовуються багатокомпонентні травосуміші, що включають багаторічні злаки та бобові. На підтоплених територіях можлива організація регіональних ландшафтних заповідників і парків. В балках, ярах, на крутосхилах і угіддях із суглинковими та легкосуглинковими ґрунтами формують «байрачний ліс»; на низьких терасах з піщаними, піщано-легкосуглинковими та супіщаними ґрунтами - бори та

субори; на терасах середнього та високого рівнів з легкосуглинковими, середньо суглинковими та суглинковими ґрунтами – діброви та судіброви. Для посилення самоочисної здатності річок спеціальним заходом є створення берегового біоплато – повнопоточного (руслові, гирлові, інфільтраційні) та стрічкового (берегові, наплавні), через які потік проходить лише частково [14].

Для прибережних ділянок доцільні посадки верболозу, вбивши вербові кілки вздовж берега річки; на перезволожених територіях доречна посадка вільхи, осокору чи верби. Необхідно залишати нерозчищеними окремі ділянки прибережної акваторії з найбільш різноманітною (за складом і розподілом угрупувань) рослинністю та з рідкісними та зникаючими видами і угрупованнями водних рослин, які занесені до Червоної Книги України та в регіональні Червоні списки[15,16].

Висновок. Благоустроєна прибережна територія є буфером між водоймою та забрудненням, що йде з урбанізованої території. Благоустрій прибережних територій в комплексі з фітомеліорацією, що базуються на принципі природної гармонії та комфорту відпочиваючих, безпосередньо впливатиме на покращення стану річкової системи, сприятиме підвищенню якості рекреації, екологічній обізнаності людей.

Список використаних джерел

1. Водний кодекс України (ВКУ). [Чинний від 20.07.1995, зі змінами та доповненнями від 18.12.2017]. Вид. офіц. Київ, 2000. 112 ст.

2. Земельний кодекс України: Закон України від 25.10.2001 № 2768III.https://zakon.rada.gov.ua/go/2768-14-вр.

3. Михайлик О.О. Благоустрій прибережно-водної рекреації. VII International Scientific and Practical Conference «SCIENCE IN MOTION: CLASSIC AND MODERN TOOLS AND METHODS IN SCIENTIFIC INVESTIGATIONS». 24.07.2026. Vinnytsia – Vienna. Матеріали в збірнику міжнародного наукового журналу «Грааль науки» №72, С.377 -382.
URL:https://doi.org/10.36074/grail-of-science.24.07.2026.048

4. Дьомін М.М., Михайлик О.О. Світова практика ревіталізації річкових екосистем в урбанізованому середовищі. Містобудування та територіальне планування: наук.-техн. збірник. – К.: КНУБА, 2026. – Вип. 91. – С.3-13.

5. Михайлик О.О. Річка як природний містоформуючий фактор. Містобудування та територіальне планування: наук.-техн. збірник. – К.: КНУБА, 2026. – Вип. 92.

6. ДБН Б.2.2-5:2011. Планування та забудова міст, селищ і функціональних територій. Благоустрій територій. Зі Змінами № 1, № 2 та № 3. Міністерство розвитку громад та територій України. Київ, 2022

7. ДБН В.2.2-13-2003 «Спортивні та фізкультурно-оздоровчі споруди». Державний комітет України з будівництва та архітектури Київ, 2004

8. Довідник з відбудови міст. Урбанина, 2023.

9. Довідник з відбудови парків. Урбанин, 2023.

10. Яцик А.В., Шевчук В.Я. Енциклопедія водного господарства, природокористування, природо відтворення, сталого розвитку. – К.: Генеза, 2006.-1000 с.:іл.

11. Яцик А.В. Водогосподарська екологія: у 4 т., 7 кн.- К.: Генеза, 2004.-Т.4, кн.6,7.-680 с.:іл

12. Баржі Belmond у Франції. URL: https://telehaus.com.ua/offer/barzhi-belmond-vo-francii/

13. Методика упорядкування водоохоронних зон річок України. Науковий керівник А.В. Яцик. – К.: Оріяни, 2004.- 128 с.

14. Вишневський В.І. Річки і водойми України. Стан і використання. Монографія. -К.:Віпол, 2000.- 376 с

15. Правовий режим природно-заповідного фонду України: історія формування, юридичні аспекти та закордонний досвід: посібник/ за ред. О. Кравченко. Львів: Видавництво «Компанія “Манускрипт”», 2017.92 с.

16. Порядок користування землями водного фонду: в редакції постанови Кабінету Міністрів України від 23.01.2024 р.№ 80. URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/502-96-%D0%BF#Text (дата звернення: 14.07.2026).

17. Рекомендації щодо поліпшення екологічного стану прибережних територій дніпровських водосховищ / за ред. В.Я. Шевчука. Київ: «КСП», 1999.182 с.

Ph.D. or candidate of science **Olha Mykhailyk,**
Kyiv National University of Construction and Architecture

LANDSCAPING AND GREENING OF RIVERFRONT AREAS AS A METHOD FOR IMPROVING THE QUALITY OF RECREATION

The valuable natural and aesthetic resources of coastal areas require a special approach to their landscaping and greening. The beautification of riparian areas and professional landscaping will directly contribute to improving the condition of the entire river system and will help create a comfortable recreational environment for

people. Recreational complexes require functional zoning. A comfortable recreational experience in coastal areas is facilitated by promenades, a convenient network of paths, ramps, pavilions, fences, trellises, footbridges, pergolas, convenient staircases, decorative walls, gazebos, pavilions, recreational areas, convenient camping spots, drinking fountains, restrooms, trash bins, water sports rental stations, small-vessel docks, sandy beaches, heated swimming pools, fishing areas, lifeguard stations, open-air theaters, medicinal herb gardens, hotel complexes for long- and short-term stays, coffee shops, restaurants, and so on.

The beautification, protection, and scenic appeal of the coastal zone involve phytoremediation. The professional selection of plant communities (composition and size) protects the river ecosystem from the negative impact of adjacent areas, retains a significant portion of wastewater, slowing its flow by nearly 10 times, prevents soil erosion and riverbed siltation, increases the river's water volume, and contributes to bank stabilization, among other benefits.

This paper examines methods for the landscaping and greening of riverfront areas. It provides examples of landscaping elements, small architectural features, and special-purpose green spaces designed to enhance the quality of waterfront recreation. The importance of preserving the natural components of river ecosystems in urban areas is emphasized.

Keywords: comfortable leisure; greening; landscaping; phytoremediation; recreation; riverside area; river ecosystem; functional zoning.

REFERENCES

1. Vodnyi kodeks Ukrainy (VKU). [Chynnyi vid 20.07.1995, zi zminamy ta dopovnenniamy vid 18.12.2017]. Vyd. ofits. Kyiv, 2000. 112 st. {in Ukrainian}.

2. Zemelnyi kodeks Ukrainy: Zakon Ukrainy vid 25.10.2001 № 2768III.https://zakon.rada.gov.ua/go/2768-14-vr. {in Ukrainian}.

3. Mykhailyk O.O. Blahoustrii pryberezhno-vodnoi rekreatsii. VII International Scientific and Practical Conference «SCIENCE IN MOTION: CLASSIC AND MODERN TOOLS AND METHODS IN SCIENTIFIC INVESTIGATIONS». 24.07.2026. Vinnytsia – Vienna. Materialy v zbirnyku mizhnarodnoho naukovoho zhurnalu «Hraal nauky» №72, S.377 -382{in Ukrainian}. URL:https://doi.org/10.36074/grail-of-science.24.07.2026.048

4. Domin M.M., Mykhailyk O.O. Svitova praktyka revitalizatsii richkovykh ekosystem v urbanizovanomu seredovyshchi. Mistobuduvannia ta terytorialne planuvannia: nauk.-tekhn. zbirnyk. – K.: KNUBA, 2026. – Vyp. 91. – S.3-13. {in Ukrainian}.

5. Mykhailyk O.O. Richka yak pryrodnyi mistoformuiuchyi faktor. Mistobuduvannia ta terytorialne planuvannia: nauk.-tekhn. zbirnyk. – K.: KNUBA, 2026. – Vyp. 92. {in Ukrainian}.

6. DBN B.2.2-5:2011. Planuvannia ta zabudova mist, selyshch i funktsionalnykh terytorii. Blahoustrii terytorii. Zi Zminamy № 1, № 2 ta № 3. Ministerstvo rozvytku hromad ta terytorii Ukrainy. Kyiv, 2022. {in Ukrainian}.

7. DBN V.2.2-13-2003 «Sportyvni ta fizkulturno-ozdorovchi sporudy». Derzhavnyi komitet Ukrainy z budivnytstva ta arkhitektury Kyiv, 2004. {in Ukrainian}.

8. Dovidnyk z vidbudovy mist. Urbanyna, 2023. {in Ukrainian}.

9. Dovidnyk z vidbudovy parkiv. Urbanyn, 2023. {in Ukrainian}.

10. Iatsyk A.V., Shevchuk V.Ia. Entsyklopediia vodnoho hospodarstva, pryrodokorystuvannia, pryrodo vidtvorennia, staloho rozvytku. – K.: Heneza, 2006.- 1000 s.:il. {in Ukrainian}.

11. Iatsyk A.V. Vodohospodarska ekolohiia: u 4 t., 7 kn.- K.: Heneza, 2004.- T.4, kn.6,7.-680 s.:il. {in Ukrainian}.

12. Barzhi Belmond u Frantsii. URL: https://telehaus.com.ua/offer/barzhi-belmond-vo-francii/{in Ukrainian}.

13. Metodyka uporiadkuvannia vodookhoronnykh zon richok Ukrainy. Naukovyi kerivnyk A.V. Yatsyk. – K.: Oriiany, 2004.- 128 s. {in Ukrainian}.

14. Vyshnevskyi V.I. Richky i vodoimy Ukrainy. Stan i vykorystannia. Monohrafiia. -K.:Vipol, 2000.- 376 s. {in Ukrainian}.

15. Pravovyi rezhym pryrodno-zapovidnoho fondu Ukrainy: istoriia formuvannia, yurydychni aspekty ta zakordonnyi dosvid: posibnyk/ za red. O. Kravchenko. Lviv: Vydavnytstvo «Kompaniia “Manuskrypt”», 2017.92 s. {in Ukrainian}.

16. Poriadok korystuvannia zemliamy vodnoho fondu: v redaktsii postanovy Kabinetu MinistrivUkrainy vid 23.01.2024 r.№ 80. URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/502-96-%D0%BF#Text (data zvernennia: 14.07.2026). {in Ukrainian}.

17. Rekomendatsii shchodo polipshennia ekolohichnoho stanu pryberezhnykh terytorii dniprovskykh vodoskhovyshch / za red. V.Ia. Shevchuka. Kyiv: «KSP», 1999.182 s. {in Ukrainian}.

DOI: 10.32347/2076-815x.2026.93.247-256
УДК: 725.4:72.012:69.059.25

Назарук Т.Г.,
taras.h.nazaruk@ukd.edu.ua, ORCID: 0009-0007-5941-3036,
ЗВО «Університет Короля Данила», м. Івано-Франківськ

ІСТОРИЧНА ГЕНЕЗА, ТИПОЛОГІЯ ТА СУЧАСНІ ТЕНДЕНЦІЇ ФОРМУВАННЯ ОБ'ЄМНО-ПЛАНУВАЛЬНИХ І КОНСТРУКТИВНИХ РІШЕНЬ ПРОМИСЛОВИХ БУДІВЕЛЬ

Проаналізовано історичну генезу, типологічні ознаки та сучасні фактори трансформації об'ємно-планувальних і конструктивних рішень промислових будівель і комплексів. Розглянуто основні етапи розвитку промислової архітектури: від ремісничих майстерень і мануфактур до індустріальних комплексів, стандартизованих виробничих споруд XX століття та сучасних адаптивних, енергоефективних і багатофункціональних просторових систем. Обґрунтовано, що планувальна структура промислових будівель історично формувалася під впливом технологічних процесів, економічних умов, конструктивних можливостей і містобудівного контексту. Запропоновано типологізацію промислових об'єктів за об'ємно-планувальними ознаками – компактні, лінійні, секційні, блочно-секційні та павільйонні структури – і за конструктивними ознаками – каркасні, безкаркасні та комбіновані системи. Визначено ключові фактори сучасної трансформації промислової архітектури, серед яких технологічна гнучкість, adaptive reuse, енергоефективність, нормативно-правове регулювання, сталий розвиток, цифровізація та соціально-екологічні вимоги. Доведено, що сучасні промислові комплекси мають розглядатися не лише як виробничі об'єкти, а як адаптивні, енергоінтегровані й містобудівно значущі системи.

Ключові слова: промислова архітектура; промислові будівлі; об'ємно-планувальні рішення; конструктивні рішення; типологія; трансформація; сталий розвиток; енергетичний перехід.

Вступ. Історичний розвиток об'ємно-планувальних і конструктивних рішень промислових будівель відображає еволюцію виробничих технологій, соціально-економічних умов і архітектурно-містобудівних уявлень про роль промисловості у структурі міста. Промислова архітектура формувалася як відповідь на конкретні виробничі потреби, однак із часом набула самостійного архітектурного значення. Це зумовило ускладнення її просторової, конструктивної та функціональної організації.

Актуальність дослідження визначається тим, що сучасні промислові будівлі вже не можуть розглядатися лише як технічні оболонки для виробничого процесу. Вони дедалі частіше виступають адаптивними структурами, здатними до модернізації, перепрофілювання, енергетичної інтеграції та взаємодії з міським середовищем. В умовах сталого розвитку, цифровізації виробництва, енергетичного переходу та переосмислення промислових територій виникає потреба в системному аналізі історичної спадкоємності, типологічного різноманіття та сучасних тенденцій формування промислової архітектури.

Мета статті – проаналізувати історичну генезу розвитку об'ємно-планувальних і конструктивних рішень промислових будівель, визначити їх основні типологічні ознаки та охарактеризувати сучасні фактори трансформації промислових комплексів у контексті сталого розвитку й енергетичного переходу.

Аналіз останніх досліджень і практики. Сучасні дослідження промислової архітектури зосереджуються на кількох взаємопов'язаних напрямах: історичній еволюції виробничих будівель, типології промислових комплексів, адаптивне повторне використання, енергоефективності, цифровізації проєктування та інтеграції промислових територій у міський простір. У загальному розумінні промислова архітектура охоплює архітектурні рішення, пов'язані з організацією виробництва, логістики, інженерної інфраструктури та експлуатаційних процесів [11].

У міжнародній практиці значну увагу приділено адаптивному використанню промислових будівель, оскільки колишні виробничі об'єкти часто мають значний просторовий, конструктивний і містобудівний потенціал [9]. Водночас енергетична проблематика промислової архітектури пов'язана з глобальними підходами до скорочення енергоспоживання будівельного сектору та інтеграції відновлювальних джерел енергії [12]. Містобудівний вимір досліджень акцентує увагу на тому, що промислові території не повинні залишатися ізольованими зонами, а мають розглядатися як частина ширшої міської структури.

Для українського контексту важливим є також нормативно-правовий вимір, зокрема вимоги до проєктування промислових будівель, функціонального зонування, безпеки та санітарних параметрів [3]. Водночас сучасні соціальні й екологічні виклики потребують розширення традиційних підходів до промислової архітектури через урахування якості робочого середовища, природного освітлення, вентиляції, екологічної безпеки та здоров'я користувачів [10].

Виклад основного матеріалу. Початковий етап становлення промислових будівель пов'язаний із доіндустріальним періодом, коли виробничі функції розміщувалися в межах ремісничих майстерень і невеликих мануфактур. Об'ємно-планувальні рішення таких об'єктів характеризувалися компактністю, простотою просторової структури та використанням традиційних конструктивних систем. Виробничі приміщення часто поєднувалися з житловими або складськими функціями, що зумовлювало змішаний характер планування та відсутність чіткого функціонального зонування [7].

Індустріальна революція спричинила якісні зміни у формуванні промислових будівель. Масове впровадження механізованого виробництва і парових машин зумовило потребу у великих виробничих просторах, здатних вміщувати складне обладнання та забезпечувати ефективну організацію праці. У цей період формуються прототипи сучасних промислових будівель із чітко вираженою просторовою структурою, орієнтованою на послідовність виробничих процесів. Конструктивні рішення починають відігравати визначальну роль у формуванні простору, що проявляється у використанні металевих каркасів і збільшенні прольотів.

У другій половині XIX – на початку XX століття розвиток промислової архітектури супроводжувався активним пошуком раціональних планувальних і конструктивних схем. Формуються типові промислові будівлі з модульною структурою, що дозволяло адаптувати простір до різних виробничих потреб. Об'ємно-планувальні рішення дедалі більше підпорядковуються принципам функціоналізму, а архітектурна форма стає прямим відображенням внутрішньої конструктивної логіки [7]. Саме в цей період закладаються основи індустріальної архітектурної естетики, у якій конструкція і простір набувають самостійної художньої цінності.

У XX столітті промислова архітектура зазнала подальшої трансформації, пов'язаної з розвитком масового промислового виробництва і стандартизації будівельних процесів [1]. Об'ємно-планувальні рішення характеризуються укрупненням масштабів, чітким функціональним зонуванням і широким використанням типових конструктивних систем. У цей період поширюються павільйонні та блочно-секційні схеми промислових комплексів, які дозволяли ефективно організовувати виробничі процеси на великих територіях. Водночас домінування стандартизації часто призводило до зниження архітектурної різноманітності та індивідуальності об'єктів.

Наприкінці XX – на початку XXI століття відбувається переосмислення ролі промислових будівель у міському середовищі. Зміна економічних моделей, розвиток високотехнологічних виробництв і скорочення традиційної

промисловості спричинили трансформацію підходів до об’ємно-планувального і конструктивного формування промислових об’єктів. Промислові будівлі дедалі частіше розглядаються як потенційно адаптивні просторові структури, здатні до перепрофілювання та інтеграції нових функцій.

Типологізація промислових будівель і комплексів за об’ємно-планувальними та конструктивними ознаками є важливим етапом наукового аналізу. Вона дозволяє систематизувати різноманіття просторових рішень, виявити закономірності їх формування та визначити потенціал подальшої трансформації [4]. У межах такої типології промислові об’єкти доцільно розглядати не як жорстко фіксовані класи, а як аналітичні моделі, що відображають взаємозв’язок між функціональною організацією, конструктивною логікою і просторовою структурою.

За об’ємно-планувальною ознакою промислові будівлі можна поділяти на об’єкти з компактною, лінійною, секційною, блочно-секційною та павільйонною планувальною структурою. Компактні рішення характерні для виробництв із концентрованими технологічними процесами й обмеженими просторовими потребами. Вони забезпечують ефективне використання площі, проте мають обмежений потенціал розширення і перепрофілювання.

Лінійні планувальні структури формуються там, де технологічний процес має чітко виражену послідовність операцій. Об’ємно-просторова організація таких будівель підпорядковується руху матеріальних потоків, що забезпечує раціональну логістику та мінімізацію перехресних зв’язків. Водночас лінійні схеми є менш гнучкими в умовах зміни технологічних вимог і часто потребують значних територіальних ресурсів.

Секційні та блочно-секційні об’ємно-планувальні рішення характерні для багатофункціональних промислових об’єктів і комплексів. Поділ на окремі секції дозволяє розміщувати різні за характером виробничі й допоміжні функції, забезпечуючи можливість поетапного розвитку або модернізації. Павільйонна структура є типовою для великих промислових комплексів, у межах яких окремі будівлі об’єднані спільною інфраструктурою і транспортно-логістичною системою [6].

За конструктивною ознакою промислові будівлі поділяються на каркасні, безкаркасні та комбіновані. Каркасні конструктивні системи є найбільш універсальними і широко застосовуються в сучасній промисловій архітектурі завдяки можливості перекриття значних прольотів і формування відкритих планувальних просторів. Безкаркасні системи, зокрема стінові та оболонкові, використовуються переважно у спеціалізованих промислових об’єктах, де конструкція безпосередньо формує архітектурний образ будівлі. Комбіновані системи поєднують елементи каркасних і безкаркасних рішень, що дозволяє

враховувати специфіку окремих виробничих зон у межах однієї будівлі або комплексу.

Трансформація об'ємно-планувальних і конструктивних рішень промислових будівель у сучасних умовах зумовлена сукупністю взаємопов'язаних факторів технологічного, економічного, енергетичного, містобудівного та соціального характеру. Одним із ключових чинників є зміна технологічних моделей виробництва. Перехід від масового індустріального виробництва до гнучких, автоматизованих і цифровізованих процесів зменшує залежність просторової організації будівель від жорстко фіксованих технологічних ліній [11].

Економічна трансформація промислових територій пов'язана зі зміною ролі промисловості у структурі міст і регіонів. Деіндустріалізація окремих галузей, зростання ролі логістики, сервісних і дослідницьких функцій призводять до необхідності перепрофілювання існуючих промислових будівель. У цьому контексті adaptive reuse розглядається як один із найбільш сталих інструментів міського розвитку, оскільки дозволяє зберегти матеріальний ресурс будівлі, її просторовий потенціал і частину історичної пам'яті території [9].

Суттєвий вплив на трансформацію промислової архітектури має енергетичний фактор, зумовлений глобальним переходом до низьковуглецевої економіки та впровадженням відновлювальних джерел енергії. Сучасні промислові будівлі дедалі частіше розглядаються як елементи децентралізованих енергетичних систем, що поєднують генерацію, накопичення та споживання енергії [5]. Це зумовлює зміну архітектурно-просторових рішень, зокрема використання дахів і фасадів як енергогенеруючих поверхонь.

Окрему групу факторів становлять містобудівні трансформації, пов'язані з переосмисленням ролі промислових територій у структурі міста. Сучасні урбаністичні підходи розглядають промислові зони не лише як ізольовані виробничі анклави, а як потенційні багатофункціональні простори, інтегровані в міську тканину [8]. Це зумовлює необхідність зміни масштабів, щільності та просторової організації промислових комплексів, а також їх взаємодії з громадськими й транспортними просторами.

Важливим чинником трансформації є нормативно-правове регулювання, яке встановлює вимоги до безпеки, енергоефективності та екологічності промислових будівель. Чинні нормативні документи, зокрема ДБН В.2.2-28:2010 «Будинки і споруди. Промислові будівлі», регламентують функціональне зонування, санітарні розриви та конструктивні параметри [2]. Проте сучасні виклики потребують подальшого розвитку нормативної бази з

урахуванням принципів сталого розвитку та нових технологічних моделей виробництва.

Не менш значущими є соціальні та екологічні фактори. Підвищення вимог до умов праці, екологічної безпеки та якості середовища зумовлює зміну внутрішньої просторової організації виробничих приміщень, використання природного освітлення, вентиляції та створення комфортних робочих просторів. Ці вимоги стимулюють застосування біокліматичних підходів і зміну традиційних об'ємно-планувальних схем.

Сучасні тенденції формування промислових комплексів визначаються системними змінами у глобальній економіці, енергетичній політиці та архітектурно-містобудівній парадигмі розвитку територій. У межах концепції сталого розвитку промислові будівлі й комплекси дедалі частіше розглядаються не як ізольовані виробничі об'єкти, а як інтегровані елементи міського, регіонального та енергетичного простору [8].

Однією з провідних тенденцій є інтеграція промислової архітектури у стратегії сталого просторового розвитку. Вона передбачає раціональне використання територій, зменшення екологічного навантаження та повторне використання існуючого промислового фонду. У цьому контексті об'ємно-планувальні рішення орієнтуються на щільніші, багатофункціональні структури, здатні поєднувати виробничі, логістичні, сервісні та інноваційні функції.

Важливою тенденцією є перехід до енергоефективних та енергоактивних промислових будівель. У промисловій архітектурі це реалізується через оптимізацію об'ємно-планувальної структури, використання енергоефективних оболонок, інтеграцію відновлювальних джерел енергії та систем накопичення. У межах цієї тенденції формується концепція промислових енергетичних хабів, у яких виробничі будівлі поєднуються з енергогенеруючими та розподільчими функціями.

Суттєвого значення набуває біокліматична орієнтація промислових будівель, яка передбачає використання природних кліматичних чинників для підвищення енергоефективності та комфортності виробничого середовища. Навіть для промислових об'єктів можливе ефективне застосування природної вентиляції, денного освітлення та теплової інерції матеріалів. Це стимулює використання атріумів, світлових ліхтарів, буферних зон і багаторівневих просторів.

Окремою тенденцією є цифровізація процесів проєктування та експлуатації промислових комплексів. Застосування BIM-технологій, параметричного моделювання та цифрових симуляцій дозволяє оптимізувати об'ємно-планувальні й конструктивні рішення з урахуванням енергетичних,

логістичних і експлуатаційних параметрів. Це сприяє переходу до більш раціональних, адаптивних і прогнозованих архітектурних рішень.

У сучасній науковій і практичній площині також зростає роль соціального виміру сталого розвитку у промисловій архітектурі. Покращення умов праці, забезпечення безпеки, доступу до природного освітлення та формування комфортного внутрішнього середовища стають важливими чинниками архітектурного проєктування. Таким чином, промислова архітектура поступово переходить від суто виробничої логіки до комплексної моделі, у якій технологічна ефективність поєднується з екологічною відповідальністю, соціальною якістю та містобудівною інтеграцією.

Висновки. Історична генеза розвитку об’ємно-планувальних і конструктивних рішень промислових будівель свідчить про тісний зв’язок промислової архітектури з еволюцією виробничих технологій, економічних моделей і містобудівного контексту. Від компактних ремісничих і мануфактурних просторів промислова архітектура пройшла шлях до великопрольотних, модульних, стандартизованих і, зрештою, адаптивних просторових систем.

Типологія промислових будівель за об’ємно-планувальними та конструктивними ознаками дозволяє виявити ключові закономірності їх формування. Компактні, лінійні, секційні, блочно-секційні та павільйонні структури відображають різні способи організації виробничих процесів, тоді як каркасні, безкаркасні та комбіновані конструктивні системи визначають ступінь гнучкості, трансформабельності й експлуатаційної ефективності будівель.

Сучасна трансформація промислових комплексів зумовлена дією технологічних, економічних, енергетичних, містобудівних, нормативних, соціальних та екологічних факторів. В умовах сталого розвитку та енергетичного переходу промислові будівлі дедалі частіше набувають ознак багатофункціональних, енергоінтегрованих і адаптивних просторових систем. Це потребує перегляду традиційних підходів до їх проєктування, реконструкції та повторного використання.

Отримані результати створюють науково обґрунтовану основу для розроблення практико-орієнтованих підходів до формування об’ємно-планувальних і конструктивних рішень промислових будівель. Вони можуть бути використані під час проєктування нових промислових комплексів, ревіталізації існуючих територій, модернізації виробничих об’єктів і формування стратегій сталого розвитку промислових зон.

Подальший напрямок дослідження. Перспективи подальших досліджень полягають у поглибленому аналізі сучасних моделей адаптивного використання промислових будівель, визначенні критеріїв оцінки їх

трансформаційного потенціалу та розробленні практичних рекомендацій для української архітектурної практики. Окремого вивчення потребує інтеграція енергогенеруючих систем, цифрових інструментів проєктування, біокліматичних рішень і соціально орієнтованих підходів у структуру промислових комплексів.

Бібліографічний список

1. Вечерський В. Курс історії архітектури. Київ: Вид-во Інституту проблем сучасного мистецтва, 2006. 300 с.

2. ДБН В.2.2-28:2010 «Будинки і споруди. Будинки адміністративного та побутового призначення». URL: https://e-construction.gov.ua/laws_detail/3080029223885211423?doc_type=2

3. ДБН В.2.2-28:2010. «Будинки і споруди. Промислові будівлі». URL: https://e-construction.gov.ua/laws_detail/3080029223885211423

4. Дрьомова Л.В. Теоретичні та методичні основи архітектурного проектування. Типологія будівель і споруд: Конспект лекцій. Харків: ХНАМГ, 2011. 70 с.

5. Ковальська Г. Напрямки ревіталізації промисловихтериторій в місті Києві. *Інноваційні методи в архітектурі та будівництві*: матеріали IV Всеукраїнської наукової конференції (м. Івано-Франківськ, 18 лист. 2025 р.). Івано-Франківськ: Редакційно-видавничий відділ ЗВО «Університет Короля Данила», 2025. С. 114-116.

6. Лінда С.М. Архітектурне проектування громадських будівель і споруд: навчальний посібник. Львів: Вид. НУ «Львівська політехніка», 2010. 608 с.

7. Плоский В.О., Гетун Г.В., Віроцький В.Д. *Архітектура будівель та споруд. Книга 3. Історія архітектури і будівництва*: підручник. 2-ге вид. К.: Ліра-К, 2016. 816 с.

8. Ревіталізація міст – досвід Європейського Союзу для України: навч. посібник / [О.А. Сич, Н.С. Ситник, А.В. Стасишин, В. В. Круглякова]; за заг. ред. канд. екон. наук, доц. О.А. Сич. – Львів: ЛНУ імені Івана Франка, 2023. – 312 с.

9. Adaptive Reuse: The Latest Architecture and News. *ArchDaily*. Tag page. URL: https://www.archdaily.com/tag/adaptive-reuse

10. Environment, Climate Change, One Health and Migration (ECO). *World Health Organization*. URL: https://www.who.int/teams/environment-climate-change-and-health

11. Rudenko V., Rudenko T., Rudenko M. Industrial architecture as a system. *International Journal of Engineering & Technology*. 2018. Vol. 7, No. 3.2: Special Issue 2. DOI: https://doi.org/10.14419/ijet.v7i3.2.14610

12. Urban development and cities. *OECD*. Policy issue. URL: https://www.oecd.org/en/topics/urban-development-and-cities.html

Postgraduate Student **Taras Nazaruk,**
Higher Educational Institution "King Danylo University", Ivano-Frankivsk

HISTORICAL GENESIS, TYPOLOGY AND CURRENT TENDENCIES IN THE FORMATION OF SPATIAL-PLANNING AND STRUCTURAL SOLUTIONS OF INDUSTRIAL BUILDINGS

The article examines the historical genesis, typological characteristics and current tendencies in the formation of spatial-planning and structural solutions of industrial buildings and complexes. The study argues that industrial architecture developed as a direct response to production needs, but gradually acquired independent architectural, urban and socio-economic significance. The article traces the evolution of industrial buildings from pre-industrial workshops and manufactories to large-scale industrial complexes, standardized twentieth-century production facilities and contemporary adaptive, energy-efficient and multifunctional spatial systems. Particular attention is paid to the relationship between production technologies, planning schemes, structural systems and the changing role of industrial territories in the city. The article proposes a typological system of industrial buildings according to spatial-planning features, including compact, linear, sectional, block-sectional and pavilion structures. It also distinguishes frame, frameless and combined structural systems as key constructive types that determine flexibility, transformability and operational efficiency. The study identifies the main factors influencing the transformation of industrial architecture in contemporary conditions: technological change, economic restructuring, adaptive reuse, energy transition, urban integration, regulatory requirements, environmental responsibility, digital design tools and social demands for better working environments. It is substantiated that modern industrial complexes should no longer be interpreted only as production facilities, but as adaptive, energy-integrated and urbanistically significant systems. Their spatial and structural solutions must ensure not only technological efficiency, but also long-term functional flexibility, environmental performance, social quality and integration into broader urban and regional development strategies. The article concludes that the historical continuity of functional expediency, constructive logic, modularity and transformability remains relevant for contemporary industrial architecture and provides a methodological basis for further practical recommendations in design, reconstruction and revitalization of industrial buildings.

Keywords: industrial architecture, industrial buildings, spatial-planning solutions, structural solutions, typology, transformation, sustainable development, energy transition.

REFERENCES

1. Vecherskyi, V. (2006). Course of history of architecture. Vydavnytstvo Instytutu problem suchasnoho mystetstva. 300. {in Ukrainian}.

2. DBN V.2.2-28:2010. (2010). Buildings and structures. Administrative and amenity buildings. URL: https://e-construction.gov.ua/laws_detail/3080029223885211423?doc_type=2 {in Ukrainian}.

3. DBN V.2.2-28:2010. (2010). Buildings and structures. Industrial buildings. URL: https://e-construction.gov.ua/laws_detail/3080029223885211423 {in Ukrainian}.

4. Dromova, L.V. (2011). Theoretical and methodological foundations of architectural design. Typology of buildings and structures: Lecture notes. KhNAMH. 70. {in Ukrainian}.

5. Kovalska, H. (2025). Directions of revitalization of industrial territories in the city of Kyiv. Innovative methods in architecture and construction: Proceedings of the IV All-Ukrainian scientific conference. 114–116. Redaktsiino-vydavnychyi viddil ZVO "Universytet Korolia Danyla". {in Ukrainian}.

6. Linda, S.M. (2010). Architectural design of public buildings and structures: Textbook. Vydavnytstvo Natsionalnoho universytetu "Lvivska politekhnika". 608. {in Ukrainian}.

7. Ploskyi, V.O., Hetun, H.V., & Virotskyi, V.D. (2016). Architecture of buildings and structures. Book 3. History of architecture and construction: Textbook (2nd ed., rev. and expanded). Lira-K. 816. {in Ukrainian}.

8. Sych, O.A., Sytnyk, N.S., Stasyshyn, A.V., & Kruhliakova, V. V. (2023). Urban revitalization: The experience of the European Union for Ukraine. LNU imeni Ivana Franka. 312. {in Ukrainian}.

9. ArchDaily. (n.d.). *Adaptive reuse: The latest architecture and news*. URL: https://www.archdaily.com/tag/adaptive-reuse {in English}.

10. World Health Organization. (n.d.). *Environment, climate change, One Health and Migration (ECO)*. URL: https://www.who.int/teams/environment-climate-change-and-health {in English}.

11. Rudenko, V., Rudenko, T., & Rudenko, M. (2018). Industrial architecture as a system. *International Journal of Engineering & Technology, 7*(3.2), Special Issue 2. URL: https://doi.org/10.14419/ijet.v7i3.2.14610 {{in English}.

12. OECD. (n.d.). *Urban development and cities*. URL: https://www.oecd.org/en/topics/urban-development-and-cities.html {in English}.

DOI: 10.32347/2076-815x.2026.93.257-274
УДК 727

к. арх., доцент **Тишкевич О.П.**,
olhatyshkevych@znu.edu.ua, ORCID: 0000-0002-1146-9117,
Запорізький національний університет

ЕВОЛЮЦІЯ ФОРМУВАННЯ БАГАТОПОВЕРХОВИХ ШКІЛЬНИХ БУДІВЕЛЬ

Досліджено еволюцію формування багатоповерхових шкільних будівель у зарубіжній практиці від кінця XIX століття до сьогодення. Визначено п'ять основних етапів еволюції — від появи перших багатоповерхових шкільних будівель наприкінці XIX століття до формування вертикальних шкіл з 2010-х років — та проаналізовано особливості їх архітектурно-планувальної організації на кожному етапі. Встановлено, що збільшення поверховості не є достатньою умовою якісної трансформації архітектурно-планувальної організації шкільних будівель; така трансформація відбувається внаслідок поєднання багатоповерхової структури із сучасними принципами організації освітнього середовища. Виявлено головну закономірність еволюції — зміну ролі багатоповерховості в архітектурі шкільних будівель: від засобу компактного розміщення закладу освіти на обмеженій ділянці до основи формування функціонально диференційованого та просторово інтегрованого освітнього середовища. Отримані результати можуть бути використані у дослідженнях типології закладів загальної середньої освіти та у практиці проєктування шкіл в умовах щільної міської забудови.

Ключові слова: заклад загальної середньої освіти; багатоповерхові шкільні будівлі; вертикальні школи; архітектурно-планувальна організація; щільна міська забудова; еволюція.

Постановка проблеми. Сучасні процеси урбанізації супроводжуються зростанням щільності забудови, дефіцитом вільних територій та ускладненням просторової організації міст, що актуалізує проблему розвитку освітньої інфраструктури міст [1]. Забезпечення населення сучасними закладами загальної середньої освіти ускладнюється функціональним застаріванням значної частини наявного фонду шкільних будівель, що пов'язано з їх невідповідністю сучасним педагогічним, технологічним і суспільним вимогам [2].

В Україні в умовах активного житлового будівництва та внутрішньої міграції загострилася проблема невідповідності місткості мережі закладів загальної середньої освіти фактичним потребам населення міст:

наповнюваність міських закладів освіти ледь не вдвічі перевищує проєктну місткість, а кількість учнів, які навчаються в другу зміну, щороку зростає [3]. Водночас у межах сформованих міських територій вільні ділянки для нового шкільного будівництва майже відсутні [4], а вимоги до шкільних будівель суттєво змінилися: реформа «Нова українська школа» зумовила потребу в гнучкій організації освітнього простору [5], а нормативні вимоги доповнено обов'язковим влаштуванням захисних споруд цивільного захисту [6]. За таких умов традиційна малоповерхова модель шкільних будівель не відповідає вимогам до архітектури закладів загальної середньої освіти. У світовій практиці одним із напрямів вирішення цієї проблеми стало зведення багатоповерхових шкільних будівель [7]. У зв'язку з цим дослідження еволюції формування багатоповерхових шкільних будівель є важливим для виявлення закономірностей їх розвитку та розроблення підходів до проєктування закладів загальної середньої освіти в умовах щільної міської забудови України.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Питання проєктування закладів загальної середньої освіти широко висвітлено у вітчизняних і зарубіжних наукових дослідженнях, у яких розглядаються проблеми формування мережі закладів освіти, їх архітектурно-планувальної організації та відповідності сучасним педагогічним вимогам. Зокрема, підходи до формування мережі закладів освіти в умовах міської забудови розроблено у працях Ковальської Г.Л. [4], принципи архітектурно-типологічного проєктування шкільних будівель досліджено у працях Ковальського Л.М. [8], узагальнення вітчизняного та зарубіжного досвіду проєктування шкіл здійснено Куцевичем В.В. [9]. Питання організації освітнього середовища, його відповідності сучасним педагогічним моделям, гнучкості просторових рішень і трансформації архітектури шкіл розглядаються у працях P. Nair та співавторів [10], C.W. Brubaker [11], M. Dudek [12], H. Sanoff та R. Walden [13]. Історичний розвиток шкільної архітектури, взаємозв'язок архітектури та педагогіки, а також трансформацію освітнього середовища в різні історичні періоди досліджено у працях C. Burke [14], E. Robson [15], A. Saint [16], а також у роботах, присвячених післявоєнному розвитку шкільного будівництва [17].

Водночас аналіз наукових публікацій свідчить, що питання еволюції формування багатоповерхових шкільних будівель, особливостей їх архітектурно-планувальної організації на різних історичних етапах та закономірностей розвитку залишаються недостатньо дослідженими.

Метою дослідження є виявлення закономірностей еволюції формування багатоповерхових шкільних будівель на основі аналізу їх архітектурно-планувальної організації на різних історичних етапах.

Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити такі завдання:

- визначити основні етапи еволюції формування багатоповерхових шкільних будівель;
- проаналізувати особливості архітектурно-планувальної організації багатоповерхових шкільних будівель на кожному етапі;
- виявити закономірності розвитку багатоповерхових шкільних будівель.

Основна частина.

Аналіз еволюції багатоповерхових шкільних будівель дозволив виокремити основні етапи їх формування. Періодизацію побудовано з урахуванням не лише періодів будівництва багатоповерхових шкільних будівель, а й етапів трансформації чинників, що визначали їх формування.

Перший етап формування багатоповерхових шкільних будівель пов'язаний із появою шкіл підвищеної поверховості наприкінці XIX — на початку XX століття у великих містах США та Європи. Їх будівництво було зумовлене насамперед дефіцитом вільних територій у районах щільної міської забудови [11; 14]. У цей період зводилися шкільні будівлі поверховістю 4–6 поверхів, які відзначалися покращеними санітарно-гігієнічними характеристиками, сучасним інженерним оснащенням та архітектурно-планувальною організацією, що відповідала умовам розміщення закладу загальної середньої освіти на обмежених міських територіях [15] (рис. 1).



Рис. 1. Приклади багатоповерхових шкільних будівель кінця XIX ст. у щільній міській забудові:
а — школа P.S. 9, Нью-Йорк, 1894–1896 рр. [19]; б — школа Martin A. Ryerson Elementary, Чикаго, 1891 р. [20]; в — школа Bonner Street Primary School, Лондон, 1876 р. [14].

Попри розвиток у першій половині XX століття нових педагогічних концепцій, орієнтованих на формування відкритого, гнучкого та учнецентрованого освітнього середовища, їх практичне впровадження в масове шкільне будівництво залишалося обмеженим [12]. Архітектурно-планувальна організація більшості шкільних будівель залишалася традиційною та ґрунтувалася на коридорній планувальній схемі. Основними приміщеннями були класи, що відповідало класно-урочній системі організації освітнього процесу [18].

Другий етап формування багатоповерхових шкільних будівель розпочався після завершення Другої світової війни та був зумовлений потребами масштабної післявоєнної відбудови. Це сприяло індустріалізації шкільного будівництва, впровадженню типового проєктування та заклало передумови для подальшого розвитку багатоповерхових шкільних будівель. Із середини XX століття сформувалася масова практика будівництва шкіл за типовими проєктами, що ґрунтувалися на принципах стандартизації, функціоналізму та економічної доцільності [16; 21].

Для типових проєктів шкіл цього періоду були характерні уніфіковані об'ємно-планувальні рішення, застосування стандартизованих конструктивних елементів і горизонтальне функціональне зонування [21]. Водночас у більшості країн переважало будівництво малоповерхових шкіл, що було зумовлено санітарно-гігієнічними вимогами, необхідністю забезпечення природного освітлення, провітрювання, безпосереднього функціонального зв'язку навчальних приміщень зі шкільною ділянкою та мінімізації вертикальних переміщень учнів і вчителів [12;14]. Поширення концепції «школи в природному середовищі» також сприяло збереженню практики будівництва малоповерхових шкільних будівель [12;13].



а). б).

Рис. 2. Шкільні будівлі середини XX ст.:

а — Школа Oldbury Court (Oldbury Court School), м. Бристоль, Велика Британія, 1956 р. [17];
б — Школа Geschwister-Scholl-Gesamtschule, 1956–1962 рр., м. Люнен, Німеччина (арх. Hans Scharoun) [22].

Третій етап формування багатоповерхових шкільних будівель розпочався у другій половині XX століття та був зумовлений переосмисленням ролі архітектурного середовища в освітньому процесі й критикою традиційної моделі шкільної будівлі, сформованої в індустріальний період. У 1970-х роках розвиток шкільної архітектури зазнав значного впливу освітніх інновацій, орієнтованих на відхід від класно-урочної системи, розвиток діяльнісного та учнецентрованого навчання, міждисциплінарної взаємодії, командного викладання і варіативності освітніх сценаріїв [23]. Це зумовило пошук нових архітектурно-планувальних рішень, орієнтованих на гнучкість, трансформацію простору та різноманітність форм організації навчальної діяльності [12]. У цей період архітектурне середовище школи почало розглядатися як активний чинник освітнього процесу, здатний впливати на характер навчальної діяльності та взаємодію її учасників [13]. Як наслідок, поширення набули концепції відкритого планування (open-plan), гнучких і трансформованих просторів, а також модель «school within school», що передбачала поділ великої школи на функціонально автономні навчальні блоки [11] (рис. 3).

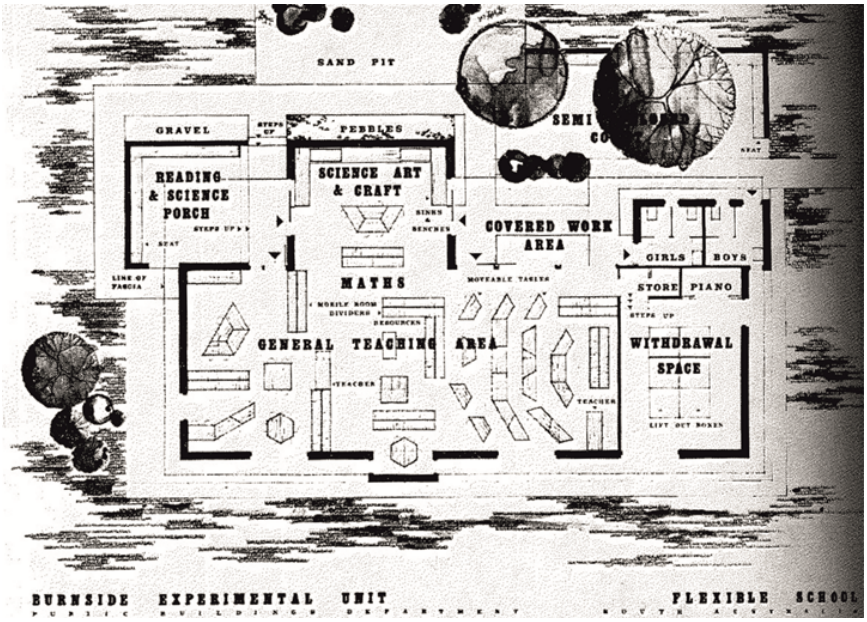


Рис. 3. План експериментального навчального блоку Burnside Primary School (Experimental Unit), 1968, м. Аделаїда, Австралія [24].

Запропоновані підходи не набули масового впровадження, що було зумовлено інерційністю нормативної бази та економічними обмеженнями. Водночас ці підходи закріпили нове розуміння взаємозв’язку між організацією освітнього процесу та архітектурно-планувальною організацією шкільних будівель, сформували нові вимоги до освітнього середовища й просторової

організації шкіл та заклали підґрунтя для подальшого розвитку багатоповерхових шкільних будівель.

Четвертий етап формування багатоповерхових шкільних будівель розпочався наприкінці XX – на початку XXI століття та був зумовлений зростанням рівня урбанізації, дефіцитом вільних територій і необхідністю забезпечення населення закладами загальної середньої освіти в умовах щільної міської забудови [1;25]. Це сприяло активному будівництву багатоповерхових шкільних будівель в Азії, зокрема в Сінгапурі й Гонконзі. У цей період активно зводилися школи поверховістю 4–6 поверхів, що розміщувались на обмежених за площею ділянках у щільній міській забудові [25-28].

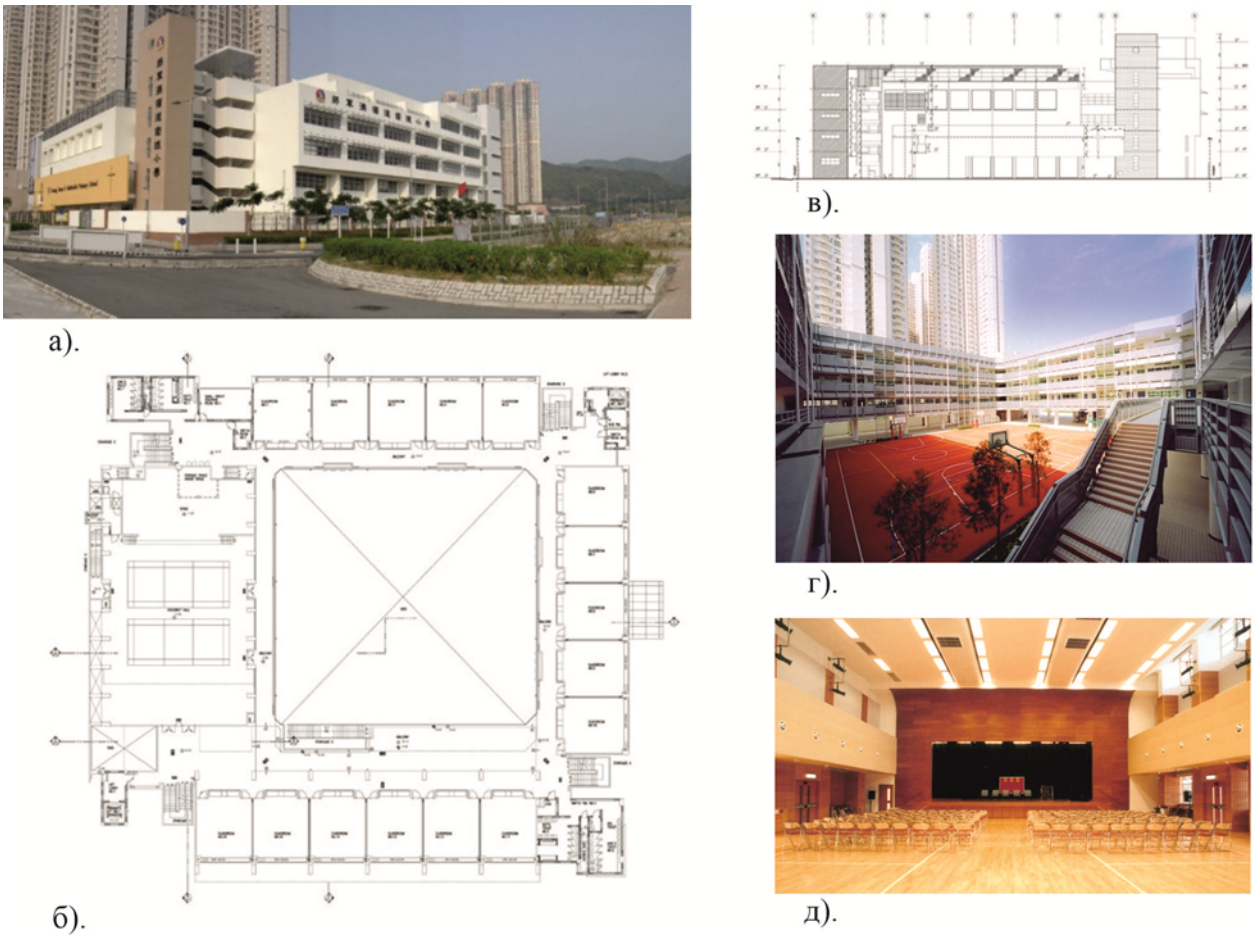


Рис. 4. Початкова школа на 36 класів у районі Tseung Kwan O (Гонконг), 2004 р.; арх. — Architectural Services Department, HKSAR Government: а — загальний вигляд; б — план першого поверху; в — фасад; г — внутрішній двір; д — інтер'єр актового залу [26].

Архітектурно-планувальна організація багатоповерхових шкіл цього періоду ґрунтувалася на периметральній або коридорній схемі, що передбачала розміщення навчальних приміщень уздовж зовнішнього контуру будівлі або вздовж коридорів з одностороннім чи двостороннім природним освітленням. У

низці проєктів формувався внутрішній двір, який забезпечував природне освітлення та провітрювання приміщень [26]. Функціональна організація багатоповерхових шкіл цього періоду ґрунтувалася на повторенні однотипних планувальних рішень на різних поверхах. Окремі рівні будівлі функціонували відносно автономно, а взаємозв’язок між ними забезпечувався переважно сходово-ліфтовими вузлами [25]. Подальший розвиток багатоповерхових шкільних будівель був пов'язаний із переходом від збільшення поверховості до якісної трансформації їх архітектурно-планувальної організації.

П'ятий етап формування багатоповерхових шкільних будівель розпочався у 2010-х роках та характеризується появою багатоповерхових шкільних будівель, які у міжнародній професійній практиці отримали назву «вертикальні школи» (vertical schools) [29]. Цей етап було зумовлено подальшим зростанням щільності міської забудови, дефіцитом територій, розвитком сучасних педагогічних концепцій та необхідністю інтеграції освітніх і громадських функцій [1; 30].

На відміну від багатоповерхових шкіл попереднього етапу, архітектурно-планувальна організація вертикальних шкіл характеризується інтеграцією освітніх просторів різних рівнів будівлі [29; 30]. Одним із найпоширеніших прийомів забезпечення такої інтеграції є атріум, який формує візуальні зв'язки між поверхами, сприяє орієнтації в будівлі та створює умови для комунікації й спільної діяльності учасників освітнього процесу [29]. На відміну від традиційної моделі, орієнтованої на класно-урочну систему навчання, для вертикальних шкіл характерне формування гнучких багатофункціональних навчальних просторів, призначених для командного викладання, діяльнісного навчання, міждисциплінарної взаємодії та реалізації сучасних освітніх програм [29;30]. Для компенсації обмеженої площі пришкільної ділянки передбачаються тераси, експлуатовані покрівлі та багаторівневі рекреаційні простори [29;31].

Вертикальні школи активно будуються в Австралії, Сінгапурі, Гонконзі, Японії та США, що свідчить про міжнародний характер цього напряму розвитку шкільної архітектури [25;29;30]. Незважаючи на різні містобудівні умови, їх архітектурно-планувальні рішення ґрунтуються на спільних принципах формування освітнього середовища.

Показовим прикладом інтеграції освітніх і громадських функцій є South Melbourne Primary School (Мельбурн, Австралія), відкрита у 2018 році за проєктом архітектурного бюро Hayball (рис. 5). Шестиповерхова будівля поєднує початкову школу, центр раннього розвитку, центр матері та дитини, спортивні та громадські простори [32]. Проєкт демонструє підхід, за якого вертикальна школа розглядається не лише як заклад освіти, а й як багатофункціональний елемент міської соціальної інфраструктури.



Рис. 5. South Melbourne Primary School (Мельбурн, Австралія), арх. Hayball, 2018 р.: а — загальний вигляд; б — розріз; в — спортивний майданчик; г — інтер'єр; д — тривимірна візуалізація об'ємно-просторової структури будівлі [32].

Найбільш повно сучасні принципи формування вертикальної школи реалізовано у проєкті Arthur Phillip High School (Парраматта, Австралія), спроєктованому архітектурними бюро Grimshaw Architects та BVN (рис. 6). Будівля організована як багаторівнева система навчальних спільнот (Homebases), між якими розташовані простори для міждисциплінарної взаємодії, STEM-лабораторії, творчі студії та рекреаційні зони. Центральний атріум забезпечує візуальні та функціональні зв'язки між рівнями будівлі, формуючи інтегрований освітній простір [33].



Рис. 6. Загальний вигляд освітнього комплексу Arthur Phillip High School та Parramatta Public School, м. Парраматта, Австралія. Архітектори: Grimshaw Architects та BVN Architecture, 2020 р. [33].

Інший напрям розвитку вертикальних шкіл демонструє Singapore International School (Гонконг), реалізована шляхом реконструкції та надбудови існуючої шкільної будівлі (рис. 7) [34]. Центральний багаторівневий атріум забезпечує природне освітлення, провітрювання та взаємозв'язок між різними рівнями будівлі, що свідчить про можливість трансформації існуючого шкільного фонду відповідно до принципів вертикальної школи.



Рис. 7. Загальний вигляд будівлі середньої школи Singapore International School (Hong Kong), м. Гонконг, Китай, 2011 р. Архітектори: MKPL Architects Pte Ltd у співпраці з WMKY Ltd [34].

Розглянуті приклади, серед яких South Melbourne Primary School [32], Inner Sydney High School [35], Arthur Phillip High School [33] та Adelaide Botanic High School (Австралія) [36], Eunoia Junior College (Сінгапур) [37], Singapore International School (Гонконг) [34], демонструють різноманітність архітектурних рішень і водночас спільність принципів формування вертикальних шкіл в умовах щільної міської забудови та обмеженої площі ділянок.

Проведений аналіз свідчить, що на різних історичних етапах зростання поверховості шкільних будівель поєднувалося з принципово різними моделями архітектурно-планувальної організації — від традиційної коридорної схеми до інтегрованої багаторівневої структури. Це дає підстави стверджувати, що збільшення поверховості не було достатньою умовою якісної трансформації архітектурно-планувальної організації: така трансформація відбулася лише на п'ятому етапі, коли багатоповерхова структура поєдналася із сучасними принципами організації освітнього середовища. Основні етапи, чинники формування та особливості архітектурно-планувальної організації багатоповерхових шкільних будівель узагальнено на рис. 8.

ЕТАП	ЧИННИКИ ФОРМУВАННЯ	АРХІТЕКТУРНО-ПЛАНУВАЛЬНА ОРГАНІЗАЦІЯ
I ЕТАП кінець XIX – початок XX ст. ***Школи підвищеної поверховості***	дефіцит вільних територій у щільній забудові великих міст США та Європи	4–6 поверхів; коридорна схема; клас — основне приміщення; покращені санітарно-гігієнічні характеристики та інженерне оснащення
II ЕТАП середина XX ст. ***Індустріалізація шкільного будівництва***	післявоєнна відбудова; типове проєктування, стандартизація та економічна доцільність; нормативне обмеження поверховості; концепція «школи в природному середовищі»	уніфіковані об'ємно-планувальні рішення; горизонтальне функціональне зонування; переважно малоповерхові будівлі
III ЕТАП друга половина XX ст. ***Педагогічне переосмислення***	освітні інновації; критика класно-урочної системи; архітектурне середовище як активний чинник освітнього процесу	відкрите планування (open-plan); гнучкі та трансформовані простори; модель «school within school»; без масового впровадження
IV ЕТАП кінець XX – початок XXI ст. ***Багатоповерхові школи у щільній забудові***	зростання рівня урбанізації; дефіцит територій у містах Австралії та Азії	4–6 поверхів; периметральна або коридорна схема; повторення планувальних рішень на поверхах; сходово-ліфтові вузли; обмежені функціональні зв'язки між рівнями
V ЕТАП з 2010-х років ***Вертикальні школи***	подальше ущільнення міської забудови; сучасні педагогічні концепції; інтеграція освітніх і громадських функцій	інтегрована багаторівнева структура; функціональна диференціація рівнів; атріум як комунікаційне та соціальне ядро; тераси й експлуатовані покрівлі; активні вертикальні зв'язки

час

ЗАКОНОМІРНІСТЬ ЕВОЛЮЦІЇ
зміна ролі багатоповерховості: від засобу компактного розміщення закладу освіти на обмеженій ділянці — до основи формування функціонально диференційованого та просторово інтегрованого освітнього середовища

Рис. 8. Основні етапи, особливості та закономірності еволюції багатоповерхових шкільних будівель (схема автора)

Висновки. У результаті дослідження визначено п’ять основних етапів еволюції формування багатоповерхових шкільних будівель: поява перших багатоповерхових шкільних будівель наприкінці XIX — на початку XX століття; індустріалізація та поширення типового шкільного будівництва після Другої світової війни; переосмислення архітектурного середовища школи під впливом педагогічних інновацій другої половини XX століття; поширення багатоповерхових шкіл у щільній міській забудові наприкінці XX — на початку XXI століття; формування з 2010-х років багатоповерхових шкільних будівель, відомих у міжнародній професійній практиці як «вертикальні школи».

На основі аналізу формування багатоповерхових шкільних будівель виявлено закономірності трансформації підходів до їх архітектурно-планувальної організації. На першому етапі зведення багатоповерхових шкіл було спрямоване на збільшення місткості закладів освіти в умовах обмеженої площі ділянок, проте їх архітектурно-планувальна організація ґрунтувалася на

коридорній схемі, традиційній для того періоду. На другому етапі шкільні будівлі зводилися переважно за типовими проєктами на основі уніфікованих архітектурно-планувальних рішень. Горизонтальне функціональне зонування та вимога безпосереднього зв’язку навчальних приміщень зі шкільною ділянкою зумовлювали їх малоповерховість, водночас індустріалізація будівництва заклала передумови подальшого розвитку багатоповерхових шкільних будівель. На третьому етапі під впливом педагогічних інновацій сформувалися нові підходи до архітектурно-планувальної організації шкіл, засновані на принципах гнучкого планування, однак ці підходи не набули масового поширення. На четвертому етапі зростання поверховості шкільних будівель в умовах щільної міської забудови мало переважно кількісний характер: збільшення кількості поверхів не супроводжувалося якісною трансформацією архітектурно-планувальної організації, про що свідчать повторення планувальних рішень на різних поверхах та обмежені функціональні зв’язки між ними. На п'ятому етапі розвиток багатоповерхових шкільних будівель відбувався на основі поєднання зростання поверховості, зумовленого дефіцитом міських територій, та принципів гнучкої організації освітнього середовища, сформованих під впливом педагогічних інновацій. Результатом стала якісна трансформація архітектурно-планувальної організації: вертикальні школи характеризуються функціональною диференціацією рівнів, інтеграцією навчальних, рекреаційних і громадських просторів, використанням атріумів як комунікаційних ядер та активними вертикальними зв'язками між поверхами. Саме на цьому етапі зростання поверховості вперше супроводжується якісною трансформацією архітектурно-планувальної організації шкільної будівлі.

Встановлено, що якісна трансформація архітектурно-планувальної організації відбулася тоді, коли багатоповерхова структура була підпорядкована принципам формування сучасного освітнього середовища. Головна закономірність полягає у зміні ролі багатоповерховості в архітектурі шкільних будівель: від засобу компактного розміщення закладу освіти на обмеженій ділянці до основи формування функціонально диференційованого та просторово інтегрованого освітнього середовища.

Різноманітність реалізованих архітектурних рішень — від окремих багатоповерхових будівель до реконструкції існуючого шкільного фонду та інтеграції закладів освіти в багатофункціональні міські комплекси — свідчить про адаптивність принципів формування вертикальних шкіл та можливість їх реалізації в різних містобудівних умовах. Для України, де дефіцит вільних ділянок у сформованій міській забудові поєднується з перевантаженістю мережі закладів освіти, досвід формування вертикальних шкіл становить практичний інтерес як перспективний напрям розвитку шкільного будівництва в умовах

обмежених територіальних ресурсів. Отримані результати створюють підґрунтя для подальшого дослідження типологічних ознак вертикальних шкіл і визначення їх місця в типології будівель закладів загальної середньої освіти. Виявлені закономірності формування багатоповерхових шкільних будівель можуть бути використані як теоретична основа для розроблення підходів до проєктування закладів загальної середньої освіти в умовах щільної міської забудови.

Список використаних джерел

1. World Urbanization Prospects 2025: Summary of Results. United Nations, Department of Economic and Social Affairs, Population Division. New York, 2025. URL: https://population.un.org/wup/assets/Publications/undesa_pd_2025_wup2025_summary_of_results_final.pdf (дата звернення: 10.05.2026).

2. Burke C., Whyte W. The spaces and places of schooling: historical perspectives. Oxford Review of Education. 2021. Vol. 47, No. 5. P. 549–555. DOI: 10.1080/03054985.2021.1973984.

3. Профіль країни щодо оптимізації мережі закладів освіти: Україна (початкова, середня та професійна освіта): аналітичний звіт / МОН України; ДНУ «Інститут освітньої аналітики». Київ, 2025. 36 с. URL: https://iea.gov.ua/wp-content/uploads/2025/05/az_profil-krayiny-2025.pdf (дата звернення: 10.05.2026).

4. Ковальська Г.Л. Містобудівні основи розвитку мережі дошкільних та загальноосвітніх навчальних закладів: дис. ... д-ра арх.: 18.00.04. К.: КНУБА, 2016. 340 с.

5. Нова українська школа: концептуальні засади реформування середньої школи / МОН України, 2016. URL: https://mon.gov.ua/storage/app/media/zagalna%20serednya/nova-ukrainska-shkola-compressed.pdf (дата звернення: 11.05.2026).

6. ДБН В.2.2-3:2018. Будинки і споруди. Заклади освіти. Актуалізований текст із змінами, внесеними Зміною № 1 та Зміною № 2. К.: Мінрозвитку громад, 2025.

7. Swinburn A. Vertical School Design: Strategising the Spatial Configuration of a Multi-Storey Typology to Facilitate Education in Dense City Environments. Sydney: NSW Architects Registration Board, Byera Hadley Travelling Scholarships Journal Series, 2017. 114 p. URL: https://www.architects.nsw.gov.au/download/Vertical%20School%20Design_AdamSwinburn.pdf (дата звернення: 10.05.2026).

8. Ковальський Л.М. Проблеми розвитку архітектури навчально-виховних будівель: автореф. дис. ... д-ра архітектури: 18.00.02. Київ, 1995. 32 с.

9. Куцевич В.В., Губов Б.М., Тишкевич О.П. та ін. Узагальнення вітчизняного і зарубіжного досвіду проектування та будівництва. Методичні рекомендації з проектування закладів загальної середньої освіти / за заг. ред. В.В. Куцевича. Київ: ПАТ «КИЇВЗНДІЕП», 2017. С. 6–23.

10. Nair P., Fielding R., Lackney J. The Language of School Design: Design Patterns for 21st Century Schools. 2nd ed. Minneapolis: Design Share, 2013. 224 p.

11. Brubaker C.W. Planning and Designing Schools. New York: McGraw-Hill, 1998. 203 p.

12. Dudek M. Architecture of Schools: The New Learning Environments. Oxford: Architectural Press, 2000. 270 p.

13. Sanoff H., Walden R. School Environments. The Oxford Handbook of Environmental and Conservation Psychology / ed. by S.D. Clayton. Oxford: Oxford University Press, 2012. P. 276–294. DOI: 10.1093/oxfordhb/9780199733026.013.0015.

14. Burke C., Grosvenor I. School. London: Reaktion Books, 2008. 208 p.

15. Robson E.R. School Architecture / вступ M. Seaborne. New York: Humanities Press, 1972 (The Victorian Library; репринт вид. 1874 р.). 440 p.

16. Saint A. Towards a Social Architecture: The Role of School-Building in Post-War England. New Haven; London: Yale University Press, 1987. 265 p.

17. The story of post-war school building. Ministry of Education Pamphlet No. 33. London: Her Majesty's Stationery Office, 1957. 131 p.

18. LaChance W.W. Modern Schoolhouses. Toronto: W. Briggs, 1919. 263 p.

19. Grammar School No. 9 (Later Public School 9 / John Jasper School, now Mickey Mantle School / Public School 811M): Designation Report LP-2318. New York City Landmarks Preservation Commission. July 14, 2009. URL: https://s-media.nyc.gov/agencies/lpc/lp/2318.pdf (дата звернення: 02.04.2026).

20. Chalkbeat. CPS buildings and infrastructure FAQ. URL: https://www.chalkbeat.org/chicago/2024/09/19/cps-buildings-and-infrastructure-faq/ (дата звернення: 02.04.2026).

21. Oddie G. Industrialised Building for Schools. Paris: OECD, 1975. 77 p.

22. Sudhershan D.P., Campbell H. Hans Scharoun's Geschwister-Scholl School in Lünen as a vehicle for societal reform in post-war Germany. ARENA Journal of Architectural Research. 2024. Vol. 9, No. 1. Article 6. DOI: 10.55588/ajar.400.

23. Papadopoulos G.S. Education 1960–1990: The OECD Perspective. Paris: Organisation for Economic Co-operation and Development (OECD), 1994. 204 p.

24. Burnside Primary School, Experimental Unit, plan. Designing Schools, Melbourne School of Design, The University of Melbourne. URL: https://designingschools.msd.unimelb.edu.au/objects/D00000556.htm (дата зв.: 15.05.2026).

25. Ma Y., Lin Z., Fu B., Sabba H., Tang H., Li Q. Historical Review of Typological Evolution and Design Strategy Preferences of High-FAR Primary and Secondary Schools: Evidence from 67 Cases in Shenzhen. Buildings. 2025. Vol. 15, No. 22. Article 4132. DOI: 10.3390/buildings15224132.

26. A 36-Classroom Primary School in Area 65, Tseung Kwan O / Architectural Services Department, HKSAR Government. Completion Year: 2004. URL: https://www.archsd.gov.hk/en/exhibition/a-36-classroom-primary-school-in-area-65,-tseung-kwan-o.html (дата звернення: 16.04.2026).

27. Direct Subsidy School (Secondary-Cum-Primary) in Shatin Area 11 / Architectural Services Department, HKSAR Government. URL: https://www.archsd.gov.hk/en/exhibition/direct-subsidy-school-(secondary-cum-primary)-in-shatin-area-11.html (дата звернення: 16.04.2026).

28. A 30-Classroom Primary School in Area 55, Tuen Mun (STFA Lee Kam Primary School) / Architectural Services Department, HKSAR Government. Completion Year: 2011. URL: https://www.archsd.gov.hk/en/exhibition/a-30-classroom-primary-school-in-area-55,-tuen-mun-(stfa-lee-kam-primary-school).html (дата звернення: 16.04.2026).

29. Swinburn A.P. Vertical School Architecture: A Research Manual to Support Best Practice in an Urban Context: Master's thesis. Sydney: University of Technology Sydney, Faculty of Design, Architecture and Building, 2021. 591 p.

30. Carroli L., Willis J., Franz J. Aspirations and the design of vertical schools. Discover Education. 2025. Vol. 4. Article 399. DOI: 10.1007/s44217-025-00866-z.

31. Salari E.E., Tenorio R., Westbrook N. Vertical Schools and Mediated Spaces: The Necessity of Interaction with Natural Environment. Teaching–Learning–Research: Design and Environments. AMPS Proceedings. Manchester: Architecture_MPS; PARADE; Manchester School of Architecture (University of Manchester / Manchester Metropolitan University), 2021. P. 145–156.

32. South Melbourne Primary School. URL: https://www.hayball.com.au/projects/south-melbourne-primary-school/ (дата звернення: 27.03.2026).

33. Arthur Phillip High School, Parramatta Public School. URL: https://grimshaw.global/projects/education-and-science/arthur-phillip-high-school-parramatta-public-school/ (дата звернення: 14.03.2026).

34. Singapore International School. URL: https://mkpl.sg/singapore-international-school/

35. Inner Sydney High School. URL: https://fjcstudio.com/projects/innersydneyhighschool-2/ (дата звернення: 27.03.2026).

36. Adelaide Botanic High School. URL: https://www.coxarchitecture.com.au/project/adelaide-botanic-high-school/ (дата зв.: 27.03.2026).

37. Eunoia Junior College. URL: https://cpgconsultants.com.sg/blog/2022/03/22/eunoia-jc-an-integrated-learning-environment/ (дата звернення: 29.03.2026).

PhD in Architecture, Associate Professor **Olga Tyshkevych,**
Zaporizhzhia National University

EVOLUTION OF THE FORMATION OF MULTI-STOREY SCHOOL BUILDINGS

The article investigates the evolution of multi-storey school buildings in international practice from the late nineteenth century to the present. The study is motivated by urbanisation, the shortage of available land in dense urban

environments, and the need to increase the capacity of general secondary education institutions. Five main stages of this evolution are identified: the emergence of the first multi-storey school buildings in the late nineteenth and early twentieth centuries; the industrialisation and widespread adoption of standardised school construction after the Second World War; the rethinking of the architectural environment of schools under the influence of pedagogical innovations in the second half of the twentieth century; the spread of multi-storey schools in dense urban environments in the late twentieth and early twenty-first centuries; and the formation of vertical schools since the 2010s. The architectural and planning organisation of multi-storey school buildings at each stage is analysed. The findings indicate that an increase in the number of storeys is not a sufficient condition for a qualitative transformation of the architectural and planning organisation of school buildings; such transformation occurs through the integration of a multi-storey structure with contemporary principles of learning environment design. The principal evolutionary pattern identified in the study is the changing role of multi-storey construction in school architecture—from a means of compactly accommodating an educational institution on a limited site to the basis for creating a functionally differentiated and spatially integrated learning environment. The findings may serve as a theoretical basis for further research on the typology of general secondary education institutions and for developing approaches to school design in dense urban environments.

Keywords: general secondary education institution; multi-storey school buildings; vertical schools; architectural and planning organisation; dense urban development; evolution.

REFERENCES

1. World Urbanization Prospects 2025: Summary of Results. United Nations, Department of Economic and Social Affairs, Population Division. New York, 2025. URL: https://population.un.org/wup/assets/Publications/undesa_pd_2025_wup2025_summary_of_results_final.pdf (data zvernennia: 10.05.2026) {in English}

2. Burke C., Whyte W. The spaces and places of schooling: historical perspectives. Oxford Review of Education. 2021. Vol. 47, No. 5. P. 549–555. DOI: 10.1080/03054985.2021.1973984 {in English}

3. Profil krainy shchodo optymizatsii merezhi zakladiv osvity: Ukraina (pochatkova, serednia ta profesiina osvita): analitychnyi zvit / MON Ukrainy; DNU «Instytut osvitnoi analityky». Kyiv, 2025. 36 s. URL: https://iea.gov.ua/wp-content/uploads/2025/05/az_profil-krayiny-2025.pdf (data zvernennia: 10.05.2026) {in Ukrainian}

4. Kovalska H.L. Mistobudivni osnovy rozvytku merezhi doshkilnykh ta zahalnoosvitnikh navchalnykh zakladiv: dys. ... d-ra arkhitektury: 18.00.04. Kyiv: KNUBA, 2016. 340 s. {in Ukrainian}

5. Nova ukrainska shkola: kontseptualni zasady reformuvannia serednoi shkoly / MON Ukrainy, 2016. URL: https://mon.gov.ua/storage/app/media/zagalna%20serednya/nova-ukrainska-shkola-compressed.pdf (data zvernennia: 11.05.2026) {in Ukrainian}

6. DBN V.2.2-3:2018. Budynky i sporudy. Zaklady osvity. Aktualizovanyi tekst zi zminamy, vnesenymy Zminoiu № 1 ta Zminoiu № 2. Kyiv: Ministerstvo rozvytku hromad ta terytorii Ukrainy, 2025 {in Ukrainian}

7. Swinburn A. Vertical School Design: Strategising the Spatial Configuration of a Multi-Storey Typology to Facilitate Education in Dense City Environments. Sydney: NSW Architects Registration Board, Byera Hadley Travelling Scholarships Journal Series, 2017. 114 p. URL: https://www.architects.nsw.gov.au/download/Vertical%20School%20Design_AdamSwinburn.pdf (data zvernennia: 10.05.2026) {in English}

8. Kovalskyi L.M. Problemy rozvytku arkhitektury navchalno-vykhovnykh budivel: avtoref. dys. ... d-ra arkhitektury: 18.00.02. Kyiv, 1995. 32 s. {in Ukrainian}

9. Kutsevych V.V., Hubov B.M., Tyshkevych O.P. ta in. Uzahalnennia vitchyznianoho i zarubizhnoho dosvidu proektuvannia ta budivnytstva. Metodychni rekomendatsii z proektuvannia zakladiv zahalnoi serednoi osvity / za zah. red. V.V. Kutsevycha. Kyiv: PAT «KYIVZNDIEP», 2017. S. 6–23 {in Ukrainian}

10. Nair P., Fielding R., Lackney J. The Language of School Design: Design Patterns for 21st Century Schools. 2nd ed. Minneapolis: Design Share, 2013. 224 p. {in English}

11. Brubaker C.W. Planning and Designing Schools. New York: McGraw-Hill, 1998. 203 p. {in English}

12. Dudek M. Architecture of Schools: The New Learning Environments. Oxford: Architectural Press, 2000. 270 p. {in English}

13. Sanoff H., Walden R. School Environments. The Oxford Handbook of Environmental and Conservation Psychology / ed. by S. D. Clayton. Oxford: Oxford University Press, 2012. P. 276–294. DOI: 10.1093/oxfordhb/9780199733026.013.0015 {in English}

14. Burke C., Grosvenor I. School. London: Reaktion Books, 2008. 208 p. {in English}

15. Robson E.R. School Architecture / with an introduction by M. Seaborne. New York: Humanities Press, 1972 (The Victorian Library; repr. of 1874 ed.). 440 p. {in English}

16. Saint A. Towards a Social Architecture: The Role of School-Building in Post-War England. New Haven; London: Yale University Press, 1987. 265 p. {in English}

17. The story of post-war school building. Ministry of Education Pamphlet No. 33. London: Her Majesty's Stationery Office, 1957. 131 p. {in English}

18. LaChance W.W. Modern Schoolhouses. Toronto: W. Briggs, 1919. 263 p. {in English}

19. Grammar School No. 9 (Later Public School 9 / John Jasper School, Now Mickey Mantle School / Public School 811M): Designation Report LP-2318. New York: New York City Landmarks Preservation Commission, 2009. 34 p. URL: https://s-media.nyc.gov/agencies/lpc/lp/2318.pdf (data zvernennia: 02.04.2026) {in English}

20. Chalkbeat. CPS buildings and infrastructure FAQ. URL: https://www.chalkbeat.org/chicago/2024/09/19/cps-buildings-and-infrastructure-faq/ (data zvernennia: 02.04.2026) {in English}

21. Oddie G. Industrialised Building for Schools. Paris: OECD, 1975. 77 p. {in English}

22. Sudhershan D.P., Campbell H. Hans Scharoun's Geschwister-Scholl School in Lünen as a vehicle for societal reform in post-war Germany. ARENA Journal of Architectural Research. 2024. Vol. 9, No. 1. Article 6. DOI: 10.55588/ajar.400 {in English}

23. Papadopoulos G.S. Education 1960–1990: The OECD Perspective. Paris: Organisation for Economic Co-operation and Development (OECD), 1994. 204 p. {in English}

24. Burnside Primary School, Experimental Unit, plan. Designing Schools, Melbourne School of Design, The University of Melbourne. URL: https://designingschools.msd.unimelb.edu.au/objects/D00000556.htm (data zvernennia: 15.05.2026) {in English}

25. Ma Y., Lin Z., Fu B., Sabba H., Tang H., Li Q. Historical Review of Typological Evolution and Design Strategy Preferences of High-FAR Primary and Secondary Schools: Evidence from 67 Cases in Shenzhen. Buildings. 2025. Vol. 15, No. 22. Article 4132. DOI: 10.3390/buildings15224132 {in English}

26. A 36-Classroom Primary School in Area 65, Tseung Kwan O / Architectural Services Department, HKSAR Government. Completion Year: 2004. URL: https://www.archsd.gov.hk/en/exhibition/a-36-classroom-primary-school-in-area-65,-tseung-kwan-o.html (data zvernennia: 16.04.2026) {in English}

27. Direct Subsidy School (Secondary-Cum-Primary) in Shatin Area 11 / Architectural Services Department, HKSAR Government. URL: https://www.archsd.gov.hk/en/exhibition/direct-subsidy-school-(secondary-cum-primary)-in-shatin-area-11.html (data zvernennia: 16.04.2026) {in English}

28. A 30-Classroom Primary School in Area 55, Tuen Mun (STFA Lee Kam Primary School) / Architectural Services Department, HKSAR Government. Completion Year: 2011. URL: https://www.archsd.gov.hk/en/exhibition/a-30-classroom-primary-school-in-area-55,-tuen-mun-(stfa-lee-kam-primary-school).html (data zvernennia: 16.04.2026) {in English}

29. Swinburn A.P. Vertical School Architecture: A Research Manual to Support Best Practice in an Urban Context: Master's thesis. Sydney: University of Technology Sydney, Faculty of Design, Architecture and Building, 2021. 591 p. {in English}

30. Carroli L., Willis J., Franz J. Aspirations and the design of vertical schools. Discover Education. 2025. Vol. 4. Article 399. DOI: 10.1007/s44217-025-00866-z {in English}

31. Salari E.E., Tenorio R., Westbrook N. Vertical Schools and Mediated Spaces: The Necessity of Interaction with Natural Environment. Teaching–Learning–Research: Design and Environments. AMPS Proceedings. Manchester: Architecture_MPS; PARADE; Manchester School of Architecture (University of Manchester / Manchester Metropolitan University), 2021. P. 145–156 {in English}

32. South Melbourne Primary School. URL: https://www.hayball.com.au/projects/south-melbourne-primary-school/ (data zvernennia: 27.03.2026) {in English}

33. Arthur Phillip High School, Parramatta Public School. URL: https://grimshaw.global/projects/education-and-science/arthur-phillip-high-school-parramatta-public-school/ (data zvernennia: 14.03.2026) {in English}

34. Singapore International School. URL: https://mkpl.sg/singapore-international-school/ (data zvernennia: 27.03.2026) {in English}

35. Inner Sydney High School. URL: https://fjcstudio.com/projects/innersydneyhighschool-2/ (data zvernennia: 27.03.2026) {in English}

36. Adelaide Botanic High School. URL: https://www.coxarchitecture.com.au/project/adelaide-botanic-high-school/ (data zvernennia: 27.03.2026) {in English}

37. Eunoia Junior College. URL: https://cpgconsultants.com.sg/blog/2022/03/22/eunoia-jc-an-integrated-learning-environment/ (data zvernennia: 29.03.2026) {in English}

DOI: 10.32347/2076-815x.2026.93.275-301
УДК 712.2.01:[725.1:614.2]
к. арх., доцент **Шевченко Л.С.,**
Ls.shevchenko@ukr.net, ORCID: 0000-0001-6840-8406, H-index 6,
Національний університет «Полтавська політехніка
імені Юрія Кондратюка»,
д. арх., професор **Древаль І.В.,**
dreval3000@gmail.com, ORCID: 0000-0002-8157-1467, H-index 2,
Харківський національний університет міського господарства ім. О.М. Бекетова

ЛАНДШАФТНІ ОБ'ЄКТИ ЯК ОСОБЛИВИЙ РЕСУРС ДЛЯ ОЗДОРОВЛЕННЯ ЛЮДИНИ: ЕВОЛЮЦІЯ УЯВЛЕНЬ (Частина 2)

Розкрито еволюцію уявлень про ландшафтні об'єкти як особливі ресурси для оздоровлення людини в ході їх історичного розвитку. Дослідження доповнює своїм матеріалом розгорнуту роботу з імплементації положень SDG в Україні, зокрема – у досягненні цілі сталого розвитку «Міцне здоров'я». Дана робота лежить в руслі досліджень авторів проблеми створення в містах України новітніх об'єктів для оздоровлення населення – особливих відкритих озеленених просторів з відповідною ландшафтною та структурно-функціональною організацією, які здатні забезпечити оздоровчі процеси. У дослідженні аналізуються уявлення та особливості формування ландшафтів для оздоровлення людини на п'яти історичних етапах. Результати дослідження перших трьох етапів було висвітлено авторами у попередньому випуску збірника наукових праць. Результати аналізу останніх двох етапів представлено у цій публікації. Виявлено зміни уявлень щодо оздоровчого потенціалу ландшафтних об'єктів та їх структурно-функціональної організації. Визначено типи ландшафтних об'єктів з цілющою функцією. В роботі задіяні методи: термінологічного іконографічного аналізу, абстрагування та порівняння, аналізу історичних джерел, структурно-функціонального аналізу.

Ключові слова: сталий розвиток; еволюційний підхід; цілющі властивості; ландшафтний об'єкт; оздоровчий потенціал; структурно-функціональні характеристики.

Постановка проблеми. Дане дослідження пов'язане з пошуком нових об'єктів, які стануть ефективними для оздоровлення населення України. Це напряму кореспондується із Резолюцією ООН та Національною доповіддю «Цілі Сталого Розвитку: Україна» та окресленими можливостями імплементації положень SDG в Україні [1]. Серед 17 глобальних цілей сталого розвитку

(Sustainable Development goals, SDG) виділено окремо ціль 3 – Міцне здоров'я та благополуччя (Good health and well-being) [2], яка в нашій країні особливо релевантна у період війни – життєдіяльності кожного мешканця України під прицілом ворога, у постійних тривогах, хвилювання за рідних і близьких. Фізичне, психологічне та ментальне здоров'я кожного українця значно погіршилося, що підтверджено і результатами загальнонаціонального репрезентативного опитування 2025 року [3]. Крім того, зазнала негативних змін демографічна ситуація: збільшилася кількість осіб, котрим необхідна реабілітація, відновлення та оздоровлення – учасникам бойових дій, громадському населенню в тилу ворога. Серед людей зростає психологічна втомлюваність, фізичне та розумове навантаження. На організацію першочергової допомоги спрямована низка наявних законодавчих документів України [4, 5, 6]) та практичні ресурси (реабілітаційні та оздоровчі центри). Автори, у свою чергу, досліджують один із таких потенційних об'єктів – особливий тип відкритих міських озеленених просторів, які здатні забезпечити процеси оздоровлення за рахунок їх ландшафтної та структурно-функціональної організації.

В результаті **аналізу останніх досліджень і публікацій** було виявлено низку робіт, сфокусованих на питаннях формування міських озеленених просторів для оздоровлення населення. Зокрема – роботи по формуванню сенсорних, реабілітаційних та терапевтичних садів [7, 8, 9], профілактики та збереження ментального здоров'я молодого покоління країни шляхом запровадження природотерапії та гарденотерапії [10, 11, 12, 13]. В цих роботах відобразилися сучасні уявлення про ландшафти з цілющою функцією та їх вплив на оздоровлення людини. Так, в роботі [7] виявлено особливості планувальної організації сенсорного саду при реабілітаційних центрах, що є надважливим для України у період війни. Вплив на ментальне здоров'я людини під час війни засобами ландшафтної архітектури розглянуто в роботі [8]. Закордонний та вітчизняний досвід формування терапевтичних ландшафтів у дизайні міського середовища висвітлено в роботі [9]. У наукових публікаціях [10, 11] наголошено на суттєвому впливі гарденотерапії на психологічний стан дітей з особливими потребами та можливість інтеграція технологій гарденотерапії в освітній процес нової української школи. Питання використання інноваційних засобів природотерапії в соціально-психологічній реабілітації дітей та молоді з особливими освітніми потребами та соціальній роботі з постраждалими внаслідок надзвичайних ситуацій розкрито у роботах [12, 13].

Авторські статті по дослідженню ландшафтних об'єктів та їх кількість свідчать про значне різноманіття досліджень, де розглядаються оздоровчі

ефекти ландшафтної архітектури та дизайну [14-20]. Однак, аналіз попередніх досліджень показав, що історичний розвиток уявлень про використання даного ресурсу системно не розглядався.

Метою публікації є дослідження еволюції уявлень про ландшафтні об'єкти як особливий ресурс для оздоровлення населення в період з середини XIX століття до сьогодення. На даному етапі об'єктами дослідження є терапевтичні, оздоровчі, лікарняні, цілющі ландшафтні об'єкти на четвертому та п'ятому етапах їх розвитку.

Предметом дослідження визначено уявлення про цілющі властивості ландшафтних об'єктів різних епох, як особливого ресурсу оздоровлення людини, які історично змінювались.

Завдання дослідження:

- визначити особливості залучення *ресурсів природи* для оздоровлення людини та формування уявлень про їх корисність в ході історичного розвитку ландшафтних об'єктів на четвертому і п'ятому етапах їх розвитку;
- окреслити історичні етапи становлення уявлень про особливі типи ландшафтних об'єктів з оздоровлюючою функцією під впливом світоглядів, що панували на четвертому та п'ятому етапах їх розвитку;
- визначення типів ландшафтних об'єктів з оздоровлюючою функцією на четвертому та п'ятому етапах їх розвитку за ознакою ландшафтної та структурно-функціональної організації;
- дослідити еволюцію формування уявлень про ландшафтний об'єкт як ресурс для оздоровлення.

Результати дослідження. У першій частині статті [14] виділено п'ять етапів історичного розвитку ландшафтів, в основі яких лежить відповідний тип світогляду на його цілющі властивості. Усвідомлення ландшафту як особливого ресурсу для оздоровлення людини формувалося під впливом пануючих у різні часи уявлень, накопичення знань про цілющі властивості природи. Першим трьом етапам – з міфологічним, релігійним та ренесансним типами світоглядів – була присвячена перша частина статті. З'ясовано, що кожний із перших трьох етапів розвитку ландшафтних об'єктів для оздоровлення має свої відмінні особливості та спільні риси. В ході еволюції уявлень про потенційний оздоровчий ресурс природного середовища вони (тобто уявлення) поступово наповнювалися такими характеристиками як спеціалізація типів цілющих ландшафтних об'єктів, як гармонійного середовища, здатного до зцілення [14].

Четвертий етап (XIX ст.) історичного розвитку цілющих ландшафтів означився *науково-філософським типом світогляду,* який базувався на розвитку індустріалізації і характеризувався становленням і пануванням низки ідей та концепцій класичного раціоналізму, позитивізму і романтизму.

Наукоцентризм та еволюціонізм спирались на відкриття в біології (теорія еволюції Charles Robert Darwin), фізиці та хімії, математиці, що сприяло формуванню віри в могутність науки. Згідно позитивістських поглядів саме людський розум визначався головним інструментом пізнання через точні факти та експерименти. Це стало підґрунтям формування антропоцентричної наукової парадигми, згідно якої людина розглядалась як вінець творіння та абсолютний господар природи, здатний впорядкувати та керувати нею. Одним з проявів таких поглядів було захоплення ботанікою, що породило моду на арборетуми (колекції дерев) та екзотичні оранжереї і в подальшому стало науковою базою формування цілющих ландшафтів.

Паралельно посилювались позиції гуманістичного та демократичного світогляду, засади якого у цей період формували такі філософи як Ludwig Andreas Feuerbach (Німеччина), John Stuart Mill (Англія) та інші. Перший – засновник антропологічного матеріалізму, згідно якого любов до ближнього та повага до людської гідності є найвищими цінностями. Другий – прибічник необхідності свободи слова, захисту особистості від тиранії більшості та рівності прав жінок. Ідеї рівності та гуманізму сприяли створенню середовища для відпочинку людей різних соціальних верств. Приватні розкішні садибні парки для елітних верств населення, які переважали до цього періоду, були заміщені на відкриті громадські парки, доступні для «простих» людей, що стало революційним у розвитку ландшафтної архітектури. Так, парки *нового типу* свідомо створювались як своєрідний інструмент для покращення здоров'я населення міст, що страждали від значного індустріального забруднення в цей період. В якості прикладів можна навести Центральні парки у Birkenhead (1847 р., Велика Британія) та у New York (1857 р., США), рис. 1. Потужним провідником цієї ідеї був Frederick Law Olmsted – ландшафтний архітектор, автор проєкту Центрального парку в New York. Він проєктував парки саме як оздоровчі об'єкти, бо вважав, що зелені простори діють як «антидепресанти» для робітників, що набували психічного виснаження та стресу фабричної праці. Пейзажний прийом формування паркового ландшафту дозволяв створити живописні краєвиди, що мали заспокоюючий вплив на людину. Окрім цього, чисте повітря та затишок парків мали фізичний оздоровлюючий ефект і розглядались як «урбаністичні легені». Філософія романтизму, сповідувана німецькими філософом Friedrich Wilhelm Joseph Schelling та мислителем і літературним діячем Johann Wolfgang von Goethe, звеличувала первісну природу як противагу брудному виробництву та щільній забудові. Вона надихала ландшафтних архітекторів імітувати природні ландшафти шляхом створення штучних водойм в оточенні пагорбів та груп дерев, планування звивистих алей та доріжок для прогулянок. Земля, вода, камінь, живі рослини

були основними матеріалами створення таких просторів (рис. 1).



Рис. 1. Перші громадські міські парки середини XIX ст. як уособлення ідей гуманізму та демократизму шляхом доступу до «живої природи» всім соціальним верствам населення заради їхнього фізичного та морального оздоровлення. Рис. Шевченко Л.С. Джерела світлин та планів: [21, 22]

З'ясовано, що для формування мікроклімату таких ландшафтних об'єктів використовували фітонцидні хвойні рослини, «очисники» від урбанізованого міського оточення широколистяні дерева, у тому числі – дуби (з дубильними речовинами для заспокоєння серцевого ритму), липи (з ефірними оліями заспокійливого характеру) та берези, які стимулюють вироблення вітаміну D. Вважаємо, що такі ландшафтні об'єкти були першими прототипами сучасних екотерапевтичних просторів, фізично та психологічно впливаючи на здоров'я людини. У цей період прийшло розуміння того, що доступ до ландшафтного середовища є *необхідною потребою людини для виживання*.

Популярність доступних паркових ландшафтів, наукові досягнення в сфері медицини, підштовхнули до створення курортних і санаторних ландшафтів по всій Європі: у гірських кліматичних та гірськолижних курортах в Chamonix-Mont-Blanc та Vichy (Франція), Saint-Maurice, Davos та Crans-Montana (Швейцарія), Bormio (Італія), Innsbruck (Австрія) [23, с. 25], та в оздоровчих курортах з природними цілющими джерелами Baden-Baden (Німеччина), Karlovy Vary (Чехія) та інші. У 1888 рр. німецький лікар Hermann Brehmer започаткував у Gerbersdorf (Німеччина) закритий лікувальний заклад для хворих туберкульозом, де підосновою лікувального методу була тріада оздоровчих чинників – «лікування повітрям, спокоєм і дієтичним харчуванням» [24, с. 31]. Це дало поштовх до залучення у науковий обіг терміну «санаторій» (від лат. sano – лікую, зцілюю) на ознакування таких спеціалізованих лікувально-курортних установ, які розміщували у сприятливих для цього природних умовах (рис. 2).

Подібні об'єкти в Україні будувались у цей період у містах Саки (першому вітчизняному грязевому курорті), Трускавець (водолікарні з сірчано-солоними ваннами), Слов'янськ (з мінеральними водами оз. Ріпне), Одеса (на березі Куяльницького лиману), купальні у цілющого джерела Святих Козьми й Даміана біля міста Алушта та перший лікувальний заклад Криму – Чукуларська кліматична станція в Ялті (Крим), Моршин та інших міст Закарпаття [23, с. 29]. Курортні парки проєктувалися з теренкурами (маршрутами для дозованої лікувальної ходьби), бюветами та зонами для аеротерапії (лікування повітрям). Згідно концепції терапевтичних стежок, яка була розроблена у 1885 р. німецьким лікарем Max Joseph Oertel, курортні парки почали заповнювати мережами доріжок пересічною місцевістю із чітко розрахованим кутом нахилу, висотою над рівнем моря та кількістю лавок для відпочинку. Кожен маршрут призначався пацієнтам із конкретними серцево-судинними хворобами. Дієвість цього наукового методу тренувальної терапії полягає у взаємодії свіжого повітря, зелених насаджень, дозованого фізичного навантаження («поступовий підйом») та відпочинку шляхом піших прогулянок парковими ландшафтами.



Рис. 2. Лікувально-курортні установи, започатковані у 1888 р. Hermann Brehmer у Gerbersdorf (Німеччина) як уособлення гігієнічно-дієтичного лікування з активним залученням природного ресурсу. Рисунок Шевченко Л.С. Джерела світлин та планів: [25, 26]

У цей період активна увага фахівців була звернена на психічно хворих людей, для лікування котрих використовувався апробований ще у 1409 р.

«метод соціалізації» пацієнтів (лікарня Zaragosa, Іспанія [14, с. 326]). Пацієнтів розміщували у будівлях, оточених значними за площею живописними парками. Основними лікувальними заходами були: споглядання гармонійного ландшафту, догляд за рослинами, прогулянки озелененими просторами, праця на городах, виноградниках, плодових садах та на фермі [27, с. 17]. Такий лікувальний підхід у XIX ст. став відомим як «моральна терапія», завдячуючи реформаторській діяльності Dr. Philippe Pinel (Франція), William Tuke (Англія) та Dr. Thomas Kirkbride (США). Активна взаємодія пацієнтів з природним середовищем спонукала до формування *нових типів оздоровчих/цілющих просторів при лікувальних закладах для психічнохворих людей і притулків*, як то – The Retreat (1792 p., York, Англія), Friends Asylum (1813 p., Philadelphia, США). Ці об'єкти стали взірцями для всього світу більш гуманних, психологічно обґрунтованих підходів лікування, з пріоритетом цінностей особистих стосунків як цілющого впливу на лікування, важливості корисної діяльності та взаємодії з якісним природним середовищем, розвитку концепції «терапевтичної спільноти» [28], рис. 3. В якості прикладу можна навести психіатричні парки "Kirkbride Plan" – величезні озеленені території, створені навколо лікарень як основний лікувальний інструмент для психічнохворих людей. Будівлі Kirkbride часто будували в стилі "echelon" – зигзагоподібній планувальній схемі, яка забезпечувала найбільше сонячного світла кожній палаті/кімнаті. Свіже повітря, багато сонячного світла та заспокійливі краєвиди природних ландшафтів допомогали створити здорову, приємну атмосферу для пацієнтів. Психіатричні парки мали переважно пейзажний стиль планування з крученими доріжками, екзотичними деревами, фонтанами та сонячними терасами. В їх плануванні брали активну участь відомі ландшафтні архітектори, в тому числі – вищезгаданий Frederick Law Olmsted, автор Центрального парку New York (США). Послідовники Kirkbride вважали, що притулки повинні бути оточені багатьма гектарами зелених насаджень, де пацієнти могли б працювати та відпочивати, що було важливою рисою моральної терапії [29].

Таким чином, у XIX столітті *уявлення про ландшафтні об'єкти* як *особливі ресурси з оздоровлення людини* отримало подальший розвиток. Воно *збагатилось* такими характеристиками як *здатність* фізичного та психічного *оздоровлення* відвідувачів (*широких верств населення* індустріального міста) шляхом створення штучних ландшафтів, що імітують природні простори; *можливість* створення особливих штучних ландшафтів із заздалегідь запрограмованим лікувальним ефектом на основі наукових знань з медицини, ботаніки, психології.

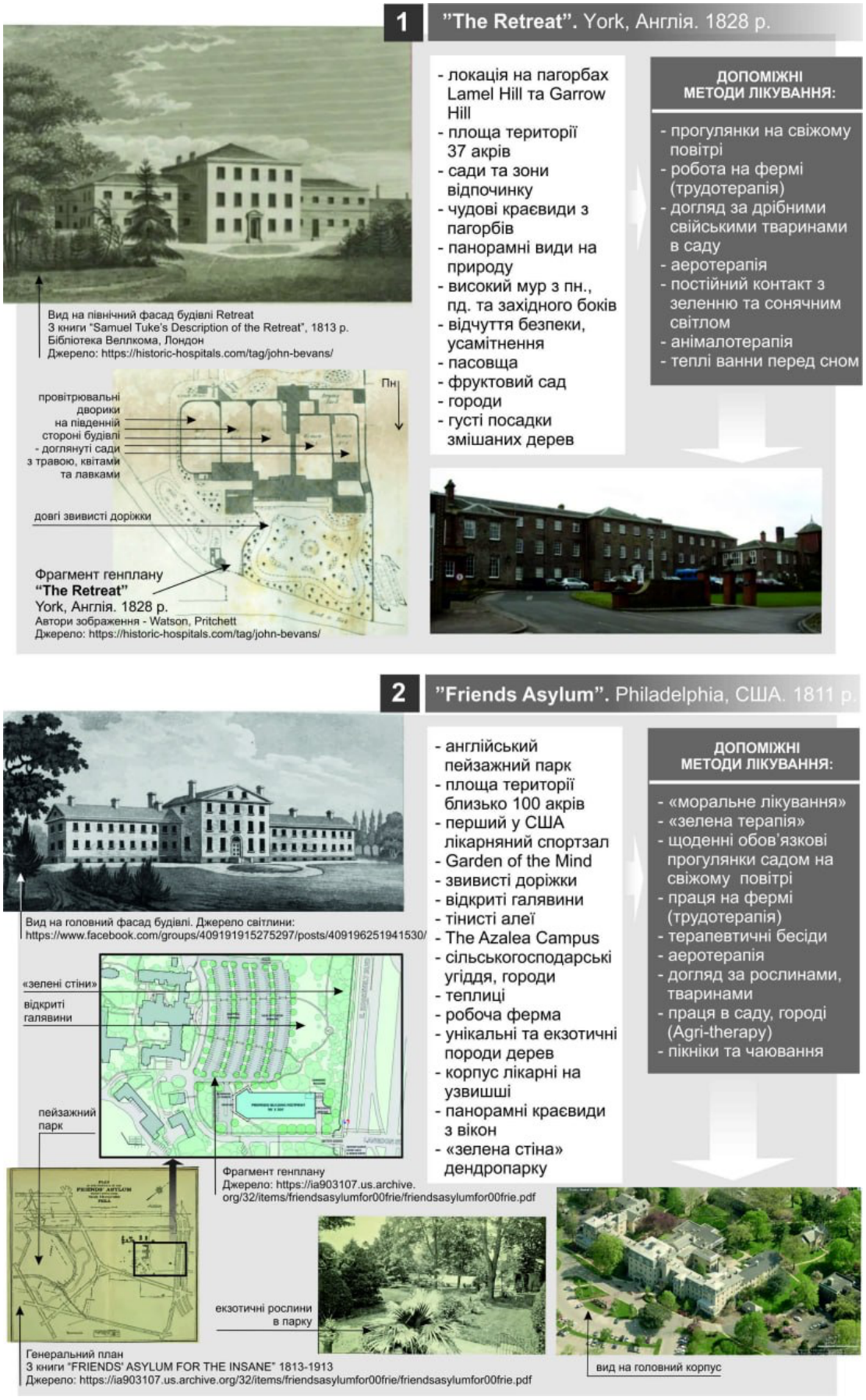


Рис. 3. Нові типи оздоровчих/цілющих просторів при лікувальних закладах для психічнохворих людей і притулків. Рисунок Шевченко Л.С.
Джерела світлин та планів: [30, 31, 32]

Достовірність уявлення про цілющі властивості штучно створених озеленених відкритих просторів, подібних натуральним природним ландшафтам була *підтверджена на практиці* і зафіксована у наукових роботах.

В цей період сформувалися уявлення про *два основних типи* цілющих ландшафтних об'єктів:

- *публічні парки* для мешканців міста з вільним режимом релаксації в структурі живописного ландшафту (пасивне споглядання природи, неспішні прогулянки алеями, дихання фітонцидами);
- *парки при лікувальних закладах* для пацієнтів з особливими протоколами діяльності в структурі ландшафтів, що відповідали вимогам цих протоколів.

Ці ландшафтні об'єкти являли собою:

- *у функціональному аспекті* – ландшафтний парк, розміщений у доступних кожному та сприятливих для лікування й оздоровлення умовах, де відбувалися процеси тілесного, психологічного й психічного зцілення шляхом активної візуальної, сенсорної і тактильної взаємодії з природними елементами;
- *у структурно-планувальному аспекті* – єдину об'ємно-просторову композицію переважно пейзажного характеру, де між собою взаємодіють природні (форми рельєфу, водні елементи, озеленення) та антропогенні елементи (архітектурні об'єкти, лікарні, будівлі притулків тощо) з різним ступенем їх активності у міському та природному середовищі;
- *у ландшафтному аспекті* – антропогенні міські та заміські ландшафти відкритого та напіввідкритого характеру, природного вигляду з акцентом на краєвиди та живописні пейзажі, багатою палітрою ландшафтно-естетичних властивостей, композиціями з декоративних рослин заспокійливого характеру (за рахунок природних форм та кольорів їх крони).

П'ятий етап (XX – поч. XXI ст.) історичного розвитку уявлень про цілющі ландшафти та їх подальший розвиток проходив в умовах значних світоглядних трансформацій, зумовлених катастрофами світових війн та екологічних загроз. До середини XX ст. в архітектурно-містобудівній сфері панували концепції, що спиралися на світоглядні положення модернізму та функціоналізму. Під впливом розвитку промисловості та доктрин Bauhaus міський простір почали жорстко розділяти відповідно до функціональних потреби людини (побут, праця, відпочинок). Такий підхід розповсюдився і *на уявлення про ефективне формування ландшафтних* об'єктів, в тому числі цілющих. Головними критеріями формування середовища стали функціональна доцільність, жорстка геометрія та економічність.

Значний вплив на збагачення уявлення про цілющі ландшафти у першій половині XX ст. мав подальший розвиток медичної галузі, з одного боку, а з

іншого – поява професій, тісно пов'язаних з ландшафтними об'єктами. Відбулося відродження інтересу до саду як потенціалу для лікування й оздоровлення. В реабілітаційних центрах ветеранів Першої світової війни (реабілітаційних відділеннях при лікарнях) з'явилася праце- та фізична терапія (ерготерапія та фізіотерапія), яка відбувалася в садах та на відкритих ландшафтних територіях.

Після Другої світової війни в закордонній практиці отримала розвиток садівнича терапія (підгалузь ерготерапії), де садівництво стало засобом відновлення фізичного та психічного здоров'я. Це дало поштовх до створення як навчальних програм з підготовки фахівців із садівничої терапії, так і відповідних програм внутрішнього і зовнішнього озеленення медичних та оздоровчих закладів [33, с. 9]. Результатом стала поява низки ландшафтних об'єктів – *ветеринарних, психіатричних та реабілітаційних садів і парків* – як невід'ємних складових закладів охорони здоров'я. Їх ландшафтна організація ґрунтується на формуванні функціональних просторів на принципах безпеки, безбар'єрності та сенсорного стимулювання пацієнтів і тварин. Таким чином, створювалося *штучне природне середовище* з активними зонами для групової терапії та функціональними мікрозонами – для індивідуальної, кільцевими доріжками та ландшафтними композиціями з антивандальної нетоксичної рослинності (без колючок, шипів, отруйних плодів). Новаторським було запровадження в таких парках і садах нових параметрів ширини доріжок, розрахованих не лише на людину, а й на колісне крісло та колісне ліжко. Прикладами таких об'єктів є «місто-сад» для душевнохворих Szpital Kliniczny im. dr. Józefa Babińskiego (Kraków, Польща), терапевтичний простір "Klinikum am Weissenhof" (Weinsberg, Німеччина), терапевтичні зони Severalls Hospital (Colchester, Велика Британія). Ці ландшафтні об'єкти завдяки сенсорній стимуляції знижували рівень стресу, покращували концентрацію уваги пацієнтів та завдячуючи садівничій та сільськогосподарській терапії – повертали їм відчуття контролю над життям. У 1959 р. The Rusk Institute of Rehabilitative Medicine (США) для міждисциплінарної діагностичної та реабілітаційної терапії першим додав теплицю в ландшафтний парк реабілітаційного відділення при New York University Medical Center (США, [34]), створивши "The Enid A. Haupt Glass Garden" (New York, США) – перший у світі повністю безбар'єрний скляний сад-теплицю площею близько 1600 кв. м.

Розвиток суспільно-медичної концепції гігієнізму та спорту для мас закріпило розуміння профілактичного значення руху для оздоровлення. Тому *уявлення про цілющі властивості* ландшафтних об'єктів починають пов'язуватись із їх наповненням спортивними майданчиками, громадськими

басейнами просто неба, велосипедними доріжками та світлими галявинами для гімнастики.

Науково доведені факти (Roger S. Ulrich, 1980) про прямий вплив візуального сприйняття природних ландшафтів на швидке одужання пацієнтів після операцій та зниження рівня гормону стресу стали фундаментом концепції «Терапевтичних садів» (Healing Gardens). Таким чином, уявлення про цілющі ландшафти збагатилось ще однією їх властивістю. Це дало поштовх для *розширення типології спеціальних цілющих садів* при лікарнях, хоспісах, будинках престарілих, центрів реабілітації людей з інвалідністю, або ментальними розладами. Вони проєктувалися з урахуванням безбар'єрного простору, тактильних рослин та заспокійливого шуму води.

З середини XX ст. з новою силою набуло поширення активне залучення природних ресурсів, рослинного та тваринного світу в альтернативних (не медичних) методиках та технологіях лікування, оздоровлення та реабілітації. Зокрема – окремі практичні методики анімалотерапії [35, с. 7], система природного оздоровлення українського вченого-самородка П. Іванова, при якій «тільки початкові, природні умови життя, – вода, повітря, земля – можуть повернути людям здоров'я» [36, с. 1]. Ця система сприяла у тому числі й інтенсифікації відвідування природних локацій широкими верствами населення та зростання попиту на ландшафтно-рекреаційні ресурси різного містобудівного рівня.

Уявлення про цілющі ландшафтні об'єкти в середині XX ст. доповнювались також появою низки наукових праць, які досліджували досвід формування оздоровчих ландшафтів та цілющих просторів попередніх епох, зокрема – давньогрецьких та давньоримських святилищ, акцентуючи увагу на вагомому терапевтичному результаті (фізичному й душевному зціленню пацієнтів) від взаємодії природи, архітектури та терапії [37, с. 149-156]. Пошук цікавих рішень сприяв появі нових інноваційних розробок та низки об'єктів у США. Зокрема – моделі саду Planetree у 1978 р., відкриттю ресурсного центру здоров'я споживачів у 1981 р. в San Francisco (США). Модель саду Planetree повернула сформульовані у XIX ст. систему поглядів та природних цінностей на *ландшафтний об'єкт як важливий елемент цілющого середовища і здорового робочого місця* [33, с. 10]. В його основі лежить концепція терапевтичного ландшафтного дизайну, спрямованого на контрольований контакт з природою пацієнтів, їх рідних та близьких. Ландшафтна філософія Planetree використовує цілющий потенціал природи через продуманий дизайн саду зі штучними водними елементами (струмками, каскадами тощо) та мультисенсорним озелененням (з різними текстурами, звуками, ароматами рослин): тактильні трави, пахучі квіти (лаванда, м'ята, хвоя) та дерева, що

створюють м'який шум листя. Цей підхід був підтриманий професоркою University of California Roslyn Lindheim у 1985 р. шляхом запровадження пацієнтоорієнтованої моделі лікарняного відділення на 13 ліжок у Pacific Presbyterian Medical Center (San Francisco, США) [33, с. 10], Dr. William Thomas та Judy Myers-Thomas за рахунок створення домашньої природної атмосфери у будинку для людей похилого віку [33, с. 11].

Початок XXI ст. ознаменувався появою нового напрямку, заснованого на визнанні природи як компонента зцілення, а відтак – переосмисленні медичного діагнозу як серйозного прецеденту для дизайну. Ландшафтний об'єкт (сад) почав розглядатися як *засіб лікування конкретних груп пацієнтів* – хворих на онкологію, ВІЛ/СНІД, психіатричні захворювання, опіки, хворобу Альцгеймера та інші форми деменції. В дизайні таких садів задіяні як ландшафтні фахівці, так і медичні працівники, наявні та колишні пацієнти, члени їх родин [33, с. 12]. Вагомою підтримкою в поширенні розуміння важливості природного середовища в житті людини є потужний інформаційний супровід у вигляді публікацій досліджень та відповідних програм. Серед них важливими є вищезгадані книги 1998-1999 рр. американських авторів M. Tyson [38], N. Gerlach-Spriggs, R.E. Kaufman, S.B. Warner Jr. [33], C.C. Marcus, M. Barnes [39], шведських науковців A. Dilani [40], U.A. Stigsdotter та P. Grahn [41 p. 60-69], американського географа Wilbert M. Gesler [42, 131 p.] та інших.

Поширенню зростаючого інтересу до оздоровчих садів сприяли й DVD-диски "Access to Nature for Older Adults", випущені у 2009 р. для людей похилого віку [43, с. 12]. Подібні кроки вперше було здійснено в кінці XX ст. у межах експериментів B. Shield (Каліфорнія, США) з *уявленнями людей щодо цілющих властивостей ландшафту,* підсиленими засобами аудіювання. Аудіо компакт-диски допомагали пацієнтам перед складними процедурами або хірургією подумки поринути у природне середовище, що дало значний позитивний психологічний ефект.

З початку XXI ст. значно активізувався процес формування *громадських ландшафтних об'єктів*, метою яких є саме оздоровлення та реабілітація певної категорії населення. Цьому сприяла низка оприлюднених наукових теоретичних досліджень фахівців різних сфер та «цілий кластер реабілітаційних методик та технологій з використанням рослин, який отримав назву гарденотерапія» [35, с. 7-8]. Своєрідним провідником ландшафтних прийомів, спрямованих на зцілення, є і щорічний Chelsea Flower Show, яке позиціонує сад як притулок, середовище для зцілення, реабілітації та відновлення, місце «розради та роздумів для тих, хто страждає від м'язового виснаження» ([44], сад "Muscular Dystrophy UK – Forest Bathing garden", автор – Ula Maria), реабілітаційний сенсорний простір після перенесеного інсульту з

обмеженими можливостями руху чи зору (сад Olivia Gonsalves), затишний природний простір з різними видами соціальної взаємодії для людей з аутизмом (сад “The National Autistic Society Garden”, автори – Sophie Parmenter & Dido Milne), потужний осередок підтримки й стимулу фізичного, психічного та соціального здоровя людини (громадський сад “The Octavia Hill garden” дизайнерки Ann-Marie Powell та “The National Garden Scheme” відомого проєктувальника садів Tom Stuart- Smith) [44]. В таких садах втілені прийоми ландшафтного дизайну, характерні для самої дикої природи – простота, щирість та природність, цікаві комбінації рослин та матеріалів, спокійна колірна гамма, «мелодії» струмків, комах та птахів.

Сучасні професійні архітектурні й урбаністичні кола розглядають не лише поняття «оздоровлення людини», а й ретельно працюють над «оздоровленням середовища» життєдіяльності людини. І це є свідченням розвитку *нового світогляду XXI ст.* на урбаністичні процеси взагалі, заснованого на створенні міст третього покоління з поверненням до природи, її вагомого потенціалу в зелених територіях, водних елементах, паркових зонах, природних громадських просторах (рис. 4). Така концепція є ключовою в діяльності архітекторів та урбаністів, серед яких – фінський архітектор і біоурбаніст Marco Casagrande, котрий вважає, що «технології не мають стояти над природою – вони повинні бути її продовженням. Міста мають дихати, очищати, накопичувати, живити – як живі організми» [45, с. 1]. Спеціаліст з містобудування David Sim радить «враження перебування на природі або принаймні явні елементи природи завести в місто» [46, с. 188]. Така концепція сприяє посиленню контактів містян з природою та формуванню відповідних ландшафтних умов для взаємодії з нею, як то Melbourne's Urban Forest Strategy (Австралія), Freiburger Bächle (Німеччина), відродження Cheonggyecheon Stream в Seoul (Південна Корея), Copengagen Harbour Bath (Данія) тощо.

Отже, світогляд людини XX – XXI ст. демонструє дуальність, в основі якої лежать дві взаємопов’язані протилежності щодо лікувально-оздоровчих властивостей природи. З одного боку – наукові відкриття у медичній сфері сприяли знеціненню значення та використання цілющих ландшафтів. З іншого – філософські течії дали поштовх до відродження рекреаційних цінностей природи та її лікувальних властивостей, закладених у попередніх історичних періодах. Підтримкою розвитку такого світогляду стала антропософська філософія зцілення та інновації у медицині, які сприяли *подальшому розвитку уявлень про організацію цілющих ландшафтних об’єктів.*

Вони являли собою:

- *у функціональному аспекті* – просторову ландшафтну основу при спеціалізованих та/або реабілітаційних установах, де відбувалися процеси

тілесного й психологічного відновлення шляхом активної взаємодії з природними елементами: фізичної/сенсорної (візуальної, слухової, тактильної, ольфакторної), терапевтичної (екотерапії, гарденотерапії, анімалотерапії, іпотерапії, тощо) та практичної (рекреаційної, садівничої, туристичної);

- *у структурно-планувальному аспекті* – збалансовану систему взаємопов'язаних елементів природного (форм рельєфу, озеленення, водних джерел) та антропогенного походження (архітектурних об'єктів, малих архітектурних форм) в єдиній композиції пейзажного характеру зі значним домінуванням природних компонентів;

- *у ландшафтному аспекті* – сукупність переважно природних (схили пагорбів для піших прогулянок, природні гроти, лісові масиви, гаї, природні джерела води) та рідше антропогенних рис (малі архітектурні форми, садово-паркові меблі), які формували естетичний вигляд ландшафтного об'єкту та, водночас, за рахунок фітонцидності рослин створювали відповідну атмосферу для ольфакторної взаємодії.

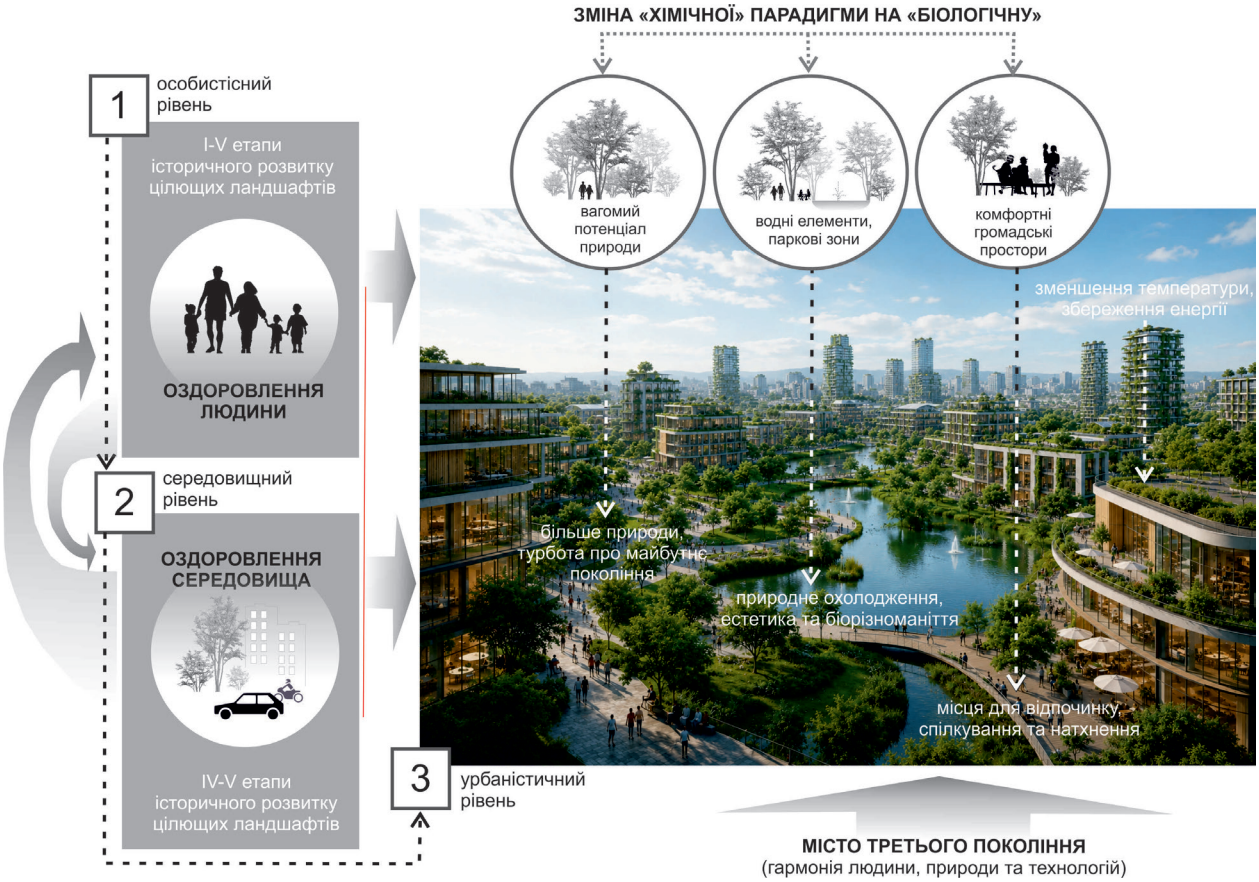


Рис. 4. Новий світогляд XXI ст. на урбаністичні процеси й формування міст третього покоління, заснований на вагомому потенціалі ландшафтних об'єктів.
Рисунок Шевченко Л.С.

В основу *п'ятого етапу* історичного розвитку цілющих ландшафтів (кін. XX- поч. XXI ст.) лягли *наукові теорії, екологічна свідомість людини та її*

гуманістичні цінності. В останні десятиліття XX ст. у сфері охорони здоров'я більше уваги почали приділяти пацієнто-орієнтованому підходу, який потребував і відповідного науково-обґрунтованого дизайну відкритих просторів медичних закладів [43]. Підсилилося розуміння того, що фізичне середовище має вагоме значення для здоров'я і благополуччя людини. І важливим у людини є не лише конкретна хвороба, а її здоров'я і благополуччя в цілому [43]. Цікавість до альтернативної медицини, зв'язку між розумом і тілом людини, дала поштовх до розвитку комплементарної медицини – частини інтегрованого підходу, яка є доповненням до основного лікування і розглядає пацієнта цілісно: його фізичний, емоційний та духовний стани. Фізичне середовище лікарняних закладів ввійшло в коло інтересів не лише медичних працівників, а й архітекторів, дизайнерів, адміністративних робітників. Вони розглядали його не лише як середовище зі сприятливими умовами для лікування пацієнтів, а й як важливий компонент конкурентного ринку.

Інновації в медицині вийшли за межі об'єкта піклування – людини, впливаючи в цілому на формування її щоденного середовища життєдіяльності, де важлива «місія» покладена на *особливі відкриті озеленені простори* з відповідною ландшафтною та структурно-функціональною організацією, здатні забезпечити оздоровчі процеси:

- *цілющі, реабілітаційні та терапевтичні сади конкретної профілізації* як обов'язкові елементи комплексної інфраструктури закладів охорони здоров'я;
- *громадські* (релакс-парки), *спеціалізовані спортивні сади*, *тренажерні спортмайданчики* та/або *терапевтичні зони громадських парків* як невід'ємні складові системи озеленених просторів населених пунктів різного рівня урбанізації;
- *об'єкти «живої інфраструктури»* міст третього покоління: Biophilic Cities, Sponge Cities, де мова йде не про конкретний оздоровчий ландшафтний об'єкт, а про оздоровчі простори й середовище міста в цілому (проміжні рекреаційні простори, Rain Gardens, урбан-городи, природні ігрові ландшафти, ландшафтні коридори, екодуки, біофасади, міські мікроліси тощо).

Сучасний науковий світогляд про ландшафтний об'єкт сформувався на ґрунті світового досвіду взаємин між людиною і природою протягом кількох тисячоліть, симбіозом світоприродничих та світонаукових знань.

Висновок по частині 2. Протягом усіх століть існування суспільства виявлено зміни його уявлень щодо оздоровчого потенціалу ландшафтних об'єктів. З'ясовано, що ці зміни пов'язані з впливом різних чинників протягом історії існування людства – релігійних, історичних, філософських, економічних, науково-технічних, які дали поштовх до появи низки суспільних, медичних та

соціальних концепцій, заснованих на ідеях *гуманізму, демократизму, гігієнізму, спорту для мас, та оздоровлення*. Еволюція уявлень демонструє усвідомлення людиною та соціумом взагалі міцного взаємозв'язку з природою як ключового фактору свого здоров'я та благополуччя, коливаючись у деяких періодах у бік міфологічної, релігійної, філософської та наукової думок.

Кожний із останніх двох етапів історичного розвитку ландшафтних об'єктів для оздоровлення, окреслених у цій частині дослідження, має *свої особливості*, пов'язані з хронологічними обмеженнями етапів (хоча вони у певній мірі є досить умовними); типом пануючого світогляду та його підґрунтям; переважаючими чинниками впливу на формування уявлення про цілющі властивості ландшафтних об'єктів; застосованими допоміжними методами оздоровлення (лікування, зцілення); змістовною характеристикою об'єктів дослідження конкретного етапу.

Для розглянутих двох етапів уявлення про цілющі властивості ландшафтних об'єктів отримало широкий розвиток з трансформацією світогляду у різні сфери життєдіяльності людини – медичну, психологічну, соціальну, рекреаційну, туристичну, дендрологічну та ландшафтного дизайну. Відповідні фахівці цих сфер задіяні у створенні оздоровчих ландшафтних об'єктів, для яких характерним є їх:

- *спеціалізація*, а відтак – *розширена типологія ландшафтних об'єктів для оздоровлення* (відповідно загального та обмеженого користування);
- *формування на різних містобудівних рівнях* – мікрорівні (цілющі/оздоровчі сади переважно при лікарняних закладах, спортивні мікрозони), макрорівні (міські ландшафтні об'єкти як загального, так і обмеженого користування, у тому числі спеціалізовані - спортивні) та мегарівні (санаторно-курортні заклади у заміських регіонах з цілющими природними ресурсами, бальнеологічні та оздоровчі центри);
- *змістовна функціональна складова*, підосновою для якої є науково-технологічні розробки вчених дотичних галузей, спрямовані на підвищення оздоровчого та допоміжного лікувального ефекту (терапевтичні методики оздоровлення, передові концепції);
- *ландшафтно-просторова організація*, в основі якої лежить максимальне залучення природної підоснови (рельєфу, водного та рослинного ресурсів) для формування фітонцидних зон, лікувально-оздоровчих маршрутів (теренкурів), «лісових» та «водних» ванн, тощо для підтримки здоров'я людини;

- *перспективи подальшого росту* – з особистісного та середовищного рівнів до урбаністичного, де на засадах біоурбанізму формується місто в цілому, дружнє до людини й довкілля.

Наразі, уявлення про здоров'я людини ґрунтуються на симбіозі фізичного, психічного, ментального, соціального та духовного благополуччя. Тривалий процес становлення системи поглядів, переконань, ідеалів та цінностей привів до формування сучасної світоглядної думки щодо впливу ландшафтного об'єкту на оздоровлення людини та подальших перспектив на шляху до посилення її контактів з природою, зокрема – у формуванні міста третього покоління, заснованого на гармонійному співіснуванні людини, природи та технологій. Таке місто буде «дихати, накопичувати, живити» людину [45, с. 1], забезпечувати щоденний досвід її зв'язку з природою, що є ключовим фактором її довготривалого здоров'я та благополуччя і стане її «сильним лікувальним засобом» [47, с. 133].

Подальші наукові дослідження авторів у цій царині будуть спрямовані на висвітлення окремих результатів дослідження оздоровчих ландшафтних об'єктів.

Список джерел:

1. Цілі сталого розвитку: Україна. Національна доповідь. URL: https://www.kmu.gov.ua/storage/app/sites/1/natsionalna-dopovid-csr-Ukrainy.pdf (дата звернення: 15.07.2026).

2. United Nations. Department of Economic and Social Affairs. Sustainable Development. Goals 3. URL: https://sdgs.un.org/goals/goal3 (дата звернення: 15.07.2026).

3. Годагер Г., Обрізан М. Психічне здоров'я під час війни: коли хліб перемагає бомби. URL: https://voxukraine.org/psyhichne-zdorov-ya-pid-chas-vijny-koly-hlib-peremagaye-bomby (дата звернення: 15.07.2026).

4. Закон України «Про реабілітацію у сфері охорони здоров'я». URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1053-20#Text (дата звернення: 15.07.2026).

5. Закон України «Про оздоровлення та відпочинок дітей». URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/375-17#Text (дата звернення: 15.07.2026).

6. Про затвердження Положення про соціальний проєкт "Активні парки – локації здорової України": Постанова Каб. Міністрів України від 07.04.2021 р. № 326: станом на 25 січ. 2023 р. URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/326-2021-п#Text (дата звернення: 15.07.2026).

7. Ковальська Г.Л., Обиночна З.В. Особливості планувальної організації сенсорного саду при реабілітаційних центрах. Архітектурний вісник КНУБА. 2019. Випуск 17-18. С. 290-299.

8. Онуфрів Я., Лукашчук Г. Терапія садом: як засобами ландшафтної архітектури впливати на ментальне здоров'я під час війни. Вісник Національного університету «Львівська політехніка». Серія: Архітектура. 2025. Випуск 7. Номер 5. С. 111-120. https://doi.org/10.23939/sa2025.02.111

9. Лотоцька В.М. Терапевтичні ландшафти у дизайні міського середовища: вітчизняний та зарубіжний досвід. *Український мистецтвознавчий дискурс*. Київ, 2024. Вип. 5. С. 94-100. DOI https://doi.org/10.32782/uad.2024.5.9

10. Даліба О.К., Мірошніченко С.Ф. Інтеграція технологій гарденотерапії в освітній процес нової української школи. Modernization of today's science: experience and trends. Montreal, Canada, 2025. June 6. Pp. 238-246.

11. Пархоменко Н.О. Вплив гарденотерапії на психологічний стан дітей з особливими потребами. Лісівництво, переробляння деревини та землевпорядкування: здобутки, стан і перспективи: Матеріали XIII Міжнар. науково-практ. конф., м. Харків, 29 жовт. 2024 р. Харків, 2024. С. 159–160.

12. Соціально-психологічна реабілітація дітей та молоді з особливими освітніми потребами: інноваційні технології природотерапії: монографія / Кравченко О.О. та ін. Умань: Візаві, 2020. 144 с.

13. Соціальна робота засобами природотерапії із постраждалими внаслідок надзвичайних ситуацій. Колективна монографія [І.В. Сопівник, В.А. Будегай, А.Б. Альтанова, І.І. Демченко, О.В. Драчук, А.В. Наконечна, В.А. Мацола, О.Ю. Міхеєва, К.О. Федченко, О.П. Витриховська]. К.: «Компринт», 2021. 556 с.

14. Шевченко Л.С., Древаль І.В. Ландшафтні об'єкти як особливий ресурс для оздоровлення людини: еволюція уявлень (Частина 1). *Містобудування та територіальне планування*. 2026. Випуск 92. С. 315-335. DOI: 10.32347/2076-815X.2026.92.315-335

15. Рубан Л., Древаль І. Наукові підходи щодо організації «блакитної зеленої» інфраструктури міста в умовах зміни клімату. *Містобудування та територіальне планування*, 2023. Випуск № 84. С. 309-321. DOI: 10.32347/2076-815x.2023.84.309-321

16. Шевченко Л. Екологічні аспекти ландшафтного дизайну міського середовища / Ecological aspects of landscape design of the urban *environment. Проблеми розвитку міського середовища*, 2010. Вип. 3. С. 190-193.

17. Шевченко Л.С., Новосельчук Н.Є. Прийоми ландшафтного дизайну постіндустріального середовища. *Містобудування та територіальне планування*, 2023. Вип. 84. С. 424–434. DOI: https://doi.org/10.32347/2076-815x.2023.84.424-434

18. Шевченко Л.С., Янко А.Ю. Практичний досвід формування архітектурно-ландшафтного середовища біля води. *Теорія та практика*

дизайну. Київ, 2022. № 26.Сс. 282-289. DOI: https://doi.org/10.32782/2415-8151.2022.26.34

19. Shevchenko L. Landscape objects: from aesthetic pleasure to healing. Abstracts of XXXII International Scientific and Practical Conference. Prague, Czech Republic. Pp. 5-9.

20. Шевченко Л.С., Древаль І.В. Розробка методологічних засад формування оздоровчих ландшафтних об'єктів. *Містобудування та територіальне планування*. Київ, 2026. Вип. 91. С. 322-337. DOI: 10.32347/2076-815x.2026.91.322-337.

21. A Brief History of Birkenhead Park. URL: https://birkenhead-park.org.uk/explore/timeline-birkenhead-park/ (дата звернення: 15.07.2026).

22. Birkenhead Park. URL: https://historicengland.org.uk/images-books/publications/birkenhead-park/ (дата звернення: 15.07.2026).

23. Кравець О.М., Рябєв А.А. Курортологія: підручник: ХНУМГ ім. О.М. Бекетова. – Харків: ХНУМГ ім. О.М. Бекетова, 2017. 167 с.

24. Клапчук В.М., Ковальська Л.В. Курортна справа: організація, територіальне планування, система управління: Навчально-методичний посібник. Івано-Франківськ: Фоліант, 2013. 400 с.

25. About Sokołowsko. URL: https://historicengland.org.uk/images-books/publications/birkenhead-park/ (дата звернення: 15.07.2026).

26. Snøhetta reveals new masterplan for Paimio Sanatorium. URL: https://www.snohetta.com/news/snohetta-reveals-new-masterplan-for-paimio-sanatorium (дата звернення: 15.07.2026).

27. Warner, S.B., Jr. 1995. "Restorative Gardens: Recovering Some Human Wisdom for Modern Design" (unpublished manuscript).

28. William Tuke. URL: https://www.quakersintheworld.org/quakers-in-action/93/William-Tuke (дата звернення: 15.07.2026).

29. The Kirkbride Plan. URL: https://www.lib.uwo.ca/archives/virtualexhibits/londonasylum/kirkbride.html (дата звернення: 15.07.2026).

30. John Bevans. The Retreat, York. URL: https://historic-hospitals.com/tag/john-bevans/ (дата звернення: 15.07.2026).

31. William Wikoff. The Friends Asylum in 1814. URL: https://www.facebook.com/groups/409191915275297/posts/409196251941530/ (дата звернення: 15.07.2026).

32. Friends' Asylum for the Insane. 1813-1913. A Descriptive Account from its Foundation, List of Managers and Officers from the Beginning, Facts and Events in its History with Appendix. Philadelphia: Press of the John C. Winston Company, 1913. 191 p. URL:

https://ia903107.us.archive.org/32/items/friendsasylumfor00frie/friendsasylumfor00frie.pdf (дата звернення: 15.07.2026).

33. Gerlach-Spriggs, N., R.E. Kaufman, and S. B. Warner, Jr. Restorative Gardens: The Healing Landscape . New Haven: Yale University Press, 1998. 200 p.

34. The History of Horticulture as a Therapeutic Modality. URL: https://pedagogyeducation.com/News/The-History-of-Horticulture-as-a-Therapeutic-Modal (дата звернення: 15.07.2026).

35. Мосаєв Ю.В., Дерев'янко Н.П., Григоренко О.С. Методичний посібник з питань впровадження гарденотерапії в Україні: методичний посібник. ГО «НАМ НЕ БАЙДУЖЕ». Запоріжжя, 2020. 40 с.

36. Як зміцнюють здоровя за методикою Порфирія Іванова, 2014. URL: https://www.epochtimes.com.ua/health/traditions/yak-zmitsnyuyut-zdorov-ya-za-metodykoyu-porfyriya-ivanova-72409.html?utm_source=ukrnet_news (дата звернення: 15.07.2026).

37. Семененко О.В. Культ Асклепія в американській історіографії (остання чверть XIX ст. – сучасність): дис. … д-ра філософії: 032. Харків, 2025. 238 с.

38. Tyson, M. The Healing Landscape: Therapeutic Outdoor Environments. New York: McGraw Hill, 1998. 224 p.

39. Cooper Marcus C., Barnes M. Healing Gardens: Therapeutic Benefits of Design Recommendations. New York: John Wiley and Sons, 1999. 624 p.

40. Dilani, A. Design & health – The therapeutic benefits of design. Stockholm: AB Svensk Byggtjänst, 2001. 327 p.

41. Stigsdotter U.A., Grahn P. What Makes a Garden a Healing Garden? /*Journal of Therapeutic Horticulture*. Volume 13. 2002. Pp. 60-69.

42. Wilbert M. Gesler. Healing Places. Bloomsbury Academic, 2003. 131 p.

43. Clare Cooper Marcus, Naomi Sachs. Therapeutic landscapes: an evidence-based approach to designing healing gardens and restorative outdoor spaces. New Jersey: Wiley. John Wiley & Sons. 2013. 336 p.

44. Галаган А. Інші сенси: інсайти з Chelsea 2024. Чим переймаються ландшафтні дизайнери у світі? URL: https://www.epochtimes.com.ua/health/traditions/yak-zmitsnyuyut-zdorov-ya-za-metodykoyu-porfyriya-ivanova-72409.html?utm_source=ukrnet_news (дата звернення: 15.07.2026).

45. Прогрес та природа: Марко Касагранде спільно з компанією blago про міста третього покоління. URL: https://uazmi.org/news/post/0b81bbcade47b8888fb2938b2de8a7e0 (дата звернення 11.03.2026).

46. Сім Д. Мяке місто: Щільність забудови для щоденного життя / Сім Д. Пер. із англ. Яна Осетрова та ін. Київ: ArtHuss, 2023. 256 с.

47. Фещенко П.И. Целебные свойства природы. Киев: Урожай, 1990. 168 с.

PhD in Architecture, Associate Professor **Shevchenko Liudmyla,**
National University "Yuri Kondratyuk Poltava Polytechnic",
Dr in Architecture, Professor **Dreval Iryna,**
O.M. Beketov National University of Urban Economy in Kharkiv

LANDSCAPE OBJECTS AS A SPECIAL RESOURCE FOR HUMAN HEALTH IMPROVEMENT: EVOLUTION OF IMAGINATIONS (Part 2)

The article reveals the evolution of ideas about landscape objects as special resources for human health during their historical development. The study complements with its material the extensive work on the implementation of the provisions of the SDG in Ukraine, in particular – in achieving the sustainable development goal "Good Health". This work is in line with the authors' research on the problem of creating in the cities of Ukraine the latest objects for the health of the population – special open green spaces with the appropriate landscape, structural and functional organization, which are able to provide health processes. The study analyzes the ideas and features of the formation of landscapes for human health at five historical stages. The study' results of the first three stages were covered by the authors in the previous issue of the collection of scientific papers. The analysis' results of the last two stages are presented in this publication. Changes in ideas about the health-improving potential of landscape objects, their structural and functional organization were revealed. It was found that these changes are associated with the influence of various factors throughout the history of mankind – religious, historical, philosophical, economic, scientific, and technical. They gave rise to the emergence of a number of public, medical and social concepts, based on the ideas of humanism, democracy, hygiene, sports for the masses, and health improvement. The evolution of ideas demonstrates the awareness of man and society in general of a strong relationship with nature as a key factor in their health and well-being. In some periods, these ideas fluctuate towards mythological, religious, philosophical, and scientific thoughts. Types of landscape objects with a healing function have been identified: healing, rehabilitation and therapeutic gardens of a specific specialization as mandatory elements of the complex infrastructure of healthcare institutions; public (relaxation parks), specialized sports gardens, training sports grounds and/or therapeutic zones of public parks as integral components of the green space's system

of settlements of various levels of urbanization; objects of “living infrastructure” of third-generation cities: Biophilic Cities, Sponge Cities, where we are not talking about a specific health landscape object, but about health spaces and the environment of the city as a whole (intermediate recreational spaces, Rain Gardens, urban gardens, natural play landscapes, landscape corridors, eco-ducts, biofacades, urban microforests, etc.). The modern scientific worldview of a landscape object was formed on the basis of global experience of the relationship between man and nature over several millennia, a symbiosis of natural and scientific knowledge. For the two stages considered, the idea of the healing properties of landscape objects has received wide development with the transformation of the worldview in various spheres of human life. These are medical, psychological, social, recreational, tourist, dendrological and landscape design. The relevant specialists of these spheres are involved in the creation of health landscape objects. They are characterized by their specialization (an expanded typology of landscape objects for general and limited use health), formation at different urban planning levels (microlevels, macrolevels, and megalevels), a meaningful functional component with a substratum in the form of scientific and technological developments of scientists, a powerful landscape and spatial organization, and prospects for further growth from the personal and environmental levels to the urban. On this level the city is formed on the principles of biourbanism, friendly to humans and the environment. Currently, ideas about human health are based on the symbiosis of physical, mental, mental, social and spiritual well-being. The long process of forming a system of views, beliefs, ideals and values has led to the formation of a modern worldview regarding the influence of a landscape object on human health and further prospects for strengthening its contacts with nature. In particular, this is in the formation of a third-generation city, based on the harmonious coexistence of man, nature, and technology. The research process involved the following methods: terminological iconographic analysis, abstraction and comparison, analysis of historical sources, structural and functional analysis.

Keywords: sustainable development; evolutionary approach; healing properties; landscape object; health potential; structural and functional characteristics.

REFERENSES

1. Tsili staloho rozvytku: Ukraina. Natsionalna dopovid. URL: https://www.kmu.gov.ua/storage/app/sites/1/natsionalna-dopovid-csr-Ukrainy.pdf (data zvernennia 15.07.2026) {in Ukrainian}

2. United Nations. Department of Economic and Social Affairs. Sustainable Development. Goals 3. URL: https://sdgs.un.org/goals/goal3 (data zvernennia 15.07.2026). {in English}

3. Hodaher H., Obrizan M. Psykhichne zdorovia pid chas viiny: koly khlib peremahaie bomby. URL: https://voxukraine.org/psyhichne-zdorov-ya-pid-chas-vijny-koly-hlib-peremagaye-bomby (data zvernennia 15.07.2026) {in English}

4. Zakon Ukrainy «Pro reabilitatsiiu u sferi okhorony zdorovia». URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1053-20#Text (data zvernennia 15.07.2026) {in Ukrainian}

5. Zakon Ukrainy «Pro ozdorovlennia ta vidpochynok ditei». URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/375-17#Text (data zvernennia 15.07.2026) {in Ukrainian}

6. Pro zatverdzhennia Polozhennia pro sotsialnyi proiekt "Aktyvni parky – lokatsii zdorovoi Ukrainy": Postanova Kab. Ministriv Ukrainy vid 07.04.2021 r. № 326: stanom na 25 sich. 2023 r. URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/326-2021-п#Text (data zvernennia 15.07.2026) {in Ukrainian}

7. Kovalska H.L., Obynochna Z.V. Osoblyvosti planuvalnoi orhanizatsii sensornoho sadu pry reabilitatsiinykh tsentrakh. *Arkhitekturnyi visnyk KNUBA*. 2019. Vypusk 17-18. S. 290-299 {in Ukrainian}

8. Onufriv Ya., Lukashchuk H. Terapiia sadom: yak zasobamy landshaftnoi arkhitektury vplyvaty na mentalne zdorovia pid chas viiny. *Visnyk Natsionalnoho universyteu «Lvivska politekhnika». Seriia: Arkhitektura*. 2025. Vypusk 7. Nomer 5. S. 111-120. https://doi.org/10.23939/sa2025.02.111 {in Ukrainian}

9. Lototska V.M. Terapevtychni landshafty u dyzaini miskoho seredovyshcha: vitchyznianyi ta zarubizhnyi dosvid. *Ukrainskyi mystetstvoznavchyi dyskurs*. Kyiv, 2024. Vyp. 5. S. 94-100. DOI https://doi.org/10.32782/uad.2024.5.9 {in Ukrainian}

10. Daliba O.K., Miroshnichenko S.F. Intehratsiia tekhnolohii hardenoterapii v osvitnii protses novoi ukrainskoi shkoly. Modernization of today's science: experience and trends. Montreal, Canada, 2025. June 6. Pp. 238-246 {in Ukrainian}

11. Parkhomenko N.O. Vplyv hardenoterapii na psykholohichnyi stan ditei z osoblyvymy potrebamy. Lisivnytstvo, pererobliannia derevyny ta zemlevporiadkuvannia: zdobutky, stan i perspektyvy: Materialy KhIII Mizhnar. naukovo-prakt. konf., m. Kharkiv, 29 zhovt. 2024 r. Kharkiv, 2024. S. 159–160 {in Ukrainian}

12. Sotsialno-psykholohichna reabilitatsiia ditei ta molodi z osoblyvymy osvitnimy potrebamy: innovatsiini tekhnolohii pryrodoterapii: monohrafiia / Kravchenko O.O. ta in. Uman: Vizavi, 2020. 144 s. {in Ukrainian}

13. Sotsialna robota zasobamy pryrodoterapii iz postrazhdalymy vnaslidok nadzvychainykh sytuatsii. Kolektyvna monohrafiia [I.V. Sopivnyk, V.A. Budehai, A. B. Altanova, I.I. Demchenko, O.V. Drachuk, A.V. Nakonechna, V.A. Matsola, O.Yu. Mikheieva, K.O. Fedchenko, O.P. Vytrykhovska]. K.: «Komprynt», 2021. 556 s. {in Ukrainian}

14. Shevchenko L.S., Dreval I.V. Landshaftni obiekty yak osoblyvyi resurs dlia ozdorovlennia liudyny: evoliutsiia uiavlen (Chastyna 1). Mistobuduvannia ta terytorialne planuvannia. 2026. Vypusk 92. S. 315-335. DOI: 10.32347/2076-815X.2026.92.315-335 {in Ukrainian}

15. Ruban L., Dreval I. Naukovi pidkhody shchodo orhanizatsii «blakytnoi zelenoi» infrastruktury mista v umovakh zminy klimatu. *Mistobuduvannia ta terytorialne planuvannia*, 2023. Vypusk № 84. S. 309-321. DOI: 10.32347/2076-815x.2023.84.309-321 {in Ukrainian}

16. Shevchenko L. Ekolohichni aspekty landshaftnoho dyzainu miskoho seredovyshcha. *Problemy rozvytku miskoho seredovyshcha*, 2010. Vyp. 3. S. 190-193 {in Ukrainian}

17. Shevchenko L.S., Novoselchuk N.Ie. Pryiomy landshaftnoho dyzainu postindustrialnoho seredovyshcha. *Mistobuduvannia ta terytorialne planuvannia*, 2023. Vyp. 84. S. 424–434. DOI: https://doi.org/10.32347/2076-815x.2023.84.424-434 {in Ukrainian}

18. Shevchenko L.S., Yanko A.Iu. Praktychnyi dosvid formuvannia arkhitekturno-landshaftnoho seredovyshcha bilia vody. *Teoriia ta praktyka dyzainu*. Kyiv, 2022. № 26.Ss. 282-289 DOI: https://doi.org/10.32782/2415-8151.2022.26.34 {in Ukrainian}

19. Shevchenko L. Landscape objects: from aesthetic pleasure to healing. Abstracts of XXXII International Scientific and Practical Conference. Prague, Czech Republic. Pp. 5-9 {in English}

20. Shevchenko L.S., Dreval I.V. Rozrobka metodolohichnykh zasad formuvannia ozdorovchykh landshaftnykh obiektiv. *Mistobuduvannia ta terytorialne planuvannia*. Kyiv, 2026. Vyp. 91. S. 322-337. DOI: 10.32347/2076-815x.2026.91.322-337 {in Ukrainian}

21. A Brief History of Birkenhead Park. URL: https://birkenhead-park.org.uk/explore/timeline-birkenhead-park/ (data zvernennia: 15.07.2026). {in English}

22. Birkenhead Park. URL: https://historicengland.org.uk/images-books/publications/birkenhead-park/ (data zvernennia: 15.07.2026). {in English}

23. Kravets O.M., Riabiev A.A. Kurortolohiia: pidruchnyk: KhNUMH im. O.M. Beketova. – Kharkiv: KhNUMH im. O.M. Beketova, 2017. 167 s. {in Ukrainian}

24. Klapchuk V.M., Kovalska L.V. Kurortna sprava: orhanizatsiia, terytorialne planuvannia, systema upravlinnia: Navchalno-metodychnyi posibnyk. Ivano-Frankivsk: Foliant, 2013. 400 s. {in Ukrainian}

25. About Sokołowsko. URL: https://historicengland.org.uk/images-books/publications/birkenhead-park/ (data zvernennia: 15.07.2026). {in English}

26. Snøhetta reveals new masterplan for Paimio Sanatorium. URL: https://www.snohetta.com/news/snohetta-reveals-new-masterplan-for-paimio-sanatorium (data zvernennia: 15.07.2026). {in English}

27. Warner, S.B., Jr. 1995. “Restorative Gardens: Recovering Some Human Wisdom for Modern Design” (unpublished manuscript). {in English}

28. William Tuke. URL: https://www.quakersintheworld.org/quakers-in-action/93/William-Tuke (data zvernennia: 15.07.2026).

29. The Kirkbride Plan. URL: https://www.lib.uwo.ca/archives/virtualexhibits/londonasylum/kirkbride.html (data zvernennia: 15.07.2026). {in English}

30. John Bevans. The Retreat, York. URL: https://historic-hospitals.com/tag/john-bevans/ (data zvernennia: 15.07.2026). {in English}

31. William Wikoff. The Friends Asylum in 1814. URL: https://www.facebook.com/groups/409191915275297/posts/409196251941530/ (data zvernennia: 15.07.2026). {in English}

32. Friends’ Asylum for the Insane. 1813-1913. A Descriptive Account from its Foundation, List of Managers and Officers from the Beginning, Facts and Events in its History with Appendix. Philadelphia: Press of the John C. Winston Company, 1913. 191 p. URL: https://ia903107.us.archive.org/32/items/friendsasylumfor00frie/friendsasylumfor00frie.pdf (data zvernennia: 15.07.2026). {in English}

33. Gerlach-Spriggs, N., R.E. Kaufman, and S. B. Warner, Jr. Restorative Gardens: The Healing Landscape . New Haven: Yale University Press, 1998. 200 p. {in English}

34. The History of Horticulture as a Therapeutic Modality. URL: https://pedagogyeducation.com/News/The-History-of-Horticulture-as-a-Therapeutic-Modal (data zvernennia: 15.07.2026). {in English}

35. Mosaiev Yu.V., Derevianko N.P., Hryhorenko O.S. Metodychnyi posibnyk z pytan vprovadzhennia hardenoterapii v Ukraini: metodychnyi posibnyk. HO «NAM NE BAIDUZhE». Zaporizhzhia, 2020. 40 s. {in Ukrainian}

36. Iak zmitsniuiut zdorovia za metodykoiu Porfyriia Ivanova, 2014. URL: https://www.epochtimes.com.ua/health/traditions/yak-zmitsnyuyut-zdorov-ya-za-metodykoyu-porfyriya-ivanova-72409.html?utm_source=ukrnet_news (data zvernennia: 15.07.2026). {in Ukrainian}

37. Semenenko O.V. Kult Asklepiia v amerykanskii istoriohrafii (ostannia chvert KhIKh st. – suchasnist): dys. … d-ra filosofii: 032. Kharkiv, 2025. 238 s. {in Ukrainian}

38. Tyson, M. The Healing Landscape: Therapeutic Outdoor Environments. New York: McGraw Hill, 1998. 224 p. {in English}

39. Cooper Marcus C., Barnes M. Healing Gardens: Therapeutic Benefits of Design Recommendations. New York: John Wiley and Sons, 1999. 624 p. {in English}

40. Dilani, A. Design & health – The therapeutic benefits of design. Stockholm: AB Svensk Byggtjänst, 2001. 327 p. {in English}

41. Stigsdotter U.A., Grahn P. What Makes a Garden a Healing Garden? /*Journal of Therapeutic Horticulture*. Volume 13. 2002. Pp. 60-69. {in English}

42. Wilbert M. Gesler. Healing Places. Bloomsbury Academic, 2003. 131 p. {in English}

43. Clare Cooper Marcus, Naomi Sachs. Therapeutic landscapes: an evidence-based approach to designing healing gardens and restorative outdoor spaces. New Jersey: Wiley. John Wiley & Sons. 2013. 336 p. {in English}

44. Halahan A. Inshi sensy: insaity z Chelsea 2024. Chym pereimaiutsia landshaftni dyzainery u sviti? URL: https://www.epochtimes.com.ua/health/traditions/yak-zmitsnyuyut-zdorov-ya-za-metodykoyu-porfyriya-ivanova-72409.html?utm_source=ukrnet_news (data zvernennia: 15.07.2026). {in Ukrainian}

45. Prohres ta pryroda: Marko Kasahrande spilno z kompaniieiu blago pro mista tretoho pokolinnia. URL: https://uazmi.org/news/post/0b81bbcade47b8888fb2938b2de8a7e0 (data zvernennia 11.03.2026). {in Ukrainian}

46. Sim D. Miake misto: Shchilnist zabudovy dlia shchodennoho zhyttia / Sim D. Per. iz anhl. Yana Osetrova ta in. Kyiv: ArtHuss, 2023. 256 s. {in Ukrainian}

47. Feshchenko P.Y. Tselebnыe svoistva pryrodы. Kyev: Urozhai, 1990. 168 s. {in russian}

DOI: 10.32347/2076-815x.2026.93.302-324
УДК 626/627.001.25

доцент **Анісімов К.І.,**
anisimov@odaba.edu.ua, ORCID: 0009-0001-1841-7221,
доцент **Коломієць С.П.,**
kolomiec@odaba.edu.ua, ORCID: 0009-0008-8039-7867,
к.т.н., доцент **Синиця Р.В.,**
sinitsa_roma@ukr.net, ORCID: 0000-0001-6796-4785,
к.т.н., доцент **Слободянюк В.П.,**
slobodvp@gmail.com, ORCID: 0009-0005-0426-4606,
Одеська державна академія будівництва та архітектури

СТАН ДАМБИ ХАДЖИБЕЙСЬКОГО ЛИМАНУ ЗА РЕЗУЛЬТАТАМИ ПРОВЕДЕННЯ КОМПЛЕКСНОГО ОБСТЕЖЕННЯ

Представлено результати комплексного технічного обстеження стану дамби Хаджибейського лиману, проведеного у вересні–жовтні 2025 року фахівцями Одеської державної академії будівництва та архітектури на замовлення Управління інженерного захисту території міста Одеси. Об'єкт обстеження був споруджений у 1932 році, виконує захисну та транспортну функції. За результатами візуального, інструментального обстеження, розрахунків стійкості та аналізу виявлених у процесі обстеження дефектів було встановлено, що гідротехнічна споруда знаходиться в аварійному стані (категорія 4 у відповідності до вимог діючого нормативного документа ДСТУ 9273:2024). При проведенні обстеження були виявлені численні промоїни, осідання та руйнування елементів кріплень верхового укосу дамби, корозія матеріалу водовипускних споруд, заростання дренажних канав, незадовільний стан водопропускної споруди та дренажних насосних станцій. У статті представлені запропоновані невідкладні заходи, призначені для відновлення, капітального ремонту та можливого будівництва нових дренажних насосних станцій. Подальша експлуатація споруди без проведення комплексної реконструкції становить загрозу місту через можливий прорив та затоплення значної частини м. Одеси (Пересип).

Ключові слова: дамба Хаджибейського лиману; технічний стан; аварійний стан; гідротехнічні споруди; обстеження; реконструкція.

Постановка проблеми. Головним завданням контролю стану гідротехнічних споруд є забезпечення їх роботи у нормальному режимі, своєчасне здійснення заходів щодо попередження та усунення дефектів,

виявлення причин порушення нормального функціонування споруд та їх елементів. До основних причин порушення нормального функціонування (експлуатації) підпірних гідротехнічних споруд відноситься: знос (фізичне старіння, амортизація); моральний знос споруд та обладнання; вплив стихійних та надзвичайних факторів (катастрофічні повені, льодохід та ін.); людський фактор - неправильні дії експлуатаційного персоналу (невчасне відкриття затворів, підйом води у б'єфах, що перевищує граничні рівні).

Небезпечні прояви у підпірних ґрунтових гідротехнічних спорудах можуть бути незначними (дрібними), які не викликають серйозного впливу на експлуатацію споруди та підлягають негайному усуненню з метою уникнення їх підсумовування та розростання. При значних проявах порушень, які можуть суттєво впливати на скорочення терміну нормальної експлуатації споруди або призвести до її руйнування, їх відносять до аварійних, ліквідація яких потребує проведення серйозних ремонтно-відновлювальних робіт.

Контроль за станом гідротехнічних споруд здійснюється з метою аналізу, оцінки та прогнозу розвитку ситуацій з безпекою споруд, а також формування технічних заходів щодо подолання негативних тенденцій та усунення виявлених недоліків у процесі проведення обстеження. Це досягається за допомогою організації системи постійних спостережень, які забезпечують отримання якісної та достовірної інформації про стан гідротехнічних споруд на водних об'єктах держави.

Ґрунтові греблі відносяться до найбільш поширених типів гідротехнічних споруд, що пояснюється їхньою економічністю та технологічною простотою зведення. Водночас дані споруди характеризуються складним напружено-деформованим станом та високою чутливістю до змін гідрогеологічних умов. Найбільш небезпечними факторами, що впливають на їх стан, є фільтраційні процеси, розвиток суфозії, деформації тіла та основи греблі, а також зниження стійкості укосів.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Останнім часом проблема забезпечення надійності та безпеки ґрунтових гідротехнічних споруд набуває особливої актуальності. Значна частина підпірних ґрунтових гідротехнічних споруд, що розташовані в Одеській області, була побудована у минулому сторіччі та у даний час функціонує в умовах тривалої експлуатації, при змінних кліматичних факторах та техногенних навантаженнях, що зростають. Представлена інформація зумовлює необхідність регулярного обстеження технічного стану та своєчасного виявлення дефектів, здатних призвести до зниження експлуатаційної надійності та виникнення аварійних ситуацій.

Основи наукового підходу до оцінки стану ґрунтових гідротехнічних споруд були закладені у публікаціях V. Bogoslovsky [1] та T. Brosten [2], які

розробили фундаментальні положення моніторингу стану дамб. Надалі суттєвий внесок у розвиток методів аналізу через стійкість і фільтрацію внесли O. Kayode [3] та N. Adamo [4]. Сучасні підходи до оцінки стану гребель (моніторингу) базуються на комплексному використанні натурних обстежень, лабораторних випробувань та чисельного моделювання, які представлені у роботах F. Abdulsamad [5], N. Babazadeh Abrbekouh [6], M. Cimpoiasu [7], K. Radzicki [8], S. Seyed-Kolbadi [9], L. Franco [10].

Останні наукові дослідження у питаннях оцінки стану ґрунтових гідротехнічних споруд були представлені у працях E. Ausilio [11], C. Nasikaa [12, 13], O. Pazdirek [14]. На стан тіла ґрунтових споруд суттєвий вплив має тиск води у порах. Дослідженню представленої задачі були присвячені роботи B. Beiranvand [15], S. Bonelli [16], S.-K. Yun [17], J. Mata [18], L. Zhang [19]), O. Jenck [20]. Важливим питанням у дослідженні надійності ґрунтових гідротехнічних споруд є стійкість низового укосу споруди з урахуванням фільтраційного потоку. Останні дослідження були опубліковані AS. Ahmed [21], W. Al-Fares [22, 23], G. Liu [24], H. Moayedi [25]. При дослідженні підпірних гідротехнічних споруд важливе значення для експлуатації мають осідання споруди загалом та окремих її елементів. Даному питанню були присвячені праці G. Herrera [26], Y. Chen [27], S. Pytharouli [28].

Незважаючи на значну кількість досліджень, питання комплексної діагностики стану ґрунтових гребель, особливо в умовах тривалої експлуатації, залишаються недостатньо розробленими. Особливу складність представляє виявлення прихованих дефектів, таких як внутрішні ерозійні процеси, нерівномірні деформації та локальні зони ослаблення ґрунту, які можуть розвиватися без явних зовнішніх ознак.

У зв'язку з цим актуальним завданням є вдосконалення методів обстеження ґрунтових гідротехнічних споруд, спрямованих на підвищення достовірності оцінки їх технічного стану та забезпечення безпечної експлуатації.

Наукова новизна. Вперше для дамби Хаджибейського лиману виконано комплексну оцінку технічного стану з поєднанням результатів натурного обстеження, динамічного зондування ґрунтів основи та тривимірного чисельного моделювання напружено-деформованого стану з урахуванням можливого розрідження ґрунтів при сейсмічних впливах.

Метою дослідження є аналіз технічного стану дамби Хаджибейського лиману, класифікація встановлених дефектів та розробка практичних рекомендацій щодо відновлення гідротехнічної споруди.

Завдання дослідження:

- проаналізувати матеріали попередніх інженерно-геологічних вишукувань, провести динамічне зондування ґрунтів основи споруди з метою уточнення сучасного стану.
- виконати інженерно-гідрологічні уточнення сучасного стану лиману.
- провести візуальне обстеження дамби та її елементів.
- провести дослідження фільтрації, встановити незаплановані виходи на низовому укосі та стан дренажної канави.
- виконати розрахунки стійкості дамби та її елементів з урахуванням просторового ефекту при статичних та динамічних розрахунках (навантаженнях).
- провести розрахунки параметрів кріплення верхового укосу та розробити рекомендації стосовно його реконструкції.

Результати дослідження. Хаджибейський лиман представляє собою лимано-лагуну, відокремлену піщаною косою-пересипом, яка остаточно відділилася від моря на початку XIX століття. Водообмін з Чорним морем здійснювався через природну протоку лише у період значних паводків або при підйомі рівня моря в результаті нагінних явищ. З середини XIX століття розпочався етап залучення лиману у господарське використання через домінування фактору відведення стічних вод м. Одеси. Дану функцію лиман виконує і в наш час.

З метою встановлення сучасного стану гідровузла та розробки рекомендацій щодо подальшої експлуатації було проведено аналіз інженерно-геологічних вишукувань тіла та основи дамби. Для розрахунку основи споруди, а також для достовірної оцінки характеристик ґрунтів необхідно проводити статичні або динамічні випробування ґрунтової основи. Представлені випробування входять до складу інженерно-геологічних досліджень та проводяться за допомогою спеціалізованого обладнання. Найважливішим показником властивостей ґрунтів є коефіцієнт ущільнення (визначається динамічними методами).

Динамічні випробування ґрунтів проводяться у відповідності до вимог ДСТУ-Н Б В.1.1-44:2016 «Настанова щодо проектування будівель і споруд на просідаючих ґрунтах», які представляють собою комплекс методів, призначених для визначення фізико-механічних властивостей ґрунтів під впливом змінних (динамічних) навантажень. Методика проведення аналогічних досліджень представлена у [29, 30].

З метою оцінки ймовірності появи зон розрідження ґрунтів у основі дамби лиману було розглянуто кілька підходів, які визначають максимально можливий потенціал ґрунтів до розрідження. Зондування виконувалось при

застосуванні стандартного обладнання, що представляє собою конус зонда, штангу довжиною 11 метрів, пристрій для безпечного зриву молота, ковадло, опорно-анкерний пристрій (раму), підйомне устаткування і реєструючий вузол (рис. 1).

Динамічне зондування проводилося за схемою максимально безперервного забивання зонда у ґрунт вільно падаючим молотом. Процес переривався тільки для нарощування штанг зонда та закінчувався остаточно при досягненні глибини піщаної засипки. При ударному зондуванні зазвичай реєструють глибину занурення зонда в залежності від певного числа ударів. Число ударів у основі при ударному зондуванні приймають в залежності від складу та стану ґрунтів в межах, що відповідало глибині занурення зонда за заставу h, яка дорівнює приблизно 15–20 см. З метою прискорення обробки даних, отриманих в польових умовах, була змінена методологія проведення випробувань, а саме: виконувалася фіксація кількості ударів молота кожні 20 см занурення зонда.



Рис. 1. Проведення динамічних випробувань ґрунтів основи дамби Хаджибейського лиману

Як показують результати проведеного зондування, ґрунти основи дамби у даний час складені пухкими або середньої щільності пісками зі слабо розвинутим зчепленням. Такі ґрунти дуже чутливі до динамічних навантажень у зв’язку з тим, що схильні до розрідження та втрати стійкості, особливо у разі сейсмічних впливів, коли спрацьовує принцип накопичення втоми засипки. Велика кількість шарів дамби характеризує те, що ґрунти мають високу здатність до розрідження, яка може реалізуватися в умовах появи динамічних, а особливо сейсмічних навантажень.

За отриманими даними польових динамічних випробувань для кожної глибини занурення зонда були розраховані значення умовного динамічного

опору ґрунту основи дамби P_d. Величина динамічного опору ґрунту при застосуванні ударного методу визначається за формулою (1):

$$P_d = \frac{A \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot n}{h} \quad (1)$$

де A – питома енергія зондування (Н/см);

K_1 – коефіцієнт обліку втрати енергії при ударі молоту об ковадло і на пружні деформації штанги зонду;

K_2 – коефіцієнт обліку втрати енергії на тертя штанги о ґрунт, який визначається у залежності від зусилля при повороті штанги;

n – кількість ударів молоту;

h – глибина занурення зонду у ґрунт основи (см).

Розріз по інженерно-геологічній свердловині та результати проведеного динамічного вишукування представлено на рис. 2.

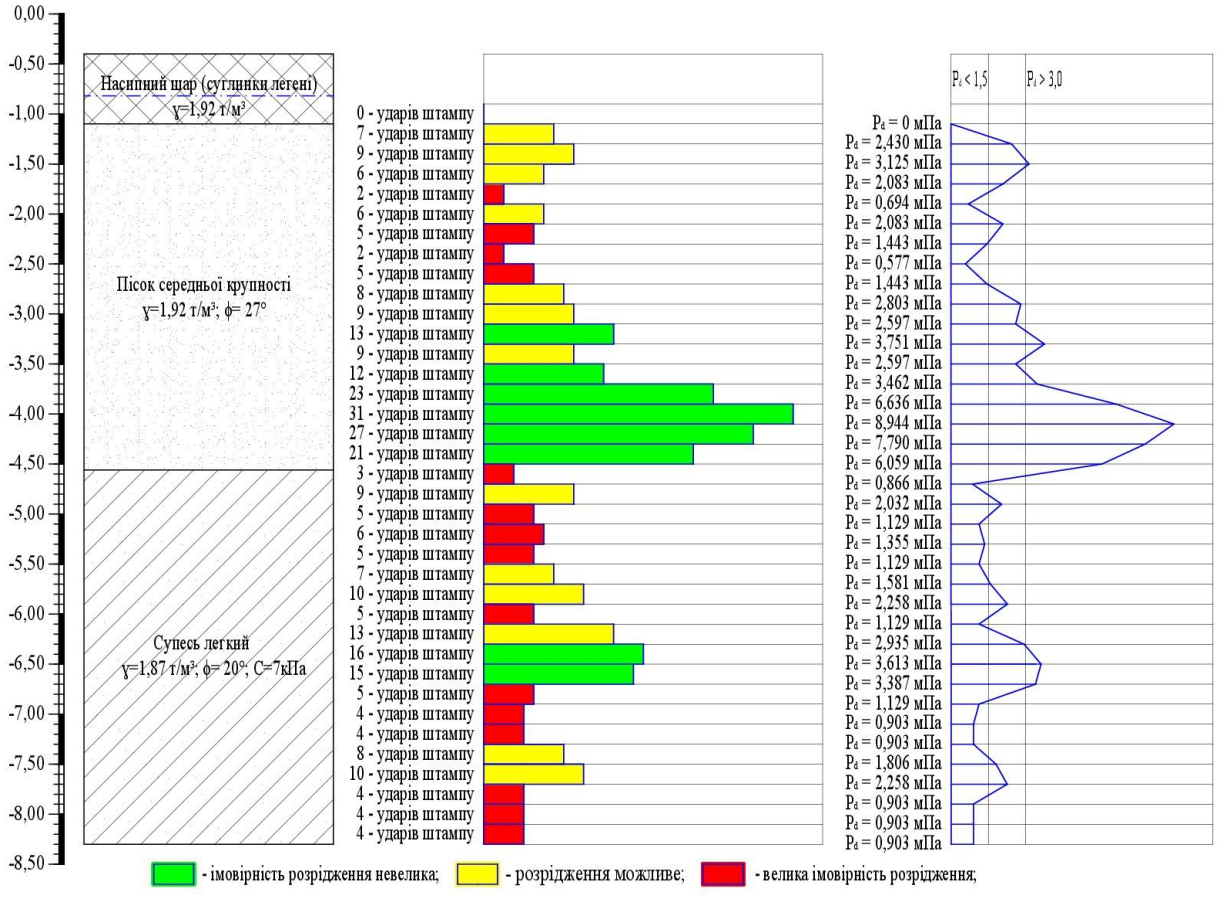


Рис. 2. Результати проведення динамічного випробування

Опір ґрунту зрізу характеризується дотичною напругою у граничному стані, коли настає руйнація ґрунту. Співвідношення між граничними дотичними і нормальними до майданчиків зсуву напругами виражається умовою міцності Кулона-Мора - формула (2):

$$\tau = \sigma \cdot tg\varphi + c \quad (2)$$

де φ – кут внутрішнього тертя;

c – питоме зчеплення.

При динамічних впливах виникає поровий тиск, який призводить до зниження міцності ґрунту за рахунок зменшення побутового тиску (3):

$$\tau = (\sigma - \sigma_{\text{п}}) \cdot tg\varphi + c \quad (3)$$

При динамічному впливі (розрідженні) справжній кут внутрішнього тертя ґрунту (φ) майже не змінюється, але ефективна зсувна міцність падає дуже сильно. Представлена обставина створює ефект еквівалентного «зменшення» кута тертя ґрунту. У зв'язку з відсутністю можливості в програмному комплексі Midas GTS NX при проведенні розрахунків коригувати кут тертя ґрунту в автоматичному режимі, у виявлених зонах з великою імовірністю виникнення розрідження фізико-механічні властивості ґрунту були відкоректовані заміною властивостей на еквівалентні (residual). Величина кута була значно знижена, а величина модуля деформації знижена на 20% по відношенню до отриманих властивостей при інженерно-геологічних вишукуваннях.

Гідрологічний стан та моніторинг. З метою оцінки гідрологічного стану Хаджибейського лиману були визначені основні характеристики водного режиму в межах Причорноморського району. Повеневий режим даного району характеризується тривалими багаторічними посушливими періодами з практично повною відсутністю стоку, які чергуються з періодами бурхливих та багатоводних повеней.

Комплекс гідротехнічних споруд лиману характеризується відсутністю відкритого самопливного гідравлічного зв'язку з Чорним морем. Дана обставина значно ускладнює пропуск паводкових вод, у тому числі через високу витратність примусового регулювання, і не дозволяє проводити глибоке регулювання водного режиму.

За результатами проведення гідрологічних досліджень можливо зробити наступні висновки:

1. Експлуатаційний режим Хаджибейського лиману в перспективних умовах скидання очищених стічних вод СБО «Північна» у Чорне море повинен бути розроблений з обов'язковим урахуванням заходів щодо недопущення накопичення солей у чаші лиману, тобто мати постійну скидну складову.

2. Прийнятний рівень мінералізації води від 6 до 7 г/л можливо забезпечити за умови сили-силенної суміші очищених стічних та дренажних вод в обсязі орієнтовно 30 млн. м³ на рік та одночасного відкачування (скидання) води з лиману в Чорне море протягом усього року в обсязі не менше 12 млн м³ на рік.

3. Для забезпечення санітарного стану водойми та прилеглих територій необхідно забезпечити достатній рівень очищення суміші стоку в обсязі 30 млн. м³ на рік. Для цього слід заздалегідь резервувати майданчики під технологічні ємності для прийому, відстою та очищення поверхневого (схилового) та дренажного (фільтраційного) стоку з «полів зрошення».

З метою забезпечення безпекового гідрологічного аспекту експлуатації лиману необхідно забезпечити досягнення відміток, які дозволять акумулювати об'єм паводку 1%-вої забезпеченості. Даний рівень є критичним з точки зору запобігання переливу води через гребінь дамби.

Необхідно ввести в експлуатацію самопливну споруду, яка дозволить здійснювати багаторічне регулювання шляхом скидання надлишків об'єму (передусім паводкового стоку) у море. Це багаторазово знизить експлуатаційні витрати у порівнянні з примусовим регулюванням через скидну регулюючу споруду (СРС), яка в новій схемі використовуватиметься лише при настанні надзвичайних ситуацій.

До першочергових заходів, призначених для забезпечення безпечної експлуатації, відноситься створення передпаводкової акумуляційної ємності об'ємом 90–95 млн. м³ та забезпечення можливості самопливного спрацювання надлишків стоку.

Основне експлуатаційне завдання полягає у цілорічній підготовці вільної ємності для прийому повеней, паводків та щорічному досягненні рівня води у лимані передпаводкового спрацювання у межах від 0,0 до +0,3 м БС. Вирішення представленої задачі дозволить уникнути необхідності проведення ремонту тіла дамби.

З метою забезпечення експлуатаційної придатності гідротехнічних споруд, у відповідності до вимог нормативного документа ДБН В.2.4-3:2025 «Гідротехнічні споруди. Основні положення», необхідно застосовувати комплекс заходів з метою забезпечення контролю відповідності фактичних характеристик споруди нормативним вимогам взагалі та її складових елементів, виконувати моніторинг та проводити періодичні обстеження. За результатами їх проведення приймається відповідне рішення щодо продовження експлуатації споруди (якщо вона відповідає чинним нормам і класу наслідків), проведення реконструкції гідровузла взагалі або окремих елементів чи споруд, що входять до нього. У разі необхідності фахівці-гідротехніки встановлюють новий проєктний термін експлуатації або припиняють експлуатацію споруди взагалі при виявленні суттєвих пошкоджень.

Одним з обов'язкових елементів моніторингу гідротехнічних споруд є оцінка технічного стану. Вона виконується у відповідності до вимог ДСТУ 9273:2024 «Настанова щодо обстеження будівель і споруд для визначення та

оцінювання їхнього технічного стану. Механічний опір та стійкість». Обстеження споруд здійснюється за допомогою натурних спостережень та використання спеціальних інструментів. Натурні дослідження ведуть візуально, геодезичними методами та за допомогою контрольно-вимірювальної апаратури. Візуальні спостереження - це особливий вид натурних спостережень, при яких проводяться регулярні систематичні огляди споруд, їх основних конструктивних елементів та прилеглої території з метою оцінки технічного стану гідровузла. При проведенні обстеження встановлюються дефекти та несприятливі процеси, що знижують експлуатаційну надійність, а також визначається вид та обсяг ремонтних робіт.

Технічний стан елементів дамби. За результатами проведення візуального обстеження дамби Хаджибейського лиману було виявлено, що частина кріплення верхового укосу пошкоджена, на ділянці від початку укладання блоків хвилевідбійної стінки знаходиться в аварійному стані та загрожує підмивом і обваленням. Стан верхового укосу дамби та хвилевідбійної стінки представлено на рис. 3.



Рис. 3. Пошкодження кріплення верхового укосу дамби та хвилевідбійної стінки

При виконанні обстеження було встановлено, що частина верхового укосу дамби, укріплена боєм залізобетонних виробів та каменем малої ваги, перебуває в аварійному стані через розмивання основи стінки (рис. 4).

Встановлено, що частина верхового укосу дамби від укладання блоків хвилевідбійної стінки до залізобетонного оголовка випуску СБО «Північна»

має недостатні габарити для захисту від хвильового впливу та перебуває у стані, непридатному для нормальної експлуатації (рис. 5).



Рис. 4. Кріплення укосу дамби боєм залізобетонних виробів



Рис. 5. Верховий укос дамби укладання блоків хвилевідбійної стінки до залізобетонного оголовка випуску СБО «Північна»

Підвідна частина водоприймального каналу КНС-25 замулена і схильна до інтенсивного заростання водною рослинністю (рис. 6). Приміщення управління затворами водопропускної споруди КНС-25 знаходиться в аварійному стані. Вихідні отвори та рисберма водопропускної споруди повністю замулені та непридатні до нормальної експлуатації. Пази шандорних затворів можуть бути

використані після проведення реконструкції. Рибозахисна споруда та ходовий місток характеризуються заростанням просвітів між стрижнями ґрат, частина стрижнів ходового містка відсутня.



Рис. 6 Рибозахисна споруда та ходовий місток. Заростання просвітів між стрижнями ґрат. Частина стрижнів ходового містка відсутня

Рибозагороджувач ДНС-4 складається зі сталевих елементів, які пошкоджені корозією на 40...50%. Він потребує заміни або влаштування рибозагороджувачів іншої конструкції (рис. 7).



Рис. 7. Рибозагороджувач на підвідному каналі

Стан низового укосу дамби може бути визнано непридатним до нормальної експлуатації внаслідок численних промоїн, оплавин ґрунту, що знаходиться в пухкому, практично текучому стані. Укіс, за винятком ділянки, що примикає до ДНС-4 і ДНС-5, повністю покритий водною рослинністю, що виключає будь-який догляд за його станом.

При виконанні обстеження виходи зосередженої фільтрації на низовому схилі не виявлені, за винятком контактної фільтрації вздовж трубопроводів ДНС-5. Ця ділянка за фільтраційною міцністю є непридатною до нормальної експлуатації.

Стан гребня дамби на всьому її протязі може бути оцінений як задовільний, за винятком частини на ділянці, де відмічені протяжні тріщини у дорожньому покритті. На цій ділянці проведено інженерно-геологічні дослідження та виконано розрахунки стійкості, які представлені у даній публікації. На гребені дамби відсутній водозбірний лоток з організованим відведенням води до нижнього б'єфу.

У нижньому б'єфі дамби при обстеженні відзначено заболочування території через замулювання та відсутність дренажної канави. Стан дренажних насосних станцій, розташованих у нижньому б’єфі, відноситься до аварійного та непридатного для нормальної експлуатації. У даний час ведуться роботи з проєктування нової станції.

Розрахунки стійкості та чисельного моделювання. У ході проведення подальших досліджень, пов’язаних з встановленням напружено-деформованого стану (НДС) частини дамби, була створена чисельна модель у програмному комплексі Midas GTS NX. Розрахунки стійкості низового укосу виконувались для основного та аварійного сполучень навантажень з метою визначення положення і коефіцієнта запасу стійкості небезпечних кривих ковзання.

Нормативне значення коефіцієнта запасу стійкості визначалось у відповідності до вимог ДБН В.2.4-3:2025 «Гідротехнічні споруди. Основні положення», де при розрахунках гідротехнічних споруд, їх конструкцій і основ необхідно дотримуватися умови, яка забезпечує недопущення настання граничних станів (4):

$$\gamma_{lc} \cdot F \leq \frac{R}{\gamma_n} \tag{4}$$

де γ_{lc} – коефіцієнт сполучення навантажень при розрахунках за першою групою граничних станів (період експлуатації: γ_{lc} = 1,0 – для основного сполучення навантажень; γ_{lc} = 0,95 – для аварійного сполучення при сейсмічному навантаженні на рівні проєктного землетрусу);

γ_n – коефіцієнт надійності за відповідальністю гідротехнічних споруд (γ_n = 1,25 – для класу наслідків СС3 та категорії відповідальності А);

F – розрахункове значення узагальненого силового впливу. Має прийматися при розрахункових значеннях навантажень, що визначаються множенням характеристичного значення навантаження на відповідний коефіцієнт надійності за навантаженням γ_f (γ_f = 1,0 – тиск води безпосередньо на поверхні споруди і основи; силовий вплив фільтраційного потоку; хвильовий тиск; поровий тиск; γ_f = 1,0 – сейсмічні впливи);

R – розрахункове значення узагальненої несучої здатності повинне визначатися як добуток нормативного значення узагальненої несучої здатності на коефіцієнт умов роботи γ_c (γ_c – для пилувато-глинистих ґрунтів з показником плинності > 0,5), поділений на коефіцієнт надійності за ґрунтом γ_q (γ_q = 1,25 – для розрахунків основ по несучій здатності).

Враховуючи коефіцієнти надійності за навантаженням «γ_f », умов роботи «γ_c» та надійності за ґрунтом «γ_q», формула (4) прийме вид (5):

$$\gamma_{lc} \cdot \gamma_f \cdot F \leq \frac{\gamma_c \cdot R}{\gamma_q \cdot \gamma_n} \qquad (5)$$

У відповідності до формули (5), визначено:

Нормативний коефіцієнт запасу стійкості при основному поєднанні навантажень для споруд класу відповідальності СС3 - 1,563.

Нормативний коефіцієнт запасу стійкості при аварійному поєднанні навантажень (сейсмічне навантаження інтенсивністю 9 балів) для споруд класу відповідальності СС3 - 1,484.

Навантаження на гребінь дамби прийняті відповідно до вимог ДБН В.1.2-15:2009:

- навантаження від автотранспортних засобів у вигляді смуг АК;
- навантаження від колісного екіпажу НК-100, з навантаженням на вісь Р=245 кН (25 тс).

Навантаження від автотранспортних засобів на кожну смугу навантаження приймається у вигляді рівномірно розподіленого з інтенсивністю ν = 0,1·К тс/м та тандему з навантаженням на вісь Р=1·К тс, де К – клас навантаження (К=15, як для автомобільних дорогах I, II і III категорій, на міських автомагістралях і магістральних вулицях загальноміського значення). Навантаження НК-100 являє собою чотиривісний колісний екіпаж з осьовим навантаженням Р=25 тс.

Аварійне сполучення навантаження приймалось з урахуванням сейсмічного впливу інтенсивністю 9 балів, при цьому ґрунти основи дамби враховувались з можливістю розрідження та відповідно зниження їх характеристик міцності.

Визначення напружено-деформованого стану (НДС) дамби виконувалися методом скінченних елементів (МСЕ), з визначенням коефіцієнта запасу стійкості методом редукції.

У основі методу редукції лежить послідовне пропорційне одночасне зниження (збільшення) міцності (питомого зчеплення і тангенса кута внутрішнього тертя ґрунту) і перерахунок НДС масиву.

Розрахунки стійкості ділянки дамби, виконувались за тривимірною схемою. Загальний вигляд розрахункових схем з урахування навантаження АК та НК-100 представлені на рис. 8**Error! Reference source not found.** та рис. 9 відповідно.

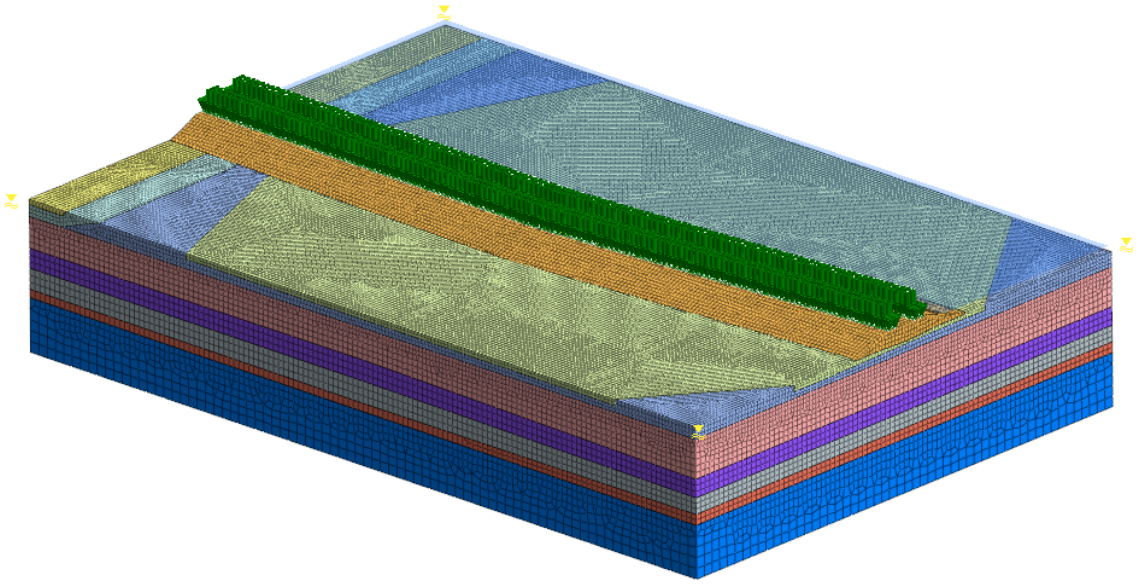


Рис. 8. Загальний вигляд розрахункової схеми з урахування навантаження АК

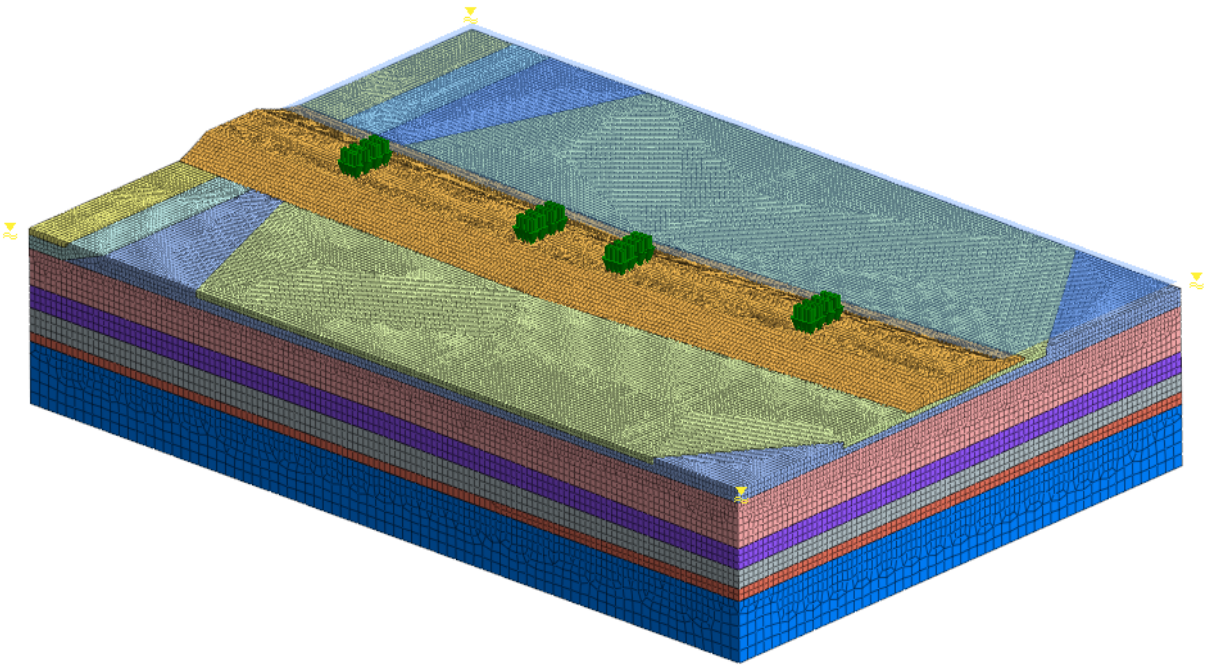


Рис. 9. Загальний вигляд розрахункової схеми з урахування навантаження НК-100

У результаті визначення напружено-деформованого стану розрахункової ділянки дамби були отримані зони максимальних дотичних напружень: при основне сполучення навантажень, дії АК (рис. 10**Error! Reference source not found.**) та НК-100 (рис. 11); при аварійному сполученні навантажень (сейсмічне інтенсивністю 9 балів), у відповідності до вимог нормативного документу ДБН В.1.1-12:2014 «Будівництво в сейсмічних районах України» (рис. 12).

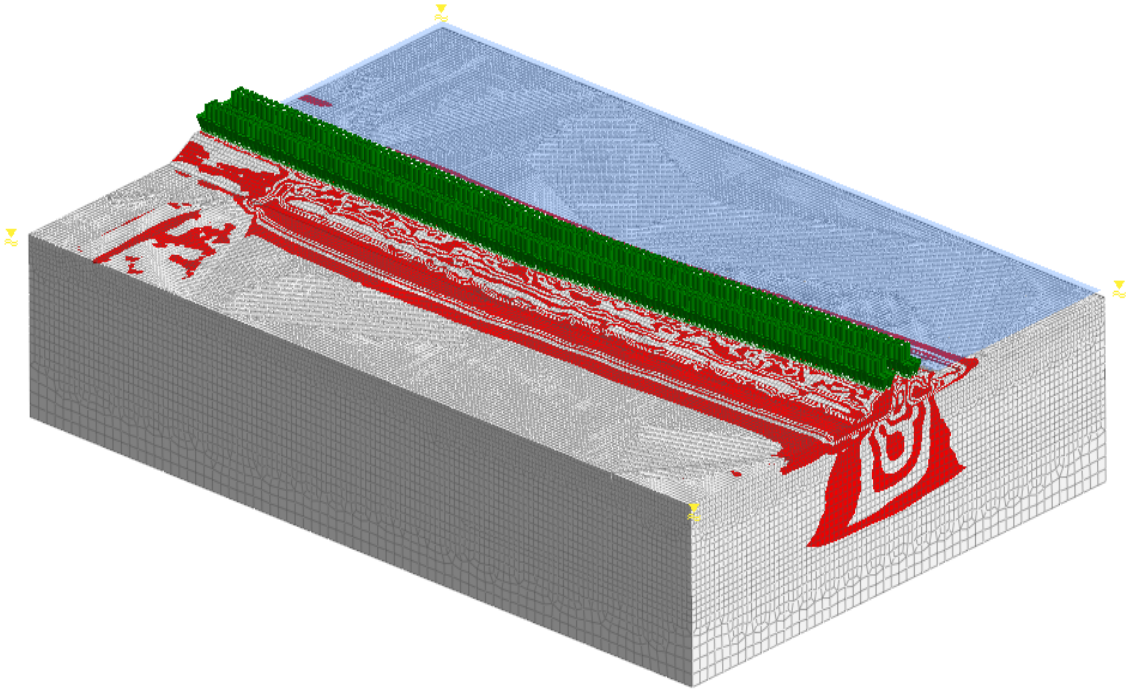


Рис. 10. Зони максимальних дотичних напружень при дії навантаження АК

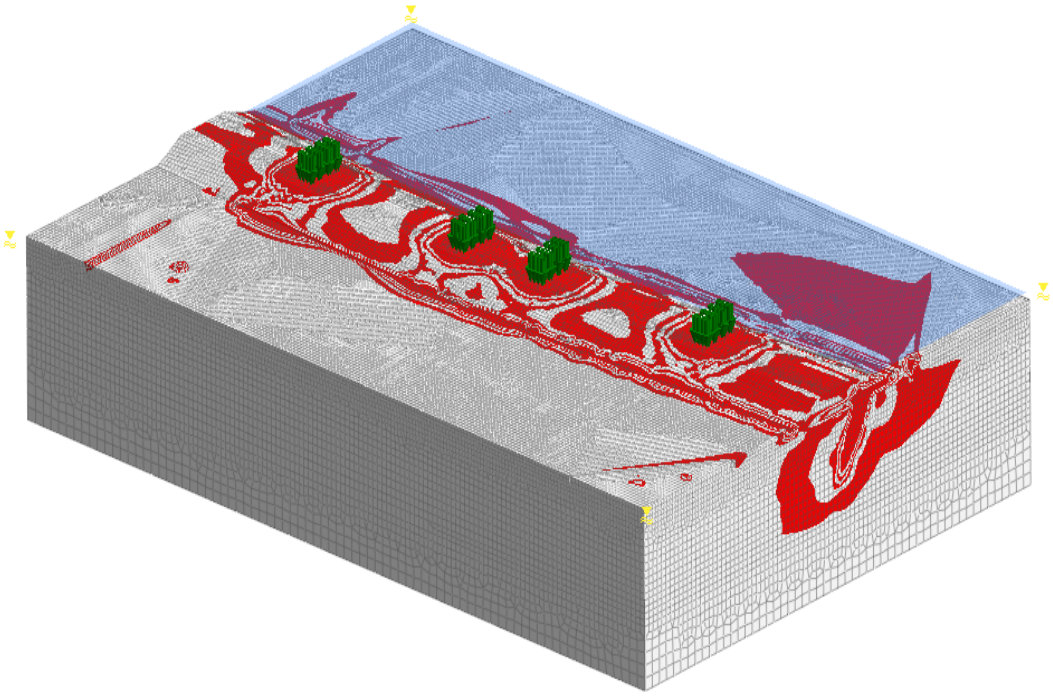


Рис. 11. Зони максимальних дотичних напружень при дії навантаження НК-100

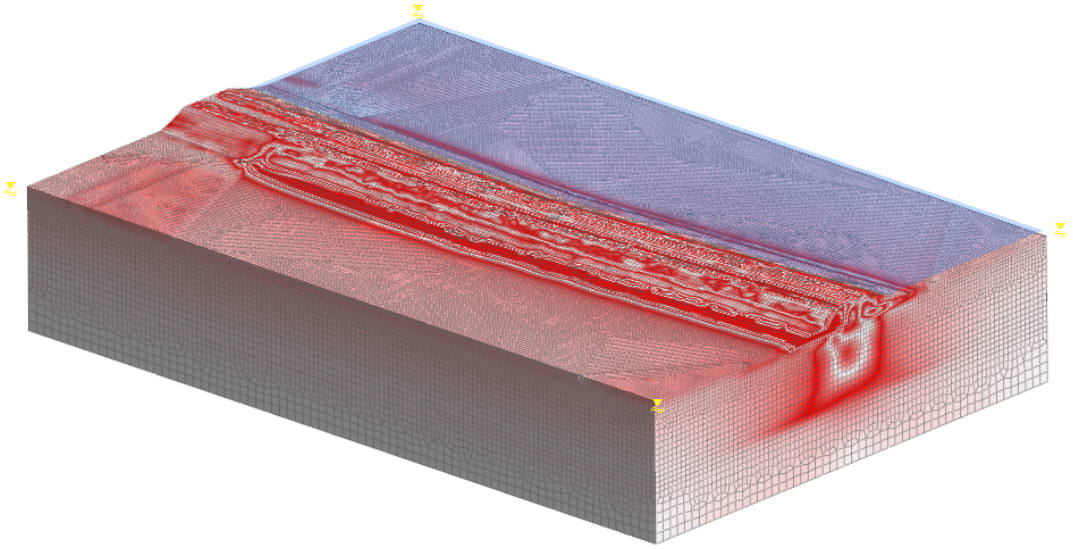


Рис. 12. Зони максимальних дотичних напружень на аварійне сполучення навантажень

Аналізуючи отриманих результати розрахунків стійкості низового укосу дамби Хаджибейського лиману показав, що стійкість низового укосу дамби при основному сполучені навантажень буде забезпечена, при аварійному не забезпечена з мінімальним коефіцієнтом запасу стійкості рівним – 0,965.

Висновки. У результаті проведення комплексного технічного обстеження стану дамби Хаджибейського лиману були зроблені наступні висновки:

1. Стійкість низового укосу дамби Хаджибейського лиману на основне сполучення навантажень (при дії навантажень АК) забезпечена з мінімальним коефіцієнтом запасу стійкості рівним **1,801** (при нормативному значенні 1,563).
2. Стійкість низового укосу дамби на основне сполучення навантажень (при дії навантажень НК-100) забезпечена з мінімальним коефіцієнтом запасу стійкості рівним **2,542** (при нормативному значенні 1,563).
3. Стійкість низового укосу дамби на аварійне сполучення навантажень (сейсмічне навантаження інтенсивністю 9 балів) **не забезпечена** з мінімальним коефіцієнтом запасу стійкості рівним **0,965** (при нормативному значенні 1,484).
4. При альтернативних розрахунках ділянок стійкість низового укосу дамби на основне сполучення навантажень (АК) забезпечена з коефіцієнтом **2,372** (при нормі 1,563).
5. Стійкість низового укосу дамби на основне сполучення навантажень (НК-100) забезпечена з коефіцієнтом **3,085** (при нормі 1,563).
6. В усередненому найнесприятливішому створі стійкість низового укосу дамби Хаджибейського лиману на аварійне сполучення навантажень (сейсміка 9 балів) **не забезпечена** з мінімальним коефіцієнтом запасу стійкості рівним **0,904** (при нормативному значенні 1,484).

Представлені результати можуть бути використані під час розроблення проєктів реконструкції дамби Хаджибейського лиману, планування ремонтно-відновлювальних робіт та організації системи моніторингу технічного стану споруди.

Список використаних джерел

1. Bogoslovsky V.A., Ogilvy A.A. Application of geophysical methods for studying the technical status of earth dams. Geophysical Prospecting. 1970. Vol. 18, Supplement s1. P. 758–773. https://doi.org/10.1111/j.1365-2478.1970.tb02141.x;

2. Brosten T.R., Llopis J.L., Kelley J.R. Using geophysics to assess the condition of small embankment dams: ERDC/GSL TR-05-17. Vicksburg: U.S. Army Engineer Research and Development Center, 2005. 200 p. [Електронний ресурс]. Режим доступу: https://apps.dtic.mil/sti/tr/pdf/ADA438045.pdf;

3. Kayode O.T., Odukoya A.M., Adagunodo T.A., Adeniji A.A. Monitoring of seepages around dams using geophysical methods: a brief review. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 2018. Vol. 173. 012026. https://doi.org/10.1088/1755-1315/173/1/012026;

4. Adamo N., Al-Ansari N., Sissakian V., Laue J., Knutsson S. Geophysical methods and their applications in dam safety monitoring. Journal of Earth Sciences and Geotechnical Engineering. 2021. Vol. 11, No. 1. P. 1–34. [Електронний ресурс]. Режим доступу: https://www.diva-portal.org/smash/get/diva2:1471306/FULLTEXT01.pdf;

5. Abdulsamad F, Revil A, Ahmed AS, Coperey A, Karaoulis M, Nicaise S, Peyras L (2019) Induced polarization tomography applied to the detection and the monitoring of leakin embankments. Eng Geol 254:89–101. https://doi.org/10.1016/j.enggeo.2019.04.001;

6. Babazadeh Abrbekouh N., Ghiassi R. Laboratory evaluation of ERT for seepage localization in earthen dams. Structural Health Monitoring. 2026. https://doi.org/10.1177/14759217261422380;

7. Cimpoiasu M., Boyd J., Kuras O., Wilkinson P., Meldrum P., Butler S., Chambers J. Identifying and monitoring seepage pathways in earth dams using geoelectrical timelapse imaging. EAGE Conference Proceedings. 2025. https://doi.org/10.3997/2214-4609.202520128;

8. Radzicki K., Stoliński M. Seepage monitoring and leaks detection along an earth dam with a multi-sensor thermal-active system. Bulletin of Engineering Geology and the Environment. 2024. https://doi.org/10.1007/s10064-024-03826-3;

9. Seyed-Kolbadi S.M., Hariri-Ardebili M.A., Mirtaheri M., Pourkamali-Anaraki F. Instrumented health monitoring of an earth dam. Infrastructures. 2020. Vol. 5, № 3. Article 26. DOI: https://doi.org/10.3390/infrastructures5030026;

10. Franco L.M., La Terra E.F., Panetto L.P., Fontes S.L. Integrated application of geophysical methods in earth dam monitoring. Bulletin of Engineering Geology and the Environment. 2024. https://doi.org/10.1007/s10064-024-03551-x;

11. Ausilio, E., Durante, M. G., Cairo, R., & Zimmaro, P. (2025). Health assessment of zoned earth dams by multi-epoch in situ investigations and laboratory tests. Geotechnics, 5(3), 60. https://doi.org/10.3390/geotechnics5030060;

12. Nasikaa, C., Diez, P., Gerard, P., Massart, T. J., & Zlotnik, S. (2021). Towards real-time assessment of earthfill dams via model order reduction. arXiv. https://doi.org/10.48550/arXiv.2106.02687;

13. Nasikaa, C., Diez, P., Gerard, P., Massart, T. J., & Zlotnik, S. (2022). Towards real-time assessment of earthfill dams via model order reduction. Finite Elements in Analysis and Design, 199, 103666. https://doi.org/10.1016/j.finel.2021.103666;

14. Pazdirek, O., et al. (2018). Geophysical evaluation of the inner structure of a historical earth-filled dam. Proceedings, 2 (11), 664. https://doi.org/10.3390/proceedings2110664;

15. Beiranvand, B., Rajaee, T., & Komasi, M. (2025). Optimizing pore pressure prediction in earth dams through the integration of panel data and intelligent models. Discover Applied Sciences, 7, 842. https://doi.org/10.1007/s42452-025-07516-x;

16. Bonelli, S., Brivois, O., Borghi, R., & Benahmed, N. (2025). Pore water pressure measurements as indicator of core hydraulic alteration in zoned earth dams. Bulletin of Engineering Geology and the Environment. https://doi.org/10.1007/s10064-025-04538-y;

17. Yun, S.-K., Kim, J., Im, E.-S., & Kang, G. (2022). Behavior of porewater pressures in an earth dam by principal component analysis. Water, 14(4), 672. https://doi.org/10.3390/w14040672;

18. Mata, J., Tavares de Castro, A., & Sá da Costa, J. (2018). An analytical model for the monitoring of pore water pressure inside embankment dams. Engineering Structures, 160, 356–365. https://doi.org/10.1016/j.engstruct.2018.01.054;

19. Zhang, L., Wang, Y., & Zhang, L. M. (2019). Probabilistic analysis of pore water pressures of an earth dam using a random finite element approach based on field data. Engineering Geology, 259, 105190. https://doi.org/10.1016/j.enggeo.2019.105190;

20. Jenck, O., & Guo, X. (2024). Pore water pressure prediction based on machine learning methods: Application to an earth dam case. Applied Sciences, 14(11), 4749. https://doi.org/10.3390/app14114749;

21. Ahmed A.S., Revil A, Abdulsamad F, Steck B, Vergniault C, Guihard V (2020) Induced polarization as a tool to non-intrusively characterize embankment hydraulic properties. Eng Geol 271:105604. https://doi.org/10.1016/j.enggeo.2020.105604

22. Al-Fares, W., & Al-Halbouni, D. (2024). Characterization of seepage in an earthfill dam by integration of geophysical surveys and geotechnical data. Journal of Applied Geophysics, 220, 105273. https://doi.org/10.1016/j.jappgeo.2023.105273;

23] Al-Fares, W., & Al-Halbouni, D. (2024). Characterization of seepage in an earthfill dam by the integration of geophysical surveys and geotechnical data. Journal of Applied Geophysics, 220, 105273. https://doi.org/10.1016/j.jappgeo.2023.105273;

24. Liu, G., Zhou, Z., Zhang, J., Jiang, G., & Mi, W. (2024). Seepage and stability analysis of earth dams' downstream slopes considering hysteresis in soil–water characteristic curves. Water, 16(13), 1811. https://doi.org/10.3390/w16131811;

25. Moayedi, H., Hayati, S., & Mosallanezhad, M. (2020). Assessing the efficiency of seepage control measures in earthfill dams. Geotechnical and Geological Engineering, 38, 3807–3821. https://doi.org/10.1007/s10706-020-01371-w;

26. Herrera, G., Fernández, J. A., Tomás, R., Cooksley, G., & Mulas, J. (2013). Monitoring an earthfill dam using differential SAR interferometry: La Pedrera dam, Alicante, Spain. Engineering Geology, 157, 21–32. https://doi.org/10.1016/j.enggeo.2013.01.022;

27. Chen, Y., Zhang, J., & Li, Z. (2022). Internal deformation monitoring for earth-rockfill dam via high-precision flexible pipeline measurements. Automation in Construction, 136, 104177. https://doi.org/10.1016/j.autcon.2022.104177;

28. Pytharouli, S., Stiros, S., & Kontoes, C. (2018). Displacements study of an earth fill dam based on high precision geodetic monitoring and numerical modeling. Sensors, 18(5), 1369. https://doi.org/10.3390/s18051369;

29. Pedro A.M. G., Santos P.D., Santos L.A., Coelho P. Sources of uncertainty in bender element testing: execution and interpretation challenges in reconstituted sandy soils. Geotechnics, - 2025 - Vol. 5, Iss. 2. - Art. no. 39. https://doi.org/10.3390/geotechnics5020039;

30. Pereira C., Cardoso R., Maranha J., Maranha das Neves E. Sources of uncertainty in bender element testing: execution and interpretation challenges in reconstituted sandy soils. Geotechnics. 2025. Vol. 5, No. 2. Art. 39. https://doi.org/10.3390/geotechnics5020039.

Anisimov К.І., Kolomiets S.P.,
Associate Professor **Synytsia R.V.,**
Associate Professor **Slobodanyuk V.P.**,
Odessa State Academy of Construction and Architecture

DAMBY MILL OF KHADZHIBEYSKY ESTURATING THE RESULTS OF COMPREHENSIVE QUALIFICATION

The article presents the results of a comprehensive technical survey of the condition of the Khadzhibey Estuary dam, conducted in September–October 2025 by specialists of the Odessa State Academy of Civil Engineering and Architecture at the request of the Department of Engineering Protection of the Territory of the City of Odessa. The dam, constructed in 1932, performs both protective and transport functions. Based on the results of visual and instrumental inspections, stability calculations, and analysis of defects identified during the survey, it was established that the hydraulic structure is in an emergency condition (Category 4 in accordance with DSTU 9273:2024).

The survey revealed numerous erosion gullies, areas of subsidence, and destruction of the upper slope revetment elements, corrosion of water outlet structures, overgrowth of drainage ditches, as well as the unsatisfactory technical condition of the water outlet structure and drainage pumping stations. The article proposes urgent measures aimed at restoration, major repairs, and the possible construction of new drainage pumping stations. Further operation of the structure without comprehensive reconstruction poses a serious threat to the city due to the risk of dam breach and flooding of a significant part of Odessa, particularly the Peresyp district.

In recent years, the issue of ensuring the reliability and safety of earth hydraulic structures has become particularly urgent. A significant proportion of retaining earth hydraulic structures in the Odessa region were constructed in the last century and are currently operating under conditions of long-term service, changing climatic factors, and increasing anthropogenic loads. These circumstances necessitate regular technical inspections and the timely identification of defects that may reduce operational reliability and lead to emergency situations.

Keywords: dam of the Khadzhibey Estuary; technical station; emergency station; hydraulic engineering spores; lining; reconstruction.

REFERENCES

1. Bogoslovsky V.A., Ogilvy A.A. Application of geophysical methods for studying the technical status of earth dams. Geophysical Prospecting. 1970. Vol. 18,

Supplement s1. P. 758–773. https://doi.org/10.1111/j.1365-2478.1970.tb02141.x e/. {in English}

2. Brosten T.R., Llopis J.L., Kelley J.R. Using geophysics to assess the condition of small embankment dams: ERDC/GSL TR-05-17. Vicksburg: U.S. Army Engineer Research and Development Center, 2005. 200 p. [Електронний ресурс]. Режим доступу: https://apps.dtic.mil/sti/tr/pdf/ADA438045.pdf. {in English}

3. Kayode O.T., Odukoya A.M., Adagunodo T.A., Adeniji A.A. Monitoring of seepages around dams using geophysical methods: a brief review. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 2018. Vol. 173. 012026. https://doi.org/10.1088/1755-1315/173/1/012026. {in English}

4. Adamo N., Al-Ansari N., Sissakian V., Laue J., Knutsson S. Geophysical methods and their applications in dam safety monitoring. Journal of Earth Sciences and Geotechnical Engineering. 2021. Vol. 11, No. 1. P. 1–34. [Електронний ресурс]. Режим доступу: https://www.diva-portal.org/smash/get/diva2:1471306/FULLTEXT01.pdf. {in English}

5. Abdulsamad F, Revil A, Ahmed AS, Coperey A, Karaoulis M, Nicaise S, Peyras L (2019) Induced polarization tomography applied to the detection and the monitoring of leakin embankments. Eng Geol 254:89–101. https://doi.org/10.1016/j.enggeo.2019.04.001. {in English}

6. Babazadeh Abrbekouh N., Ghiassi R. Laboratory evaluation of ERT for seepage localization in earthen dams. Structural Health Monitoring. 2026. https://doi.org/10.1177/14759217261422380. {in English}

7. Cimpoiasu M., Boyd J., Kuras O., Wilkinson P., Meldrum P., Butler S., Chambers J. Identifying and monitoring seepage pathways in earth dams using geoelectrical timelapse imaging. EAGE Conference Proceedings. 2025. https://doi.org/10.3997/2214-4609.202520128. {in English}

8. Radzicki K., Stoliński M. Seepage monitoring and leaks detection along an earth dam with a multi-sensor thermal-active system. Bulletin of Engineering Geology and the Environment. 2024. https://doi.org/10.1007/s10064-024-03826-3. {in English}

9. Seyed-Kolbadi S.M., Hariri-Ardebili M.A., Mirtaheri M., Pourkamali-Anaraki F. Instrumented health monitoring of an earth dam. Infrastructures. 2020. Vol. 5, № 3. Article 26. DOI: https://doi.org/10.3390/infrastructures5030026. {in English}

10. Franco L.M., La Terra E.F., Panetto L.P., Fontes S.L. Integrated application of geophysical methods in earth dam monitoring. Bulletin of Engineering Geology and the Environment. 2024. https://doi.org/10.1007/s10064-024-03551-x. {in English}

11. Ausilio, E., Durante, M.G., Cairo, R., & Zimmaro, P. (2025). Health assessment of zoned earth dams by multi-epoch in situ investigations and laboratory tests. Geotechnics, 5(3), 60. https://doi.org/10.3390/geotechnics5030060. {in English}

12. Nasikaa, C., Diez, P., Gerard, P., Massart, T.J., & Zlotnik, S. (2021). Towards real-time assessment of earthfill dams via model order reduction. arXiv. https://doi.org/10.48550/arXiv.2106.02687. {in English}

13. Nasikaa, C., Diez, P., Gerard, P., Massart, T. J., & Zlotnik, S. (2022). Towards real-time assessment of earthfill dams via model order reduction. Finite Elements in Analysis and Design, 199, 103666. https://doi.org/10.1016/j.finel.2021.103666. {in English}

14. Pazdirek, O., et al. (2018). Geophysical evaluation of the inner structure of a historical earth-filled dam. Proceedings, 2 (11), 664. https://doi.org/10.3390/proceedings2110664. {in English}

15. Beiranvand, B., Rajaee, T., & Komasi, M. (2025). Optimizing pore pressure prediction in earth dams through the integration of panel data and intelligent models. Discover Applied Sciences, 7, 842. https://doi.org/10.1007/s42452-025-07516-x. {in English}

16. Bonelli, S., Brivois, O., Borghi, R., & Benahmed, N. (2025). Pore water pressure measurements as indicator of core hydraulic alteration in zoned earth dams. Bulletin of Engineering Geology and the Environment. https://doi.org/10.1007/s10064-025-04538-y. {in English}

17. Yun, S.-K., Kim, J., Im, E.-S., & Kang, G. (2022). Behavior of porewater pressures in an earth dam by principal component analysis. Water, 14(4), 672. https://doi.org/10.3390/w14040672. {in English}

18. Mata, J., Tavares de Castro, A., & Sá da Costa, J. (2018). An analytical model for the monitoring of pore water pressure inside embankment dams. Engineering Structures, 160, 356–365. https://doi.org/10.1016/j.engstruct.2018.01.054. {in English}

19. Zhang, L., Wang, Y., & Zhang, L. M. (2019). Probabilistic analysis of pore water pressures of an earth dam using a random finite element approach based on field data. Engineering Geology, 259, 105190. https://doi.org/10.1016/j.enggeo.2019.105190. {in English}

20. Jenck, O., & Guo, X. (2024). Pore water pressure prediction based on machine learning methods: Application to an earth dam case. Applied Sciences, 14(11), 4749. https://doi.org/10.3390/app14114749. {in English}

21. Ahmed AS, Revil A, Abdulsamad F, Steck B, Vergniault C, Guihard V (2020) Induced polarization as a tool to non-intrusively characterize embankment hydraulic properties. Eng Geol 271:105604. https://doi.org/10.1016/j.enggeo.2020.105604. {in English}

22. Al-Fares, W., & Al-Halbouni, D. (2024). Characterization of seepage in an earthfill dam by integration of geophysical surveys and geotechnical data. Journal of

Applied Geophysics, 220, 105273. https://doi.org/10.1016/j.jappgeo.2023.105273. {in English}

23] Al-Fares, W., & Al-Halbouni, D. (2024). Characterization of seepage in an earthfill dam by the integration of geophysical surveys and geotechnical data. Journal of Applied Geophysics, 220, 105273. https://doi.org/10.1016/j.jappgeo.2023.105273. {in English}

24. Liu, G., Zhou, Z., Zhang, J., Jiang, G., & Mi, W. (2024). Seepage and stability analysis of earth dams' downstream slopes considering hysteresis in soil–water characteristic curves. Water, 16(13), 1811. https://doi.org/10.3390/w16131811. {in English}

25. Moayedi, H., Hayati, S., & Mosallanezhad, M. (2020). Assessing the efficiency of seepage control measures in earthfill dams. Geotechnical and Geological Engineering, 38, 3807–3821. https://doi.org/10.1007/s10706-020-01371-w. {in English}

26. Herrera, G., Fernández, J. A., Tomás, R., Cooksley, G., & Mulas, J. (2013). Monitoring an earthfill dam using differential SAR interferometry: La Pedrera dam, Alicante, Spain. Engineering Geology, 157, 21–32. https://doi.org/10.1016/j.enggeo.2013.01.022. {in English}

27. Chen, Y., Zhang, J., & Li, Z. (2022). Internal deformation monitoring for earth-rockfill dam via high-precision flexible pipeline measurements. Automation in Construction, 136, 104177. https://doi.org/10.1016/j.autcon.2022.104177. {in English}

28. Pytharouli, S., Stiros, S., & Kontoes, C. (2018). Displacements study of an earth fill dam based on high precision geodetic monitoring and numerical modeling. Sensors, 18(5), 1369. https://doi.org/10.3390/s18051369. {in English}

29. Pedro A.M.G., Santos P. D., Santos L.A., Coelho P. Sources of uncertainty in bender element testing: execution and interpretation challenges in reconstituted sandy soils. Geotechnics, - 2025 - Vol. 5, Iss. 2. - Art. no. 39. https://doi.org/10.3390/geotechnics5020039. {in English}

30. Pereira C., Cardoso R., Maranha J., Maranha das Neves E. Sources of uncertainty in bender element testing: execution and interpretation challenges in reconstituted sandy soils. Geotechnics. 2025. Vol. 5, No. 2. Art. 39. https://doi.org/10.3390/geotechnics5020039. {in English}.

DOI: 10.32347/2076-815x.2026.93.325-340
УДК 711.4:316.6

к.т.н., доцент **Білошицька Н.І.,**
beloshitska@snu.edu.ua, ORCID: 0000-0002-8840-2885,
к.т.н., доцент **Білошицький М.В.,**
beloshicky@snu.edu.ua, ORCID: 0000-0002-9935-4161,
к.т.н., доцент **Уваров П.Є.,**
uvarov@snu.edu.ua, ORCID: 0000-0002-5660-6859,
Татарченко З.С.,
tatarchenkoz@snu.edu.ua, ORCID: 0000-0003-4632-1363,
Східноукраїнський національний університет імені Володимира Даля

ПУБЛІЧНИЙ ПРОСТІР ЯК ЧИННИК ФОРМУВАННЯ СОЦІАЛЬНОЇ ЗГУРТОВАНОСТІ В УМОВАХ УРБАНІЗАЦІЇ

Розглянуто роль публічного простору як стратегічного ресурсу відтворення соціального капіталу та чинника формування соціальної згуртованості населення в умовах сучасних урбанізаційних процесів. Узагальнено історичні та концептуальні підходи до публічних просторів від античних агор і форумів до сучасного «третього місця». Систематизовано функції публічного простору (політичну, соціально-інклюзивну, комунікативну, економічну, рекреаційну, пізнавальну, транзитну) та запропоновано класифікацію відкритих публічних просторів за функціональним призначенням, масштабом, характером просторової організації, ландшафтною організацією та рівнем урбаністичної трансформації. Проаналізовано міжнародні підходи до оцінювання якості публічних просторів (UN-Habitat, Jan Gehl, Project for Public Spaces) та обґрунтовано модель взаємодії публічних просторів і соціальної згуртованості населення з принципом зворотного зв'язку. Окреслено ключові принципи формування інклюзивних публічних просторів – інклюзивність, багатофункціональність, комфортність і безпека, контекстуальність, доступність і гнучкість.

Ключові слова: публічний простір; соціальна згуртованість; інклюзивність; безбар'єрне середовище; ревіталізація; «третє місце»; міське середовище; якість публічних просторів.

Постановка проблеми. Публічний простір сьогодні перестає бути просто елементом міського ландшафту чи транзитною зоною; він трансформується у стратегічний ресурс відтворення соціального капіталу. Публічні простори відіграють ключову роль у формуванні соціально орієнтованого міського середовища та виступають важливим інструментом розвитку громадської

комунікації. Вони забезпечують не лише можливості для безпосередньої фізичної взаємодії між людьми, а й формують загальне середовище, в якому люди можуть розвивати свої здібності до спілкування, співпраці та взаєморозуміння у суспільстві.

У свою чергу, соціальна згуртованість – це міцність зв'язків як між людьми у суспільстві, так і здатність суспільства чи громади в цілому жити в єдності, спираючись на довіру, взаємоповагу та спільні цінності. Вона діє як «соціальний клей», що міцно пов'язує людей різного походження задля спільної мети

Особливої актуальності набуває питання формування публічних просторів на засадах інклюзивності, доступності та багатофункціональності. Публічні простори є не лише фізичними зонами для відпочинку чи транзиту – вони становлять основу соціальної згуртованості, комунікації й зміцнення відчуття спільноти у містах [1, 2]. Це особливі території, що стимулюють міжособистісні контакти, сприяють інклюзивності, демократії та формують соціальні зв'язки у повсякденному житті. У контексті повоєнного відновлення України ця проблематика набуває особливого значення, оскільки якісно організовані публічні простори можуть стати дієвим інструментом відновлення соціальних зв'язків, формування локальної ідентичності та підвищення якості життя населення.

Аналіз попередніх досліджень. Сутність публічних просторів корениться в історичних формах громадських місць (агори, форуми), де відбувалася активна соціальна взаємодія.

Серед дослідників, які вибудовують свої концепції на дихотомії «приватне – публічне», необхідно виділити філософа Ханну Арендт [3, 4] та соціолога Річарда Сеннета [5]. Їхні роботи, присвячені докладному аналізу міських публічних просторів, на сьогоднішній день вважаються найавторитетнішими. Погляди Х. Арендт і Р. Сеннета сходяться у питаннях повного або часткового зникнення публічної сфери шляхом стирання кордонів між громадським та приватним життям городян, даний процес оцінюється як негативний. Відповідно до цієї точки зору публічні простори у сучасних містах мали повністю зникнути, але реалії громадського життя свідчать про протилежне. Зрозуміло, ця трансформація громадської сфери вимагає нового методу її розгляду.

Поняття «третє місце» використовується в літературі як синонім громадського чи публічного простору. Першим місцем називається будинок і його мешканці, другим місцем є робочий простір, де люди проводять більшу частину свого часу. Роль «третього місця» полягає у сприянні широкій та

творчій взаємодії людей, становленні та розвитку як окремої людини, так і здорового громадянського суспільства в цілому.

Процес виникнення «третіх місць» – лише поодинокий випадок наповнення міської культури безліччю громадських зв'язків, які не укладаються в концепцію жорсткого поділу сфер на публічну та приватну.

На думку соціолога Дж. Уррі у тому, що у сучасному міському середовищі приватне проникає у громадське досить глибоко [6]. І цей процес призводить до того, що спроби дослідників знайти межі між сферами стають безглуздими. Ключове поняття робіт Дж. Уррі – категорія «мобільності» як основна характеристика сучасного суспільства. Мобільність – це стан громадського життя і в той же час система, яка дозволяє цей стан підтримувати. У сучасному житті мобільно все, і найбільш явно мобільність проявляється у містах.

У другій половині XX ст. особливу роль у переструктуруванні публічних просторів відіграли засоби масової комунікації, насамперед радіо та телебачення. Проведена промислова та черговий етап науково-технічної революції зуміли за кілька десятиліть наповнити життя новими соціальними та культурними практиками масового споживання: телебачення стало доступним, а різноманітні інформаційно-комунікативні форми (телефон, друковані ЗМІ та ін.) замінили треті місця.

Сучасні аспекти ролі публічних територій у подоланні соціальної ексклюзії та реалізації права на місто висвітлено у роботах [7-9].

Вагомий внесок у вивчення українського контексту розвитку публічних просторів зробили вітчизняні науковці [Г. Підгрушний, С. Лукін, М. Габрель, О. Криворученко, О. Овсянкін, С. Носаль, Л. Шевченко, Н. Новосельчук та ін.]. Зокрема, у працях Г. Підгрушного розкрито суспільно-географічні засади розвитку міських систем та обґрунтовано роль міського середовища як чинника соціально-економічних процесів, що безпосередньо пов'язані з функціонуванням публічних просторів [10].

У роботі [11] зроблено акцент на трансформації поняття «публічний простір міста» та проаналізовано його функціональні аспекти й основні тенденції розвитку на сучасному етапі.

Архітектурно-планувальні аспекти організації публічних просторів розглядаються у працях М. Габреля, де обґрунтовуються принципи формування комфортного міського середовища, орієнтованого на потреби людини, з урахуванням соціальних, функціональних та естетичних чинників [12].

Питання інклюзивності та доступності міського середовища активно досліджуються у роботах сучасних українських науковців, зокрема О. Криворучко, яка аналізує методичні підходи до оцінювання якості публічних

просторів та їх відповідності потребам різних соціальних груп [13]. У свою чергу, дослідження [14] присвячені формуванню інклюзивного міського середовища на засадах універсального дизайну та безбар'єрності.

Окрему увагу приділено дослідженням ревіталізації міських територій і ролі публічних просторів у цьому процесі. Зокрема, у роботі [15] розглядаються підходи до переосмислення постіндустріальних територій як нових центрів соціальної активності та комунікації відновлення з можливістю створення ландшафтних об'єктів.

Аналіз сучасних наукових джерел свідчить про значну увагу українських дослідників до проблем формування публічних просторів як інструменту соціальної інтеграції, підвищення якості міського середовища та розвитку громадянського суспільства. Водночас недостатньо розробленими залишаються питання комплексного впливу публічних просторів на формування соціальної згуртованості в умовах сучасних урбанізаційних перетворень, що зумовлює актуальність подальших наукових досліджень у цьому напрямі.

Метою роботи є теоретичне обґрунтування та визначення ролі публічного простору як чинника формування соціальної згуртованості населення в умовах сучасних урбанізаційних процесів, а також основних принципів його ефективної організації з урахуванням інклюзивності, доступності та багатофункціональності міського середовища.

Виклад основного змісту матеріалу. Класична схема опису громадських відносин, де приватна сфера стосується всього, що не стосується громадської, наповнюється новими видами взаємодій. Наприклад, крім спілкування у родинному колі та зустрічей з незнайомцями життя городянина збагачується зв'язками, які не вписуються у представлені концепції [4, 5].

Сьогодні публічні простори стають основним середовищем мешканців міста, «третім місцем», де вони проводять час між роботою та будинком. Це одночасно і територія спілкування, і зона відпочинку, і місце роботи, ведення переговорів та створення експозицій.

Основними ознаками публічного простору є пішохідна доступність і надмірність запропонованих можливостей [2].

Публічному простору притаманні свої особливі функції [16, 17]:

– політична – реалізується через формування простору для участі громадян у політичних процесах та вільного формування громадської думки. Дана функція передбачає, що публічні простори передусім є просторами репрезентації та політичної боротьби громадян за свої права з особами, які наділені владою та реалізують її в просторі міста;

– соціально-інклюзивна – реалізується через взаємодію людей один з одним та владою для повсякденної соціальної активності. Ключовим є акцент

на інклюзивній організації міського простору з метою активного використання вулиць, тротуарів, площ, парків та інших публічних просторів (табл. 1);

– комунікативна – розглядає механізм спілкування з будь-якими людьми, які не живуть з нами в одному будинку і не працюють в одному офісі (хоча за бажання ми і з ними можемо спілкуватися в публічному просторі – наприклад, вирушивши після роботи на прогулянку);

– економічна – розглядає механізми для створення нових та розвитку вже існуючих публічних просторів міста;

– рекреаційна – функція, спрямована на відпочинок та відновлення (парки, сади, пляжі) – будь-які місця, де можна припинити діяльність та пересування, є можливість відчути фізичний комфорт, є хоча б мінімальна естетична складова та елементи живої природи;

– пізнавальна – виступає як інструмент збереження історико-культурних та національних ансамблів. Може формуватися штучно і бути специфічною (музейний простір, інформаційні стенди), або обумовленою характеристиками самого простору;

– пересування (транзитна) – функція, яку мимоволі має практично будь-яка вулиця та дорога, пристосована для маломобільних груп населення без елементів, що ускладнюють рух, та з доступом до різних видів транспорту.

Таблиця 1

Ключові принципи створення інклюзивних публічних просторів

Принцип	Значення для інтеграції	Приклад реалізації
Інклюзивність	забезпечує рівний доступ для всіх верств населення	дизайн, що враховує маломобільність, вікові групи
Багатофункціональність	простір підтримує різні види діяльності й взаємодій	парки з зонами відпочинку та активного дозвілля
Комфортність і безпека	створює умови для тривалого перебування та довіри	освітлення, місця для сидіння, озеленення
Контекстуальність та історичність	пов'язує сучасні потреби із культурною спадщиною	реконструкція історичних площ
Доступність і гнучкість	зменшує просторові та психосоціальні бар'єри	широкі тротуари, безперешкодний доступ

У міжнародній практиці застосовуються критерії, за якими оцінюється якість публічних просторів (табл. 2).

Всі публічні простори пропонується розділити на відкриті, що є частиною міського ландшафту, і закриті, розташовані всередині будівель або на ізольованих територіях (у тому числі так звані арт-кластери, які мають точковий характер і не впливають на зміну міського середовища в цілому).

Таблиця 2

Критерії якості публічних просторів (міжнародні підходи)

Критерій якості	Підхід UN-Habitat [19]	Підхід Jan Gehl [18]	Підхід PPS [20]	Основні показники оцінювання
Доступність	Простір має бути доступним для всіх соціальних груп	Пріоритет пішоходів і велосипедистів	Легкість доступу та видимість	пішохідна доступність (5-10 хв), безбар'єрність, транспортна доступність
Комфорт і безпека	Безпечне та комфортне середовище	Захист від транспорту, шуму, погодних умов	Відчуття безпеки та привабливості	освітлення, оглядовість, якість покриття, захист від вітру та сонця
Функціональна різноманітність	Мультифункціональність простору	Підтримка різних типів активностей	Різноманіття використання	рекреація, відпочинок, торгівля, культурні події
Соціальна інтеракція	Простір для взаємодії громади	Соціальна активність людей	«Місце для людей»	наявність місць для сидіння, зустрічей, громадських подій
Естетична привабливість	Якість міського середовища	Людиномасштабний дизайн	Візуальна привабливість	ландшафтний дизайн, озеленення, архітектурна композиція
Екологічність	Зелені зони та екологічна сталість	Комфортний мікроклімат	Стале використання ресурсів	озеленення, водні елементи, зниження теплового острова
Активність та життєвість	Простір має стимулювати активність	«Життя між будівлями»	Соціальна динаміка	кількість людей, тривалість перебування, події

Міські відкриті публічні (громадські) простори класифікуються за ознаками, представленими у табл. 3.

Таблиця 3

Класифікація міських відкритих публічних просторів

Класифікаційні ознаки	Типи публічних просторів	Приклади в Україні	Приклади у світі
1	**2**	**3**	**4**
За функціональним призначенням	Площі (громадські центри міста)	Майдан Незалежності (Київ), Площа Ринок (Львів), Соборна площа (Одеса)	Piazza del Duomo (Мілан), Trafalgar Square (Лондон), Times Square (Нью-Йорк)
	Парки загальноміського значення	Маріїнський парк (Київ), Парк ім. Шевченка (Харків), Стрийський парк (Львів)	Central Park (Нью-Йорк), Hyde Park (Лондон), Tiergarten (Берлін)
	Сквери	Сквер Небесної Сотні (Київ), Сквер на вул. Вірменській (Львів)	Bryant Park (Нью-Йорк), Place des Vosges (Париж)
	Набережні та рекреаційні зони	Дніпровська набережна (Київ), Набережна Дніпра (Дніпро)	Promenade des Anglais (Ніцца), Bund Waterfront (Шанхай)
За масштабом використання	Загальноміські громадські простори	Контрактова площа (Київ), Площа Свободи (Харків)	Alexanderplatz (Берлін), Plaza Mayor (Мадрид)
	Районні громадські простори	парк «Перемога» (Київ), Центральний парк (Харків)	Parc Montsouris (Париж), Prospect Park (Нью-Йорк)
	Локальні (квартальні) простори	дворові сквери у Львові, прибудинкові площі Києва	Neighborhood plazas у Барселоні, pocket parks у Токіо
За характером просторової організації	Пішохідні вулиці	вул. Дерибасівська (Одеса), вул. Сагайдачного (Київ)	La Rambla (Барселона), Strøget (Копенгаген)
	Пішохідні бульвари	бульвар Шевченка (Київ), Французький бульвар (Одеса)	Champs-Élysées (Париж), Las Ramblas (Барселона)
	Міські площі відкритого типу	Європейська площа (Київ), Площа Міцкевича (Львів)	Piazza San Marco (Венеція)
За ландшафтною організацією	Ландшафтні парки	Феофанія (Київ), парк «Софіївка» (Умань)	Keukenhof (Нідерланди), Englischer Garten (Мюнхен)
	Екопарки та	Національний парк	High Line Park (Нью-

Класифікаційні ознаки	Типи публічних просторів	Приклади в Україні	Приклади у світі
1	**2**	**3**	**4**
	природні рекреаційні території	«Голосіївський» (Київ)	Йорк), Gardens by the Bay (Сінгапур)
За характером використання	Культурно-подієві простори	Софійська площа (Київ), Площа Свободи (Харків)	Federation Square (Мельбурн), Potsdamer Platz (Берлін)
	Рекреаційні простори	парк Наталка (Київ), Парк культури (Львів)	Millennium Park (Чикаго), Ueno Park (Токіо)
	Туристичні простори	Андріївський узвіз (Київ), Старе місто (Львів)	Grand Canal waterfront (Венеція), Old Town Square (Прага)
За рівнем урбаністичної трансформації	Ревіталізовані громадські простори	Промприлад. Реновація (Івано-Франківськ), ВДНГ (Київ)	HafenCity (Гамбург), King's Cross redevelopment (Лондон)
	Тимчасові або тактичні урбаністичні простори	тимчасові пішохідні зони Києва, урбан-парки	Times Square pedestrianization (Нью-Йорк), Paris Plages (Париж)

Міжнародна практика демонструє, що найбільш успішні міські публічні простори мають такі характеристики:

– мультифункціональність (поєднання рекреаційних, культурних і транспортних функцій);

– висока доступність для пішоходів;

– інтеграція зелених та блакитних інфраструктур;

– можливість адаптації до різних соціальних активностей;

– орієнтація на принципи сталого розвитку.

Усі відкриті простори, в свою чергу, розділяються на дві категорії:

– урбаністичні, призначені переважно для публічного використання (площі, пішохідні вулиці);

– «зелені», які традиційно використовуються як приватні зони (парки, сквери, бульвари), але в останнє десятиліття активно набувають статусу публічних просторів.

Проміжними зонами між урбаністичними та «зеленими» громадськими просторами є набережні, що поєднують функції загальноміських променадів та парків лінійного типу, а також міські пляжі.

Публічні простори можна класифікувати за територіальною ознакою:

– центральні (загальноміські), до яких належать площі, парки, пішохідні простори, набережні;

– периферійні (районного значення), у якості яких розглядаються площі перед кінотеатрами, сквери, зелені зони.

Крім просторового чинника у класифікацію публічних просторів пропонується включити соціополітичний чинник, зважаючи на те, що основною характеристикою публічного простору є можливість комунікації, в тому числі управління масовою свідомістю. З огляду на цей чинник громадські простори можна розділити на:

– тоталітарні, що виключають або ускладнюють можливість комунікацій (діалог соціуму та держави): римські форуми, площа Станіслава Лещинського (м. Нансі, Франція), площа Тяньаньмень (Пекін, КНР), палацово-паркові комплекси абсолютизму – Версаль, Шенбрунн, Хофбург тощо;

– демократичні, у яких комунікації відіграють головну роль: грецькі поліси, агори, площі перед ратушами в містах-республіках, Монмартр (Париж, Франція), Гайд-парк, Кенсінгтонські сади (Лондон, Велика Британія), Роджерс-парк (Чикаго, США), Люксембурзький сад та Булонський ліс (Париж, Франція), паркова зона Пратер (Відень, Австрія) тощо.

В Україні протягом останнього десятиліття спостерігається активний розвиток нових моделей громадських просторів, зокрема через програми ревіталізації промислових територій, створення урбан-парків, реконструкцію набережних та історичних площ (табл. 4, рис. 1).

Таблиця 4

Типи публічних просторів в українських містах

Категорія простору	Функції інтеграції	Приклади в Україні
Парки та сквери	Соціальні зустрічі, відпочинок	Маріїнський парк (Київ)
Міські площі	Масові зібрання, культурні події	Поштова площа (Київ)
Ботанічні сади	Освітні та рекреаційні функції	Ботанічний сад ім. акад. О.В. Фоміна (Київ) – функції багатофункціонального публічного простору
Ревіталізовані індустріальні простори	Креативні зони та простори для гуртування	Творчі кластери (Львів, Одеса)

В Україні значна частина публічних просторів має потенціал для підвищення соціальної інтеграції, але потребує інклюзивного дизайну, безбар'єрності та різноманітних активностей.



Рис. 1.Типи публічних просторів в українських містах: а – Маріїнський парк (Київ) [21]; б – Поштова площа (Київ) [21]; в – ботанічний сад ім. акад. О.В. Фоміна (Київ) [21]; г – гастропростір на території колишнього трамвайного депо (Львів) [22]

Запропоновано модель, яка відображає системний взаємозв'язок між якістю міських громадських просторів та рівнем соціальної інтеграції населення (рис. 2). У сучасній урбаністиці публічні простори розглядаються не лише як фізичні території, а як соціальні платформи для взаємодії, формування довіри та розвитку місцевих спільнот.



Рис. 2. Модель взаємодії громадських просторів та соціальної згуртованості населення (розроблено авторами)

У лівій частині схеми показано типи міських відкритих публічних просторів, які формують середовище для соціальної активності населення:

площі та міські парки, пішохідні вулиці, сквери та набережні, урбан-парки та рекреаційні зони. Ці простори є ключовими елементами міської соціальної інфраструктури, оскільки забезпечують умови для відпочинку, культурних подій, спілкування та громадської активності.

Важливою передумовою ефективності публічних просторів є їх якість, що визначається такими характеристиками:

– доступність (зручність доступу до публічного простору пішки, громадським транспортом, велосипедом та іншими видами сталої мобільності);

– комфортність (наявність благоустрою, озеленення, безпеки);

– різноманітність функцій (можливість різних форм активності населення).

Центральним елементом моделі є взаємодія у публічному просторі, яка виникає у процесі використання цих територій мешканцями міста. Саме взаємодія виступає механізмом формування соціального капіталу.

У моделі показано основні форми соціальної згуртованості:

– спілкування між різними соціальними групами;

– колективні активності (культурні заходи, фестивалі, спортивні події);

– спільні цінності та норми співжиття;

– локальна ідентичність та відчуття приналежності до місця;

– спільні інтереси та практики використання простору.

У правій частині схеми представлено результати впливу якісних публічних просторів на соціальну згуртованість населення. До ключових ефектів належать:

– громадська згуртованість – формування стійких соціальних зв'язків між мешканцями;

– інклюзія та рівність – можливість використання простору різними соціальними групами;

– відчуття безпеки та довіри;

– громадська активність та участь у житті міста.

Результатом цих процесів є єдність спільноти, що проявляється у розвитку соціальних зв'язків, взаємній підтримці мешканців та формуванні спільної міської ідентичності.

Модель підкреслює двосторонній характер взаємодії між публічним простором та міською спільнотою. Якісно організовані публічні простори стимулюють соціальну активність, комунікацію та культурний розвиток міста. Активні мешканці беруть участь у формуванні та розвитку публічних просторів через громадські ініціативи, партисипативне планування та участь у проєктах ревіталізації територій. Таким чином, формується постійний цикл розвитку міського середовища, де громада та простір взаємно підсилюють один одного.

Запропонована модель демонструє, що публічні простори є важливим інструментом соціальної інтеграції та формування сталих міських спільнот. Їх розвиток повинен враховувати не лише просторові або функціональні характеристики, а й соціальні аспекти використання міського середовища.

В умовах сучасних трансформацій міст, зокрема післявоєнного відновлення України, розвиток якісних публічних просторів може стати важливим фактором відновлення соціальних зв'язків, формування локальної ідентичності та підвищення якості життя населення.

Висновки: На основі проведеного теоретико-методологічного аналізу ролі публічного простору як чинника формування соціальної згуртованості в умовах урбанізації обґрунтовано низку положень, що мають як концептуальне, так і прикладне значення для вітчизняної містобудівної практики.

Публічний простір у сучасних умовах урбанізації змінює свій статус і перетворюється з елемента міського ландшафту чи транзитної зони на стратегічний ресурс відтворення соціального капіталу та основну платформу формування громадянського суспільства. Концепція «третього місця» між будинком і роботою набуває особливого значення в умовах цифровізації, віддаленої зайнятості та зростаючого дефіциту живого спілкування, а сам публічний простір виконує одночасно інтеграційну, рекреаційну, комунікативну та політичну функції.

Таким чином, публічні простори слід розглядати не як другорядний елемент благоустрою території, а як стратегічний інструмент сталого міського розвитку, соціальної інтеграції та формування згуртованих міських спільнот. Інвестиції у якість публічних просторів дають мультиплікативний ефект – економічний, соціальний, екологічний та культурний – і мають стати пріоритетним напрямом муніципальної політики українських міст.

Література

1. Sezer C. Visibility, democratic public space and socially inclusive cities // A+BE: Architecture and the Built Environment. 2020. Vol. 10, № 04. 202 p. https://doi.org/10.7480/abe.2020.16.4604

2. Qi J., Mazumdar S., Vasconcelos A.C. Understanding the Relationship between Urban Public Space and Social Cohesion: A Systematic Review // International Journal of Community Well-Being. 2024. P. 155–212. https://link.springer.com/article/10.1007/s42413-024-00204-5

3. Jansson I., Wagman P. Hannah Arendt's vita activa: A valuable contribution to occupational science // Journal of Occupational Science. 2017. 24(3). P. 1–12. https://doi.org/10.1080/14427591.2016.1277780

4. Arendt H. The Human Condition. Chicago: University of Chicago Press, 1958. 349 p.

5. Sennett R. The Fall of Public Man. New York: W.W. Norton & Company, 1977. 373 p.

6. Urry J. Sociology beyond Societies: Mobilities for the Twenty-First Century. London: Routledge, 2000. 268 p. https://doi.org/10.2307/1318589

7. Low S. Public Space and Social Justice. The Oxford Handbook of Urban Planning / ed. by R. Weber, R. Crane. Oxford: Oxford University Press, 2012. P. 671–692. https://doi.org/10.1093/oxfordhb/9780195374995.001.0001

8. Mitchell D. The Right to the City: Social Justice and the Fight for Public Space. New York: Guilford Press, 2003. 270 p.

9. Білошицька Н.І., Білошицький М.В., Татарченко З.С., Медвідь І.І. Аналіз комфортності прибудинкових територій різних типів забудови у м. Сєвєродонецьк // Вісник СНУ ім. В. Даля. 2019. Вип. 8 (256). С. 23-29.

10. Підгрушний Г.П. Міста України: теоретико-методологічні основи суспільно-географічного дослідження. Київ: Сталь, 2009. 301 с.

11. Лукін С.Ю. Публічний простір міста як інструмент вивчення емпіричного прояву трансформаційних змін суспільства // Теорія та історія державного управління. 2019. Вип. 2 (56). С. 47–51.

12. Габрель М.М. Просторова організація містобудівних систем: монографія. К.: Видав. дім А.С.С., 2004. 400 с.

13. Криворучко О. Методи та засоби дослідження громадських просторів // Містобудування та територіальне планування. 2024. № 85. С. 277–285. https://doi.org/10.32347/2076-815x.2024.85.277-285

14. Овсянкін О., Носаль С. Інклюзивні ініціативи з міського планування // Просторовий розвиток. 2024. № 8. С. 111–129. https://doi.org/10.32347/2786-7269.2024.8.111-129

15. Шевченко Л.С., Новосельчук Н.Є. Ревіталізація постіндустріальних територій у контексті формування публічних просторів // Містобудування та територіальне планування. 2023. № 84. С. 424–434. https://doi.org/10.32347/2076-815x.2023.84.424-434

16. Лукін С.Ю. Функції публічного простору у процесах суспільного розвитку // Публічне управління та митне адміністрування. 2020. № 1 (24). С. 45–50.

17. Войко Н.Ю. Типологія міських відкритих громадських просторів // Містобудування та територіальне планування: наук.-техн. зб. К.: КНУБА, 2019. Вип. 69. С. 33–44.

18. Gehl J. Cities for People. Washington, DC: Island Press, 2010. 269 p.

19. UN-Habitat. 11.7 Public space. URL: https://unhabitat.org/11-7-public-space

20. Project for Public Spaces (PPS). What Makes a Successful Place? URL: https://www.pps.org/article/grplacefeat

21. Київфото. URL: https://kiev-foto.info/uk

22. У Львові відкриють перший ринок їжі. Які заклади там будуть. URL: https://tvoemisto.tv/uk/news/4034-u-lvovi-vidkryyut-pershyy-rynok-yizhi-yaki-zaklady-tam-budut

Ph.D., Associate Professor **Biloshytska Nataliia,**
Ph.D., Associate Professor **Biloshytskyi Mykola,**
Ph.D., Associate Professor **Uvarov Pavlo, Tatarchenko Zakhar,**
Volodymyr Dahl East Ukrainian National University

PUBLIC SPACE AS A FACTOR OF SOCIAL COHESION FORMATION UNDER URBANIZATION CONDITIONS

The article examines the role of public space as a strategic resource for the reproduction of social capital and a factor in the formation of social cohesion of the population in the context of modern urbanization processes. According to UN forecasts, by 2050 about 68–70% of the world's population will live in cities, which leads to a fundamental transformation of social interactions in the urban environment.

The historical and conceptual approaches to public spaces are summarized – from ancient agoras and forums to the modern «third place» between home and work. The functions of public space (political, socially inclusive, communicative, economic, recreational, cognitive, transit) are systematized, and a classification of open public spaces is proposed according to functional purpose, scale of use, nature of spatial organization, landscape organization, and level of urban transformation.

International approaches to assessing the quality of public spaces (UN-Habitat, Jan Gehl, Project for Public Spaces) are analyzed. Seven key quality criteria are identified: accessibility, comfort and safety, functional diversity, social interaction, aesthetic attractiveness, environmental friendliness, activity and vitality. The UN-Habitat normative requirement of 10-minute pedestrian accessibility of public space for every city resident is highlighted as a universal quantitative indicator.

A model of interaction between public spaces and social integration of the population with feedback principle is substantiated. The model demonstrates the two-way nature of this process: high-quality public spaces stimulate social activity and communication, while active residents participate in the formation and development of public spaces through community initiatives, participatory planning, and revitalization projects.

The key principles of forming inclusive public spaces are outlined: inclusiveness, multifunctionality, comfort and safety, contextuality, accessibility and flexibility. In the conditions of post-war reconstruction of Ukraine, the development of high-quality public spaces becomes a particularly important factor of social and architectural-urban planning significance – it serves as an effective tool for restoring social ties between internally displaced persons and host communities, forming a new local identity for rebuilt or destroyed cities, and psychological rehabilitation of the population.

Therefore, public spaces should be considered not as a secondary element of territorial improvement, but as a strategic instrument of sustainable urban development, social integration, and the formation of cohesive urban communities. Investments in the quality of public spaces produce a multiplicative effect – economic, social, ecological, and cultural – and should become a priority direction of municipal policy of Ukrainian cities.

Keywords: public space; social cohesion; inclusiveness; barrier-free environment; revitalization; «third place»; urban environment; quality of public spaces.

REFERENCES

1. Sezer, C. (2020). Visibility, democratic public space and socially inclusive cities. A+BE: Architecture and the Built Environment, 10(04), 202 p. DOI: https://doi.org/10.7480/abe.2020.16.4604 {in English}

2. Qi, J., Mazumdar, S., & Vasconcelos, A.C. (2024). Understanding the Relationship between Urban Public Space and Social Cohesion: A Systematic Review. International Journal of Community Well-Being, 155–212. {in English}

3. Jansson, I., & Wagman, P. (2017). Hannah Arendt's vita activa: A valuable contribution to occupational science. Journal of Occupational Science, 24(3), 1–12. https://doi.org/10.1080/14427591.2016.1277780 {in English}

4. Arendt, H. (1958). The Human Condition. Chicago: University of Chicago Press, 349 p. {in English}

5. Sennett, R. (1977). The Fall of Public Man. New York: W.W. Norton & Company, 373 p. {in English}

6. Urry, J. (2000). Sociology beyond Societies: Mobilities for the Twenty-First Century. London: Routledge, 268 p. {in English}

7. Low, S. (2012). Public Space and Social Justice. The Oxford Handbook of Urban Planning / ed. by R. Weber, R. Crane. Oxford: Oxford University Press, 671–692. https://doi.org/10.1093/oxfordhb/9780195374995.001.0001 {in English}

8. Mitchell, D. (2003). The Right to the City: Social Justice and the Fight for Public Space. New York: Guilford Press, 270 p. {in English}

9. Biloshytska N.I., Biloshytskyi M.V., Tatarchenko Z.S., Medvid I.I. Analiz komfortnosti prybudynkovykh terytorii riznykh typiv zabudovy u m. Sievierodonetsk // Visnyk SNU im. V. Dalia. 2019. Vyp. 8 (256). S. 23-29. {in Ukrainian}

10. Pidhrushnyi, H.P. (2009). Mista Ukrainy: teoretyko-metodolohichni osnovy suspilno-heohrafichnoho doslidzhennia. Kyiv: Stal, 301 s. {in Ukrainian}

11. Lukin, S.Yu. (2019). Publichnyi prostir mista yak instrument vyvchennia empirychnoho proiavu transformatsiinykh zmin suspilstva. Teoriia ta istoriia derzhavnoho upravlinnia, 2 (56), 47–51. {in Ukrainian}

12. Habrel, M.M. (2004). Prostorova orhanizatsiia mistobudivnykh system: monohrafiia. Kyiv: Vydav. dim A.S.S., 400 s. {in Ukrainian}

13. Kryvoruchko, O. (2024). Metody ta zasoby doslidzhennia hromadskykh prostoriv. Mistobuduvannia ta terytorialne planuvannia, 85, 277–285. https://doi.org/10.32347/2076-815x.2024.85.277-285 {in Ukrainian}

14. Ovsiankin, O., & Nosal, S. (2024). Inkliuzyvni initsiatyvy z miskoho planuvannia. Prostorovyi rozvytok, 8, 111–129. https://doi.org/10.32347/2786-7269.2024.8.111-129 {in Ukrainian}

15. Shevchenko, L.S., & Novoselchuk, N.Ye. (2023). Revitalizatsiia postindustrialnykh terytorii u konteksti formuvannia publichnykh prostoriv. Mistobuduvannia ta terytorialne planuvannia, 84, 424–434. https://doi.org/10.32347/2076-815x.2023.84.424-434 {in Ukrainian}

16. Lukin, S.Yu. (2020). Funktsii publichnoho prostoru u protsesakh suspilnoho rozvytku. Publichne upravlinnia ta mytne administruvannia, 1 (24), 45–50. {in Ukrainian}

17. Voiko, N.Yu. (2019). Typolohiia miskykh vidkrytykh hromadskykh prostoriv. Mistobuduvannia ta terytorialne planuvannia, 69, 33–44. {in Ukrainian}

18. Gehl, J. (2010). Cities for People. Washington, DC: Island Press, 269 p. {in English}

19. UN-Habitat. 11.7 Public space. URL: https://unhabitat.org/11-7-public-space {in English}

20. Project for Public Spaces (PPS). What Makes a Successful Place? URL: https://www.pps.org/article/grplacefeat {in English}

21. Kyivfoto. URL: https://kiev-foto.info/uk {in Ukrainian}

22. U Lvovi vidkryiut pershyi rynok yizhi. Yaki zaklady tam budut. URL: https://tvoemisto.tv/uk/news/4034-u-lvovi-vidkryyut-pershyy-rynok-yizhi-yaki-zaklady-tam-budut {in Ukrainian}

DOI: 10.32347/2076-815x.2026.93.341-354
УДК 504.06:552.11:697.7

Войналович В.О.,
mail@voinalovych.com, ORCID: 0009-0009-1932-5204,
д.ек.н., професор **Предун К.М.,**
predun_km@knuba.edu.ua, ORCID: 0000-0002-2634-9310,
Київський національний університет будівництва і архітектури

НАТУРНА АПРОБАЦІЯ ВЕРТИКАЛЬНИХ ҐРУНТОВИХ ТЕПЛООБМІННИКІВ УСТАНОВКОЮ autoTRT ДЛЯ ОПТИМІЗАЦІЇ ПРОЄКТНИХ РІШЕНЬ ГЕОТЕРМАЛЬНОГО ПОЛЯ

Наведено результати натурної апробації вертикальних ґрунтових теплообмінників на діючому будівельному об'єкті в Бориспільському районі Київської області у 2025 році. Експериментальну частину дисертаційної роботи виконано із застосуванням автоматизованої установки autoTRT, яка створює керовані цикли відбору та підведення теплоти, синхронно реєструє температури, витрату й стани обладнання та формує дані для визначення ефективної теплопровідності ґрунту і термічного опору свердловини. Для порівняння випробувано чотири зонди, вибрані з діючого геотермального поля на 140 свердловин, спорудженого у 2021 році, і чотири нові зонди активною глибиною 80 м. Нові зонди виконано зі спеціалізованим морозостійким тампонажем із заявленою теплопровідністю 1,47 Вт/(м·К), подаванням суміші знизу вгору та фіксованою відстанню між гілками U-труби; для існуючих зондів реверсивною оцінкою встановлено бентонітове заповнення з теплопровідністю близько 0,60 Вт/(м·К). Середні оцінки теплопровідності ґрунту для двох серій становили 2,396 і 2,471 Вт/(м·К), що підтвердило порівнюваність геологічних умов. Натомість середній ефективний термічний опір існуючих зондів дорівнював 0,253 м·К/Вт, а нових — 0,085 м·К/Вт. Його зниження на 66,6 % відповідає майже триразовому покращенню теплопередачі через конструкцію свердловини. Наукова новизна полягає у внутрішньомайданчиковому порівнянні зондів різного віку та конструкції з подальшим передаванням натурно визначених параметрів у модель реального геотермального поля. За незмінних розрахункових навантажень і допустимих температур теплоносія проєктну кількість нових зондів скорочено на 35 %, що пропорційно зменшило сумарну довжину буріння та бюджет будівництва.

Ключові слова: autoTRT; натурна апробація; вертикальний ґрунтовий теплообмінник; тест теплового сприйняття; тампонаж; термічний опір свердловини; теплопровідність ґрунту; геотермальне поле.

Постановка проблеми

Проєктування геотермального поля часто спирається на довідкові характеристики ґрунтів і розрахунковий термічний опір типового свердловинного теплообмінника. Для потужних теплонасосних систем навіть помірне відхилення цих параметрів змінює потрібну сумарну довжину свердловин, температурний режим теплоносія та капітальні витрати [1–3, 19, 20]. Водночас теплова ефективність залежить не лише від геологічного середовища, а й від теплопровідності тампонажу, якості контакту зі стінкою свердловини, геометрії U-подібної труби та технології заповнення [4, 9, 10, 13]. Тому натурний тест теплового сприйняття, або Thermal Response Test (TRT), доцільно розглядати як засіб контролю системи «ґрунт — тампонаж — теплообмінник», а не лише як процедуру визначення властивостей ґрунту.

Особливо важливим є зіставлення теплообмінників, що вже працювали у складі реальної системи, з новими зондами контрольованої конструкції на тій самій ділянці. Така постановка зменшує вплив міжмайданчикової геологічної неоднорідності й дає змогу оцінити, наскільки будівельна технологія змінює термічний опір свердловини. Практично невирішеною частиною проблеми залишається перетворення результатів натурного випробування на верифіковані вхідні параметри довгострокової моделі, за якою можна обґрунтовано коригувати кількість свердловин і кошторис геотермального поля.

Аналіз останніх досліджень і публікацій

Методичну основу визначення теплопровідності ґрунту із застосуванням свердловинного теплообмінника задає ISO 17628:2015 [1], а вимоги до організації та інтерпретації TRT розвиває VDI 4640-5 [22]. Історичний розвиток методу та сучасні модифікації випробувань узагальнено у працях [14, 15]. Розрахунок і довгострокове моделювання полів вертикальних зондів розглянуто у працях [2–4, 11–13]. Достовірність результату залежить від стабільності теплового навантаження, точності температурної різниці, вибору часового інтервалу та коректності оберненої задачі [5–8, 16]. Загальні правила подання вимірювального результату з невизначеністю та перевірки нелінійних моделей визначено у JCGM 100 і JCGM 101 [17, 18].

Моделі термічного опору показують істотний вплив взаємного положення труб і властивостей тампонажу [9, 10, 13]. Водночас переважна частина опублікованих робіт аналізує окремий спеціально споруджений зонд або порівнює різні майданчики. Менш дослідженим є внутрішньомайданчикове порівняння експлуатованих і нових теплообмінників з подальшим використанням виміряних параметрів у проєкті, що реалізується. Нормативні огляди також засвідчують відмінності між національними практиками спорудження та контролю неглибоких геотермальних систем [21].

Актуальність і наукова новизна дослідження

Актуальність роботи зумовлена прямим зв'язком між достовірністю натурно визначених параметрів і матеріаломісткістю потужного геотермального поля. Завищення термічного опору призводить до надмірної кількості свердловин, а його необґрунтоване заниження — до ризику виходу температур теплоносія за допустимі межі протягом експлуатації. В обох випадках проєктне рішення формується без достатньої доказової основи.

Наукова новизна полягає у застосуванні порівняльного натурного експерименту на одному будівельному майданчику, де спільне геологічне середовище використано як природну контрольовану умову, а конструктивно-технологічний стан свердловини — як фактор порівняння. На відміну від оцінювання лише ефективної теплопровідності ґрунту, одночасно проаналізовано ефективний термічний опір свердловини, що відображає сукупний вплив тампонажу, геометрії труб і якості монтажу. Інноваційним елементом є замкнений ланцюг «натурний тест — валідація параметрів — довгострокова модель — проєктне рішення», за яким результат експерименту безпосередньо вплинув на конфігурацію поля, що проєктується.

Мета, завдання та методи дослідження

Метою роботи є натурне порівняння теплових характеристик існуючих і нових вертикальних ґрунтових теплообмінників на одній будівельній ділянці та оцінка впливу їх конструкції й тампонажу на проєктну ефективність геотермального поля. Завдання включали: організацію відтворюваних циклів autoTRT; визначення первинних оцінок ефективної теплопровідності ґрунту і термічного опору свердловин; зіставлення двох груп зондів; перевірку фізичної узгодженості результатів; передавання натурних параметрів у проєктну модель.

Застосовано порівняльний натурний експеримент, синхронну інструментальну реєстрацію температури й витрати, аналіз температурної реакції в логарифмічному часі, реверсивне оцінювання невідомих конструктивних параметрів існуючих свердловин та віртуальне моделювання геополя. Установка autoTRT — авторське позначення автоматизованого комплексу для керованого проведення TRT — забезпечувала однакову структуру вимірювальних циклів і часову узгодженість каналів. Програмно-аналітичний модуль оброблення застосовувався для формування первинних оцінок параметрів і контрольованих часових інтервалів; детальна методика його розрахунків є предметом окремого напряму дослідження.

Організація натурної апробації

Активні випробування проведено з 27 травня до 30 вересня 2025 року на ділянці складського комплексу в Бориспільському районі Київської області; опрацювання результатів і перевірка проєктного рішення тривали до вересня

2025 року. Із діючого геотермального поля, що містить 140 зондів, споруджених у 2021 році, для порівняльної серії вибрано чотири теплообмінники. На момент випробувань система пройшла щонайменше два опалювально-охолоджувальні сезони. Другу групу становили чотири нові зонди, споруджені під час підготовчого будівельного циклу; у звітах активних тестів зафіксовано 19 діб витримки тампонажу до початку дослідження.

Усі випробувані теплообмінники мали одинарну U-подібну конфігурацію з трубою 40×2,4 мм SDR 17, активну глибину 80 м і розрахунковий діаметр свердловини 160 мм. Теплоносієм був 23-відсотковий розчин монопропіленгліколю; дані реєстрували кожну 1 с. Для нових зондів застосовано заводський спеціалізований морозостійкий тампонаж із теплопровідністю 1,47 Вт/(м·К), заповненням по схему «знизу вгору» та дистанційними фіксаторами, які задавали сталу осьову відстань між трубами 75 мм. Для існуючих зондів реверсивною оцінкою встановлено застосування тампонажу у вигляді бентоніту із теплопровідністю близько 0,60 Вт/(м·К) та орієнтовну відстань між трубами 50 мм.

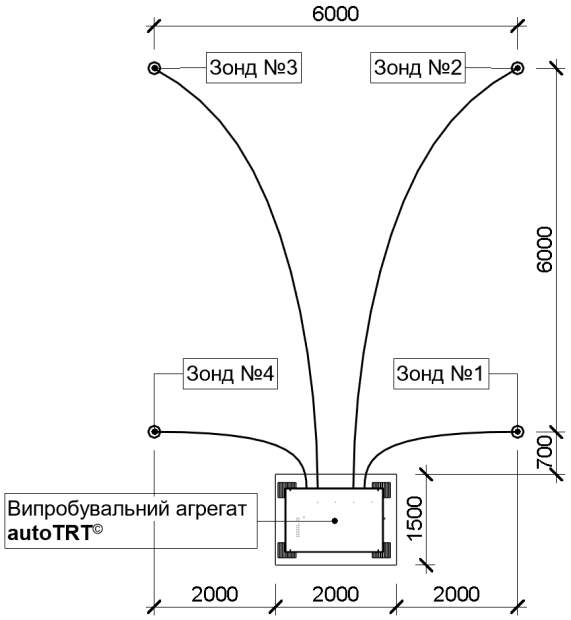


Рис. 1. Схема розміщення чотирьох нових зондів та установки autoTRT на дослідній ділянці (за матеріалами польового звіту)

Установка autoTRT містила повітряно-водяний тепловий насос, гідравлічний модуль, окремі циркуляційні контури, температурні датчики та ультразвуковий витратомір. Цикл включав гідравлічну підготовку, реєстрацію початкового температурного стану, активну фазу відбору теплоти, для нових зондів — також фазу підведення теплоти, та спостереження за відновленням температури. Тривалість активної реєстрації становила 55–60 год. Чергування режимів дало змогу контролювати повторюваність реакції контуру та

відокремити перехідну ділянку запуску від інтервалу, придатного для параметричного оцінювання.

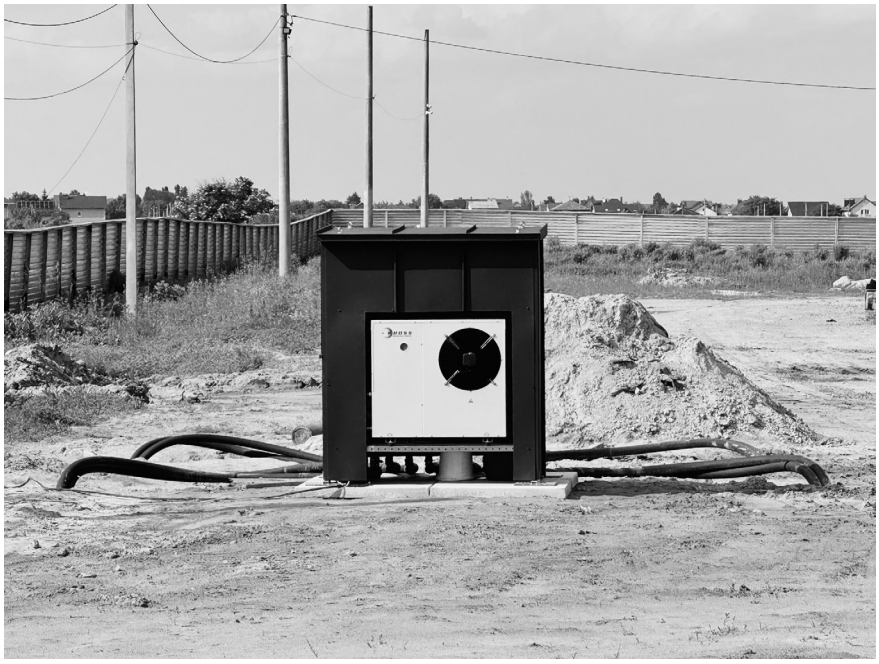


Рис. 2. Установка autoTRT під час натурної апробації в Київській області, 2025 р. (фото з матеріалів дослідження)

Таблиця 1.

Умови та конструктивні параметри двох серій випробувань

Параметр	**Існуючі зонди**	**Нові зонди**
Кількість випробуваних зондів	4	4
Статус	Експлуатація щонайменше два сезони	Витримка тампонажу перед тестом — 19 діб
Період випробувань	27.05–04.06.2025	10.06–18.06.2025
Активна глибина	80 м	80 м
Труба	Одинарна U-труба 40×2,4 мм, SDR 17	Одинарна U-труба 40×2,4 мм, SDR 17
Витрата теплоносія	0,30–0,55 л/с	0,32 л/с
Тампонаж	Бентонітовий, реверсивна оцінка	Спеціалізований морозостійкий
Теплопровідність тампонажу	≈0,60 Вт/(м·К)	1,47 Вт/(м·К)
Осьова відстань між трубами	≈50 мм, реверсивна оцінка	75 мм, дистанційні фіксатори
Початкова температура	12,5–17,0 °C	10,0±0,5 °C
Тривалість активної реєстрації	60 год	55–60 год
Частота запису	1 запис / 1 с	1 запис / 1 с

Результати натурних досліджень та їх обґрунтування

Для існуючих зондів початкова температура становила 12,5–17,0 °C, що відображало попередню сезонну експлуатацію поля. У новій групі вона була стабільнішою — 10,0±0,5 °C, а між послідовними циклами поверталася до природного рівня приблизно за 48–50 год. Теплопровідність ґрунту змінювалася від 2,073 до 2,682 Вт/(м·К) для існуючих і від 2,253 до 2,657 Вт/(м·К) для нових зондів. Середні значення відрізнялися лише на 3,1 %, тому обидві серії характеризують близькі ґрунтові умови — водонасичені піски з прошарками суглинку.

Таблиця 2.

Первинні параметри, визначені за результатами autoTRT

Зонд	**Група**	**λeff, Вт/(м·К)**	**Rb,eff, м·К/Вт**
1	Існуючі	2,073 ± 0,281	0,232 ± 0,110
2	Існуючі	2,397 ± 0,372	0,233 ± 0,101
3	Існуючі	2,431 ± 0,378	0,219 ± 0,081
4	Існуючі	2,682 ± 0,417	0,327 ± 0,088
Середнє	**Існуючі**	**2,396**	**0,253**
1	Нові	2,253 ± 0,305	0,095 ± 0,062
2	Нові	2,657 ± 0,399	0,077 ± 0,047
3	Нові	2,340 ± 0,249	0,102 ± 0,062
4	Нові	2,633 ± 0,395	0,064 ± 0,042
Середнє	**Нові**	**2,471**	**0,085**

Примітка. Після знака ± наведено звітне відхилення без переінтерпретації рівня довіри.

Головна відмінність виявлена для ефективного термічного опору свердловини. В існуючій групі діапазон становив 0,219–0,327 м·К/Вт, середнє значення — 0,253 м·К/Вт. Для нових зондів отримано 0,064–0,102 м·К/Вт із середнім 0,085 м·К/Вт. Отже, для нової конструкції середній опір знизився на 66,6 %, або у 3 рази. За близьких оцінок теплопровідності ґрунту така різниця не може бути пояснена лише геологічними умовами. Вона узгоджується із сукупним впливом вищої теплопровідності тампонажу, заповнення «знизу-вгору» з меншим ризиком пустот і стабільної відстані між гілками U-труби. Оскільки одночасно змінювалися матеріал і технологія монтажу, результат характеризує вдосконалену конструкцію як комплекс і не використовується для ізольованої кількісної оцінки внеску кожного фактора.

У термінах експлуатації зниження термічного опору означає кращу передачу теплоти на одиницю активної довжини зонда, а не формальне підвищення коефіцієнта перетворення самого теплового насоса. Додатково в

існуючому контурі виявлено забруднення теплоносія дрібнодисперсними включеннями. Воно не було предметом окремої ідентифікації, однак могло збільшувати гідравлічні втрати й погіршувати роботу допоміжного обладнання. Для подальшої експлуатації рекомендовано очищення теплоносія та повторний контроль витрати.

Використання результатів у проєктному рішенні

Прогнозовані режими нової ділянки наведено на рис. 3.

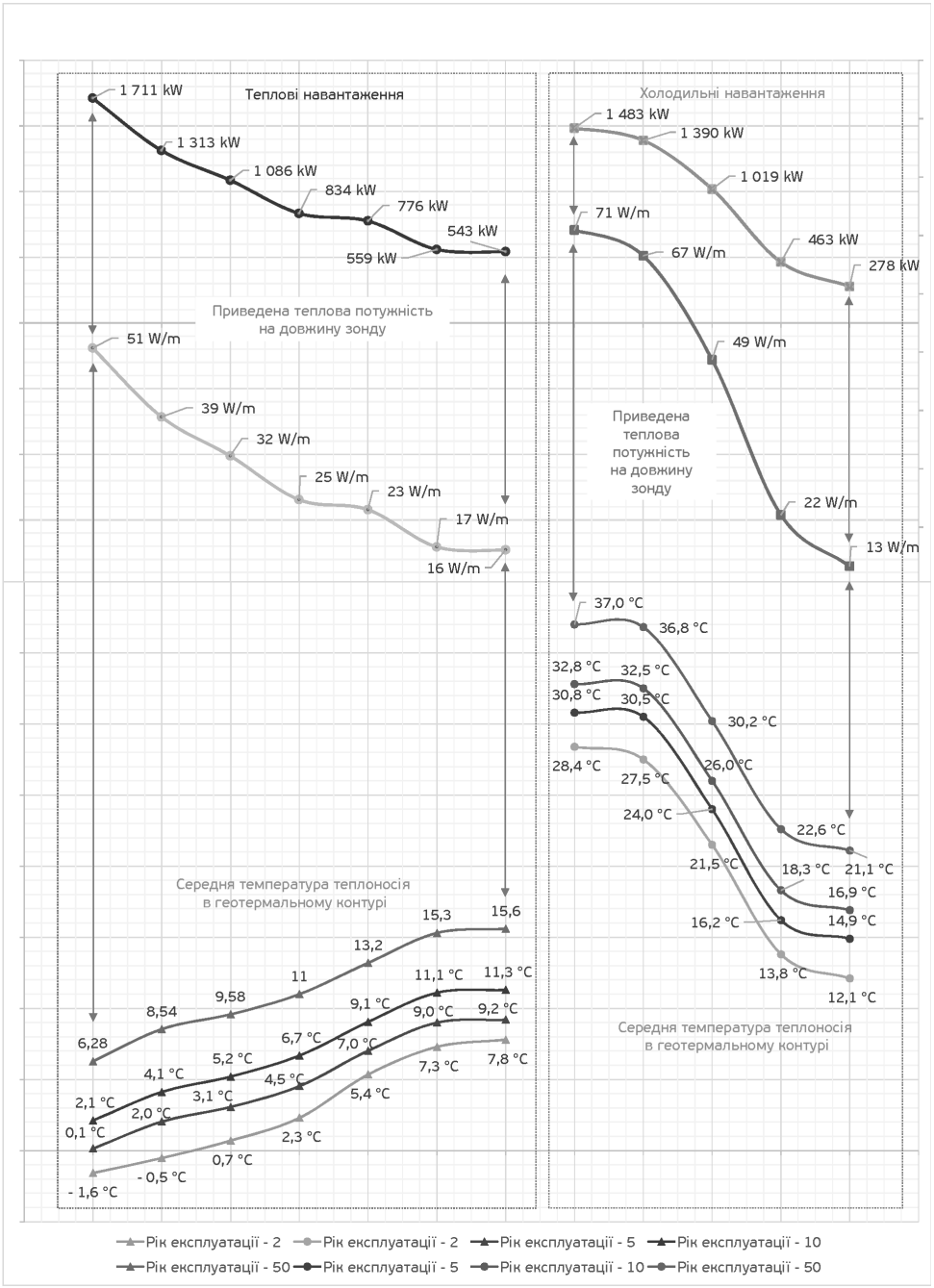


Рис. 3. Прогнозовані режими роботи проєктного геотермального поля для нової ділянки (за матеріалами проєктного звіту)

Отримані натурні значення використано замість типових припущень у моделі нової ділянки геотермального поля. Розрахунок виконували за

незмінних пікових і річних теплових та холодильних навантажень, із контролем допустимих температур гліколю для 2-го, 5-го, 10-го і 50-го років експлуатації. Низький термічний опір нових зондів дав змогу підвищити обґрунтоване навантаження на одиницю їх активної довжини без виходу за встановлені температурні обмеження.

Графік поєднує розрахункові теплові й холодильні навантаження, приведену теплову потужність на одиницю довжини зонда та середню температуру теплоносія в геотермальному контурі. За результатом проєктну кількість нових зондів скорочено на 35 % порівняно з варіантом, сформованим до натурної апробації. За однакової глибини свердловин це означає пропорційне скорочення загальної довжини буріння, обсягу труб, тампонажу та підключень, а отже — бюджету будівництва геотермального поля. Економічний ефект отримано не через спрощення конструкції, а через експериментально підтверджене підвищення її теплотехнічної якості.

Обговорення результатів і межі інтерпретації

Обговорення виконано методом контрольованого зіставлення двох вибірок за трьома групами ознак: геологічна відповідність, конструктивно-технологічна відмінність і проєктний наслідок. Близькість середніх оцінок теплопровідності ґрунту використано як аргумент на користь порівнюваності геологічного середовища, а майже триразову різницю термічного опору — як інтегральний показник якості свердловинної конструкції. Перевірка через довгострокову модель показала практичну значущість цієї різниці для температурних режимів і потрібної довжини поля.

Польове порівняння підтвердило, що довідкова теплопровідність ґрунту не є достатнім критерієм проєктування. Перенесення характеристик існуючої групи на нове будівництво призвело б до завищення кількості свердловин; використання лише паспортної теплопровідності високоефективного тампонажу без натурного тесту, навпаки, створювало б ризик необґрунтованого скорочення поля. Отриманий результат узгоджується з відомим впливом заповнювача й геометрії труб на опір свердловини [9, 10, 13], але доповнює попередні дослідження безпосереднім зв’язком із рішенням для діючого будівельного об’єкта.

Обмеженням є різний початковий термічний стан груп: існуючі зонди випробувано після сезонної експлуатації, нові — після короткої витримки. Тому пряме порівняння абсолютної початкової температури некоректне. Додатковими обмеженнями є невеликий обсяг вибірок, одночасна зміна кількох конструктивних факторів і відсутність тривалого спостереження за новими зондами. Подальша статистична валідація потребує повторних циклів у той самий сезон, лабораторного контролю властивостей тампонажу, незалежного

бюджету невизначеності відповідно до [17, 18] та оцінки стабільності після багаторазового циклу нагріву та охолодження масиву геополя.

Висновки та рекомендації подальших досліджень

У 2025 році виконано натурну апробацію восьми вертикальних ґрунтових теплообмінників на діючій будівельній ділянці: чотирьох існуючих зондів, вибраних із поля на 140 свердловин, і чотирьох нових. Середня теплопровідність ґрунту в серіях становила відповідно 2,396 і 2,471 Вт/(м·К), що підтвердило порівнюваність геологічного середовища. Середній ефективний термічний опір нових зондів був на 66,6 % нижчим — 0,085 проти 0,253 м·К/Вт. Результат пов’язано із сукупним впливом спеціалізованого тампонажу, заповнення знизу вгору та фіксованої геометрії труб.

Натурно визначені параметри стали основою проєктного рішення, яке скоротило кількість нових зондів, сумарну довжину буріння й бюджет будівництва геотермального поля на 35 %. Це підтверджує доцільність включення контрольного TRT не лише до передпроєктних вишукувань, а й до приймального контролю технології спорудження теплообмінників.

Рекомендовано виконати повторні сезонні випробування обох груп, сформувати окремі лабораторні серії для тампонажних матеріалів, контролювати гідравлічний стан теплоносія, дослідити старіння конструкції та провести парне зіставлення режиму відбору теплоти coldTRT із класичним нагрівальним TRT. Окремим напрямом має стати валідація програмно-аналітичного модуля на розширеній вибірці з аналітичним і чисельним оцінюванням невизначеності.

Особистий внесок авторів

В.О. Войналович сформував концепцію натурної апробації, розробив архітектуру установки autoTRT, організував і виконав польові цикли, систематизував первинні дані, провів інженерну інтерпретацію результатів та підготував початковий текст статті. К.М. Предун здійснив наукове керівництво, уточнив методологію порівняння, перевірив логіку передавання експериментальних параметрів у проєктну модель і виконав критичне редагування рукопису. Обидва автори обговорили результати та погодили остаточну редакцію статті.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. ISO 17628:2015. Geotechnical investigation and testing — Geothermal testing — Determination of thermal conductivity of soil and rock using a borehole heat exchanger. Geneva: International Organization for Standardization, 2015. URL: https://www.iso.org/standard/60199.html (дата звернення: 20.07.2026).

2. Kavanaugh S.P., Rafferty K. Geothermal Heating and Cooling: Design of Ground-Source Heat Pump Systems. Atlanta: ASHRAE, 2014. 440 p. ISBN 978-1-936504-85-5.

3. Spitler J.D., Bernier M. Vertical borehole ground heat exchanger design methods. Advances in Ground-Source Heat Pump Systems. 2016. P. 29–61. ISBN 978-0-08-100311-4. DOI: https://doi.org/10.1016/B978-0-08-100311-4.00002-9.

4. Witte H.J.L. In situ estimation of ground thermal properties. Advances in Ground-Source Heat Pump Systems. 2016. P. 97–116. ISBN 978-0-08-100311-4. DOI: https://doi.org/10.1016/B978-0-08-100311-4.00004-2.

5. Witte H.J L. Error analysis of thermal response tests. Applied Energy. 2013. Vol. 109. P. 302–311. ISSN 0306-2619. DOI: https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2012.11.060.

6. Beier R.A. Analysis of thermal response tests on boreholes with controlled inlet temperature versus controlled heat input rate. Geothermics. 2021. Vol. 94. Art. 102099. ISSN 0375-6505. DOI: https://doi.org/10.1016/j.geothermics.2021.102099.

7. Mazzotti Pallard W., Lazzarotto A. Thermal response tests: A biased parameter estimation procedure? Geothermics. 2021. Vol. 97. Art. 102221. ISSN 0375-6505. DOI: https://doi.org/10.1016/j.geothermics.2021.102221.

8. Choi W., Kikumoto H., Ooka R. New perspectives in thermal performance test: Cost-effective apparatus and extended data analysis. Energy and Buildings. 2018. Vol. 180. P. 109–121. ISSN 0378-7788. DOI: https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2018.08.008.

9. Claesson J., Javed S. Explicit multipole formulas and thermal network models for calculating thermal resistances of double U-pipe borehole heat exchangers. Science and Technology for the Built Environment. 2019. Vol. 25, No. 8. P. 980–992. ISSN 2374-4731. DOI: https://doi.org/10.1080/23744731.2019.1620565.

10. Allan M., Kavanaugh S. Thermal conductivity of cementitious grouts and impact on heat exchanger length design for ground source heat pumps. HVAC&R Research. 1999. Vol. 5, No. 2. P. 85–96. ISSN 1078-9669. DOI: https://doi.org/10.1080/10789669.1999.10391226.

11. Predun K., Voinalovich V., Guliyev J. Analysis of methods of forecasting the productivity of geothermal heat exchangers for establishing heat pump installations. Urban Development and Spatial Planning. 2024. No. 85. P. 494–504. ISSN 2076-815X. DOI: https://doi.org/10.32347/2076-815X.2024.85.494-504.

12. Predun K., Voinalovych V. Forecasting the productivity of clusters heat exchangers for geothermal heat high power pumps. The Scientific Heritage. 2024. No. 139. P. 86–92. DOI: https://doi.org/10.5281/zenodo.12526029.

13. Zanchini E., Jahanbin A. Finite-element analysis of the fluid temperature distribution in double U-tube borehole heat exchangers. Journal of Physics: Conference Series. 2016. Vol. 745. Art. 032002. ISSN 1742-6596. DOI: https://doi.org/10.1088/1742-6596/745/3/032002.

14. Spitler J.D., Gehlin S.E.A. Thermal response testing for ground source heat pump systems — An historical review. Renewable and Sustainable Energy Reviews. 2015. Vol. 50. P. 1125–1137. ISSN 1364-0321. DOI: https://doi.org/10.1016/j.rser.2015.05.061.

15. Wilke S., Menberg K., Steger H., Blum P. Advanced thermal response tests: A review. Renewable and Sustainable Energy Reviews. 2020. Vol. 119. Art. 109575. ISSN 1364-0321. DOI: https://doi.org/10.1016/j.rser.2019.109575.

16. Luo J., Zhang Y., Tuo J., Xue W., Rohn J., Baumgärtel S. A novel approach to the analysis of Thermal Response Test (TRT) with interrupted power input. Energies. 2020. Vol. 13, No. 19. Art. 5033. ISSN 1996-1073. DOI: https://doi.org/10.3390/en13195033.

17. Joint Committee for Guides in Metrology. JCGM 100:2008. Evaluation of Measurement Data — Guide to the Expression of Uncertainty in Measurement. Sèvres: Bureau International des Poids et Mesures, 2008. 134 p. DOI: https://doi.org/10.59161/JCGM100-2008E.

18. Joint Committee for Guides in Metrology. JCGM 101:2008. Evaluation of Measurement Data — Supplement 1 to the Guide to the Expression of Uncertainty in Measurement — Propagation of Distributions Using a Monte Carlo Method. Sèvres: Bureau International des Poids et Mesures, 2008. 90 p. DOI: https://doi.org/10.59161/JCGM101-2008.

19. EN 15450:2007. Heating systems in buildings — Design of heat pump heating systems. Brussels: European Committee for Standardization, 2007.

20. ДСТУ Б В.2.5-44:2010. Інженерне обладнання будинків і споруд. Проектування систем опалення будинків з тепловими насосами (EN 15450:2007, MOD). Київ: Мінрегіонбуд України, 2010. 58 с.

21. Somogyi V., Sebestyén V., Nagy G. Scientific achievements and regulation of shallow geothermal systems in six European countries — A review. Renewable and Sustainable Energy Reviews. 2017. Vol. 68. P. 934–952. ISSN 1364-0321. DOI: https://doi.org/10.1016/j.rser.2016.02.014.

22. VDI 4640 Blatt 5:2020-07. Thermal use of the underground — Thermal Response Test (TRT). Düsseldorf: Verein Deutscher Ingenieure, 2020. URL: https://www.vdi.de/en/home/vdi-standards/details/vdi-4640-blatt-5-thermal-use-of-the-underground-thermal-response-test-trt (дата звернення: 20.07.2026).

postgraduate researcher **Vitalii Voinalovych**,
Doctor of Economic Sciences, Professor **Kostiantyn Predun,**
Kyiv National University of Construction and Architecture

FIELD VALIDATION OF VERTICAL BOREHOLE HEAT EXCHANGERS USING autoTRT FOR OPTIMIZING GEOTHERMAL-FIELD DESIGN SOLUTIONS

This paper presents field validation of vertical borehole heat exchangers at an operating construction site in the Boryspil district of Kyiv Region in 2025. The automated autoTRT rig generated controlled heat-extraction and heat-injection cycles, synchronously recorded temperatures, flow rate, and equipment states, and

produced data for estimating effective ground thermal conductivity and borehole thermal resistance. Four boreholes selected from an operating 140-borehole field constructed in 2021 were compared with four new 80 m deep single-U boreholes. The new boreholes used freeze-resistant grout with a declared thermal conductivity of 1.47 W/(m·K), bottom-up placement, and fixed pipe spacing; reverse estimation for the existing boreholes indicated bentonite-based filling at approximately 0.60 W/(m·K). The mean ground thermal conductivities were close, at 2.396 and 2.471 W/(m·K), supporting comparable geological conditions. In contrast, mean effective borehole thermal resistance decreased from 0.253 to 0.085 m·K/W, a 66.6% reduction corresponding to an almost threefold improvement in heat transfer through the borehole construction. The novelty lies in a within-site comparison of boreholes of different age and construction and in transferring measured parameters directly into the long-term model of a real geothermal field. With unchanged design loads and allowable fluid temperatures, the required number of new boreholes was reduced by 35%, proportionally reducing drilling length and construction budget. The findings support TRT for both site characterization and construction acceptance, while repeated seasonal tests and independent uncertainty assessment remain necessary.

Keywords: autoTRT; field validation; vertical borehole heat exchanger; thermal response test; grout; borehole thermal resistance; ground thermal conductivity; geothermal field.

REFERENCES

1. International Organization for Standardization (2015), ISO 17628:2015. Geotechnical Investigation and Testing — Geothermal Testing — Determination of Thermal Conductivity of Soil and Rock Using a Borehole Heat Exchanger, ISO, Geneva. Available at: https://www.iso.org/standard/60199.html (accessed 20 July 2026). {in English}.

2. Kavanaugh, S.P. and Rafferty, K. (2014), Geothermal Heating and Cooling: Design of Ground-Source Heat Pump Systems, ASHRAE, Atlanta, 440 p., ISBN 978-1-936504-85-5. {in English}.

3. Spitler, J.D. and Bernier, M. (2016), “Vertical borehole ground heat exchanger design methods”, Advances in Ground-Source Heat Pump Systems, pp. 29–61, ISBN 978-0-08-100311-4. https://doi.org/10.1016/B978-0-08-100311-4.00002-9. {in English}.

4. Witte, H.J.L. (2016), “In situ estimation of ground thermal properties”, Advances in Ground-Source Heat Pump Systems, pp. 97–116, ISBN 978-0-08-100311-4. https://doi.org/10.1016/B978-0-08-100311-4.00004-2. {in English}.

5. Witte, H.J.L. (2013), “Error analysis of thermal response tests”, Applied Energy, vol. 109, pp. 302–311, ISSN 0306-2619. https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2012.11.060. {in English}.

6. Beier, R.A. (2021), “Analysis of thermal response tests on boreholes with controlled inlet temperature versus controlled heat input rate”, Geothermics, vol. 94, 102099, ISSN 0375-6505. https://doi.org/10.1016/j.geothermics.2021.102099. {in English}.

7. Mazzotti Pallard, W. and Lazzarotto, A. (2021), “Thermal response tests: A biased parameter estimation procedure?”, Geothermics, vol. 97, 102221, ISSN 0375-6505. https://doi.org/10.1016/j.geothermics.2021.102221. {in English}.

8. Choi, W., Kikumoto, H. and Ooka, R. (2018), “New perspectives in thermal performance test: Cost-effective apparatus and extended data analysis”, Energy and Buildings, vol. 180, pp. 109–121, ISSN 0378-7788. https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2018.08.008. {in English}.

9. Claesson, J. and Javed, S. (2019), “Explicit multipole formulas and thermal network models for calculating thermal resistances of double U-pipe borehole heat exchangers”, Science and Technology for the Built Environment, vol. 25, no. 8, pp. 980–992, ISSN 2374-4731. https://doi.org/10.1080/23744731.2019.1620565. {in English}.

10. Allan, M. and Kavanaugh, S. (1999), “Thermal conductivity of cementitious grouts and impact on heat exchanger length design for ground source heat pumps”, HVAC&R Research, vol. 5, no. 2, pp. 85–96, ISSN 1078-9669. https://doi.org/10.1080/10789669.1999.10391226. {in English}.

11. Predun, K., Voinalovich, V. and Guliyev, J. (2024), “Analysis of methods of forecasting the productivity of geothermal heat exchangers for establishing heat pump installations”, Urban Development and Spatial Planning, no. 85, pp. 494–504, ISSN 2076-815X. https://doi.org/10.32347/2076-815X.2024.85.494-504. {in English}.

12. Predun, K. and Voinalovych, V. (2024), “Forecasting the productivity of clusters heat exchangers for geothermal heat high power pumps”, The Scientific Heritage, no. 139, pp. 86–92. https://doi.org/10.5281/zenodo.12526029. {in English}.

13. Zanchini, E. and Jahanbin, A. (2016), “Finite-element analysis of the fluid temperature distribution in double U-tube borehole heat exchangers”, Journal of Physics: Conference Series, vol. 745, 032002, ISSN 1742-6596. https://doi.org/10.1088/1742-6596/745/3/032002. {in English}.

14. Spitler, J.D. and Gehlin, S.E.A. (2015), “Thermal response testing for ground source heat pump systems — An historical review”, Renewable and Sustainable Energy Reviews, vol. 50, pp. 1125–1137, ISSN 1364-0321. https://doi.org/10.1016/j.rser.2015.05.061. {in English}.

15. Wilke, S., Menberg, K., Steger, H. and Blum, P. (2020), “Advanced thermal response tests: A review”, Renewable and Sustainable Energy Reviews, vol. 119, 109575, ISSN 1364-0321. https://doi.org/10.1016/j.rser.2019.109575. {in English}.

16. Luo, J., Zhang, Y., Tuo, J., Xue, W., Rohn, J. and Baumgärtel, S. (2020), “A novel approach to the analysis of Thermal Response Test (TRT) with interrupted power input”, Energies, vol. 13, no. 19, 5033, ISSN 1996-1073. https://doi.org/10.3390/en13195033. {in English}.

17. Joint Committee for Guides in Metrology (2008), JCGM 100:2008. Evaluation of Measurement Data — Guide to the Expression of Uncertainty in Measurement, Bureau International des Poids et Mesures, Sèvres, 134 p. https://doi.org/10.59161/JCGM100-2008E. {in English}.

18. Joint Committee for Guides in Metrology (2008), JCGM 101:2008. Evaluation of Measurement Data — Supplement 1 to the Guide to the Expression of Uncertainty in Measurement — Propagation of Distributions Using a Monte Carlo Method, Bureau International des Poids et Mesures, Sèvres, 90 p. https://doi.org/10.59161/JCGM101-2008. {in English}.

19. European Committee for Standardization (2007), EN 15450:2007. Heating Systems in Buildings — Design of Heat Pump Heating Systems, CEN, Brussels. {in English}.

20. DSTU B V.2.5-44:2010 (2010), Inzhenerne obladnannia budynkiv i sporud. Proektuvannia system opalennia budynkiv z teplovymy nasosamy (EN 15450:2007, MOD), Minrehionbud Ukrainy, Kyiv, 58 p. {in Ukrainian}.

21. Somogyi, V., Sebestyén, V. and Nagy, G. (2017), “Scientific achievements and regulation of shallow geothermal systems in six European countries — A review”, Renewable and Sustainable Energy Reviews, vol. 68, pp. 934–952, ISSN 1364-0321. https://doi.org/10.1016/j.rser.2016.02.014. {in English}.

22. Verein Deutscher Ingenieure (2020), VDI 4640 Blatt 5:2020-07. Thermal Use of the Underground — Thermal Response Test (TRT), VDI, Düsseldorf. Available at: https://www.vdi.de/en/home/vdi-standards/details/vdi-4640-blatt-5-thermal-use-of-the-underground-thermal-response-test-trt (accessed 20 July 2026). {in English}.

DOI: 10.32347/2076-815x.2026.93.355-363
УДК 666.9.022

Волинський Д.О.,
mbg@odaba.edu.ua, ORCID: 0009-0006-5198-1947,
д.т.н, професор **Барабаш І.В.,**
dekansti@ukr.net, ORCID: 0000-0003-0241-4728,
Одеська державна академія будівництва та архітектури

МЕХАНОАКТИВАЦІЯ ПОРТЛАНДЦЕМЕНТУ З ДОБАВКОЮ МЕЛЕНОГО ДОМЕННОГО ШЛАКУ І ЇЇ ВПЛИВ НА ВЛАСТИВОСТІ ЦЕМЕНТОВМІСНИХ КОМПОЗИЦІЙ

В розглянутій статті наведені результати дослідження впливу вмісту меленого доменного шлаку в портландцементі на фізико-механічні характеристики як цементного каменю, так і будівельного розчину на його основі. Таке змішане в'яжуче отримували добавкою до портландцементу ПЦ І меленого доменного шлаку (S = 290 м^2/кг) в кількості від 0 до 35 % ("портландцемент зі шлаком"). Питання, які розглядаються в статті, пов'язані з визначенням впливу добавки шлаку на нормальну густоту, терміни тужавлення, екзотермію та міцність на стиск цементно-шлакових композицій. Показано, що зростання кількості меленого доменного шлаку у змішаному в'яжучому (від 0 до 35 %) викликає зменшення нормальної густоти тіста з 29, 5 % (шлак відсутній) до 28,7% (35 % доменного шлаку), зростання термінів тужавлення цементного тіста - з 3 год 00 хв до 4 год 30 хв (початок), а кінець - з 4 год 50 хв до 7 год 10 хв. Зростання кількості шлаку у змішаному в'яжучому викликає зниження розігріву максимальної величини цементного каменю від 45,6 °С (шлак відсутній) до 31,0 °С (наявність шлаку 35 %). Стосовно впливу добавки меленого доменного шлаку (0...35 %) до портландцементу на міцність на стиск цементного каменю у віці від 3-х до 28-и діб твердіння в н.у. слід відзначити, що введення до складу портландцементу доменного шлаку викликає зниження його міцності як у ранньому віці (3 доби), так і в марочному, 28-и добовому віці.

Стосовно впливу механоактивації (n=1500об/хв) цементно-водної композиції протягом 120 сек з добавкою меленого шлаку (від 0 до 35 %) та вмісту (%) суперпластифікатора SP-5 на міцність будівельного розчину складу Ц:П=1:1 слід відзначити, що активація в поєднанні з суперпластифікатором забезпечує зростання міцності розчину в 3-х добовому віці в середньому на 27...40 %.

Ключові слова: мелений доменний шлак; нормальна густота; екзотермія; механоактивація; міцність на стиск; будівельний розчин.

Постановка проблеми. В технології виробництва змішаних цементів широке розповсюдження отримали портландцементи з добавкою меленого доменного шлаку. Такі змішані цементи одержують як сумісним помелом клінкеру, двоводного гіпсового каменю та гранульованого доменного шлаку так і змішуванням чистоклінкерного портландцементу з тонкомеленим доменним шлаком.

Використання механоактивації цементу з добавкою меленого доменного шлаку не тільки знижує собівартість в'яжучого, але і покращує його характеристики, зокрема, підвищує міцність на стиск, знижує як усадкові деформації так і екзотермію при бетонуванні масивних конструкцій. Окрім цього, підвищені вимоги до охорони навколишнього середовища вимагають перед виробниками цементу вирішення все більшої кількості задач, пов'язаних з екологічною безпекою.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Зростання цін на мінеральні в'яжучі речовини обумовило значне розширення експериментальних досліджень, які направлені на зниження матеріалоємності і енергоємності виробництва бетонних сумішей та бетонів на їх основі [1-4]. Значне місце в об'ємі виробництва цементів займають «портландцементи з шлаком» марок ПЦ II/А-Ш та ПЦ II/Б-Ш з вмістом доменного шлаку від 6 до 20 % та від 21 до 35 % [5,6]. Для таких марок цементів характерний гідравлічний характер твердіння, який включає в себе постадійний характер гідратації меленого шлаку з утворенням низькоосновних гідросилікатів кальцію C-S-H [7-9].Наявність у складі доменного шлаку **основних** активних мінералів, таких як силікатів та алюмінатів кальцію, забезпечує йому високу гідравлічну активність, яка проявляється в процесі гідратації цементу [10]. Виняткова роль в активації доменних шлаків відводиться гідроксиду кальцію $Ca(OH)_2$, який є продуктом гідратації портландцементу [11]. Наявність лужного середовища сприяє участі скловидної фази шлаків в гідратаційному процесі, який викликає утворення низькоосновних гідросилікатів [12]. Для промислового застосування «портландцементу з шлаком» значний інтерес представляє вплив кількості доменного шлаку в портландцементі (від 5 до 35 %) та його механоактивація на фізикомеханічні характеристики і екзотермічний розігрів цементного тіста та каменю на його основі.

Мета дослідження. В запропонованій роботі метою дослідження є визначення впливу меленого доменного шлаку (0...35 %), механоактивації змішаного в'яжучого в турбулентному змішувачі (n = 1500об/хв) та суперпластифікуючої добавки SP-5 на фізико-механічні характеристики цементного тіста, каменю та будівельного розчину на його основі.

Методи дослідження. В роботі розглядалися питання, які пов'язані з визначенням впливу добавки меленого доменного шлаку в портландцементі (0...35 %) на нормальну густоту, терміни тужавлення, екзотермію, а також міцність цементного каменю при стиску у віці 3-х, 7-и, 14-и та 28-и діб твердіння в н.у. Значна увага приділена питанням, які пов'язані з визначенням впливу механоактивації змішаного в'яжучого в присутності добавки SP-5 на водопотребу та міцність цементного каменю і будівельного розчину складу 1:1 у віці 2-х та 28-и діб твердіння. Міцність при стиску цементного каменю та будівельного розчину визначалася шляхом випробування зразків-балочок розміром 4×4×16 см із суміші заданої рухомості (діаметр розпливу конусу суміші на приборі Суттарда складав 120 мм).

Результати дослідження. В проведених дослідженнях в роботі використовувався портландцемент з добавкою доменного шлаку в кількості від 5 до 35% і який відповідав вимогам ДСТУ Б В.2.7-46:2010 "Цементи загальнобудівельного призначення. Технічні умови". В'яжуче отримали ретельним змішуванням чистоклінкерного портландцементу ПЦ І з віддозованою кількістю меленого доменного шлаку з питомою поверхнею 290 $м^2$/кг.

Експериментальні результати, які відображають вплив добавки меленого шлаку на нормальну густоту цементно-водної композиції, свідчать про те, що зростання вмісту шлаку від 0 до 35% приводить до зниження НГ від 29,5 до 28,7 %, табл.1.

Таблиця 1

Добавка меленого доменного шлаку до портландцементу і її вплив на нормальну густоту цементного тіста

Портландцемент, %	100	95	90	85	80	75	70	65
Мелений шлак, %	0	5	10	15	20	25	30	35
Нормальна густота, %	29,5	29,4	29,3	29,1	29,0	28,9	28,8	28,7

Відносно впливу вмісту меленого шлаку у в'яжучому на терміни тужавлення цементного тіста слід відмітити, що із зростанням кількості меленого шлаку у в'яжучому терміни тужавлення (як початок, так і кінець) відтерміновуються у часі, рис. 1.

Експериментально встановлено, що вміст доменного шлаку у портландцементі позначається також і на екзотермії змішаного цементу. Для визначення екзотермії цементу використовувався термосний метод з використанням сосудів Дьюара.

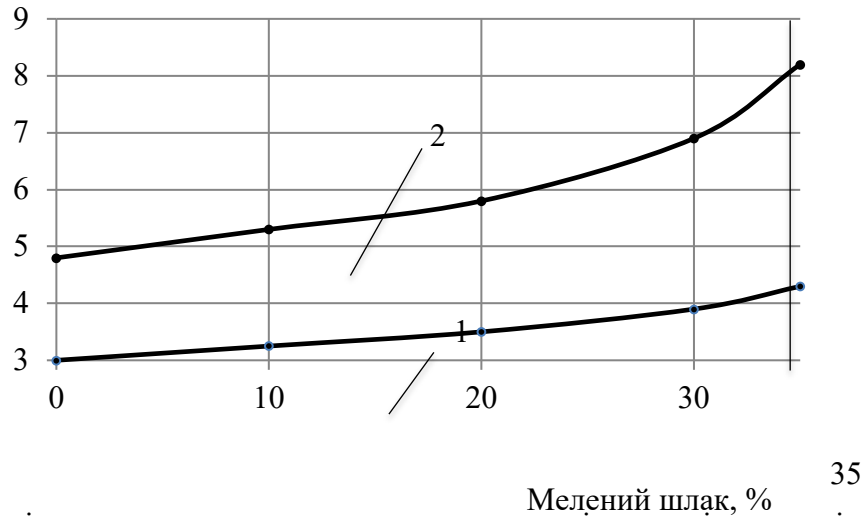


Рис.1. Вплив вмісту доменного шлаку у портландцементі на терміни тужавіння змішаного в'яжучого: 1 – початок тужавіння цементного тіста; 2 – кінець тужавіння цементного тіста

Початкова температура цементноводної композиції з добавкою меленого доменного шлаку (0...35 %) приймалася рівною +20 °С. Отримані експериментальні результати свідчать про те, що керуючи вмістом меленого доменного шлаку у змішаному в'яжучому можливо в широкому діапазоні керувати екзотермічним розігрівом цементновміщуючої композиції. Підтвердженням цього є наведені в табл. 2 експериментальні результати екзотермічного розігріву цементноводних композицій з добавками шлаку в кількості від 0 до 35% за масою (від витрати цементу).

Таблиця 2

Екзотермія цементноводних композицій з добавкою меленого доменного шлаку

Номер складу	Вміст мел. домен. шлаку у в'яжучому, %	Початкова температура композиції, °С	**Екзотермічний розігрів, °С, через год**							
			2	**4**	**6**	**8**	**10**	**12**	**14**	**16**
1	0	20	20,7	21,8	28,0	38,0	45,6	45,0	44,5	-
2	5	20	20,6	21,5	26,5	35,1	42,8	42,5	41,9	-
3	10	20	20,6	21,3	25,1	31,0	38,1	40,4	39,2	-
4	15	20	20,6	21,3	23,5	29,0	35,1	37,8	37,4	-
5	20	20	20,6	21,1	22,0	26,0	32,0	35,9	35,4	-
6	25	20	20,7	21,0	21,8	24,5	30,0	34,1	33,8	-
7	30	20	20,6	20,8	21,4	24,2	28,6	32,0	34,0	33,0
8	35	20	20,6	20,8	20,9	21,0	23,2	27,5	31,0	31,0

Графічне відображення впливу витрати меленого доменного шлаку у портландцементі на екзотермічний розігрів цементного тіста наведено на рис. 2.

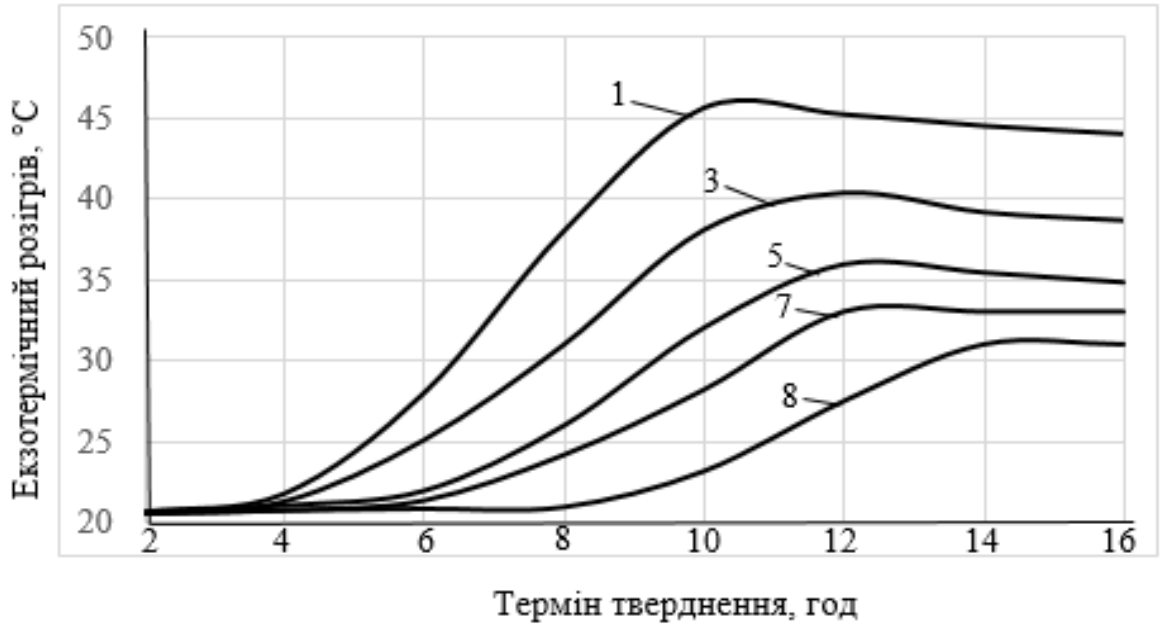


Рис. 2. Вплив витрати меленого доменного шлаку в портландцементі на екзотермічний розігрів композиції:
1, 3, 5, 7, 8 – витрата меленого шлаку в портландцементі (0, 10, 20, 30, 35%) від маси портландцементу

Аналізуючи експериментальні дані по екзотермічному розігріву композицій, які наведені у табл. 2 та на рис. 2, слід відмітити, що зростання вмісту доменного шлаку у портландцементі від 0 до 35% приведе до зниження максимальної температури розігріву композиції від 45,6 °С до 31,0 °С, тобто майже на 15 °С. Слід відзначити, що окрім зниження максимальної температури розігріву композиції введення до складу чистоклінкерного портландцементу доменного шлаку відтерміновує досягнення піку розігріву від 10 год (чистоклінкерний портландцемент) до 15 год (35-и процентна добавка меленого доменного шлаку до цементу).

Що стосується впливу добавки меленого доменного шлаку (0...35%) до портландцементу на міцність на стиск цементного каменю у віці 3-х, 7-и, 14-и, 21-и та 28-и діб твердіння в н.у., то слід відзначити, що введення до складу портландцементу меленого доменного шлаку викликає зниження його міцності як у ранньому віці (3 доби), так і в більш пізньому, зрілому віці - 28 діб, табл.3.

Слід відмітити, що процент відставання набору міцності на стиск цементним каменем від введення до його складу доменного шлаку зменшується із зростанням терміну твердіння цементношлакової композиції. Так, наприклад, якщо в 3-х добовому віці міцність на стик цементного каменю з добавкою 35% доменного шлаку складала 56% від міцності каменю на бездобавочному цементі, то в 28-и добовому віці ця різниця зменшується і не перевищує 36%.

Таблиця 3

Міцність на стиск (МПа) та склади цементно-шлакових композицій

№ п/п	**Цемент, %**	**Доменний шлак, %**	**В/Т**	**Термін твердіння зразків, діб**				
				3	**7**	**14**	**21**	**28**
1	100	0	0,335	25,3	37,9	47,5	52,5	54,0
2	95	5	0,335	23,1	35,2	44,5	48,5	50,0
3	90	10	0,335	22,4	34,4	41,2	45,0	46,1
4	85	15	0,335	19,0	31,2	37,5	42,3	44,4
5	80	20	0,335	17,5	28,1	35,0	39,5	42,2
6	75	25	0,335	16,4	26,6	32,6	37,4	41,3
7	70	30	0,335	15,4	25,3	31,3	34,5	37,0
8	65	35	0,335	14,3	23,1	27,3	32,2	34,4

Представляв інтерес визначення впливу механоактивації протягом 60…120 сек цементноводної композиції з добавкою меленого доменного шлаку (від 0 до 35%) на міцність будівельного розчину складу Ц:П=1:1 у віці 3-х діб. Експериментальні результати свідчать про те, що зростання терміну активації змішаного в'яжучого від 0 до 60 сек приводе до підвищення міцності на стиск будівельного розчину в середньому на 15-20 %. Механоактивація суміші протягом 120 сек викликає подальше зростання міцності розчину (але не настільки вагоме), що дозволяє в подальшому прийняти оптимальним термін активації суміші впродовж 120 сек.

Таблиця 4

Вплив терміну механоактивації на міцність будівельного розчину

№	Портландцемент, %/г	Мелений домений шлак, %	Кварцовий пісок, %/г	Розплив конусу, мм	Активація , сек	В/Т /г	Rст., 3 доби, МПа
1	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**
1	100/1000	0/0	100/1000	120	0	0,35/350	15,1
2	100/1000	0/0	100/1000	120	60	0,35/350	18,1
3	100/1000	0/0	100/1000	120	120	0,35/350	20,4
4	95/950	5/50	100/1000	120	0	0,35/350	14,1
5	95/950	5/50	100/1000	120	60	0,35/350	17,2
6	95/950	5/50	100/1000	120	120	0,35/350	19,0
7	80/800	20/200	100/1000	120	0	0,35/350	11,2
8	80/800	20/200	100/1000	120	60	0,35/350	13,1
9	80/800	20/200	100/1000	120	120	0,35/350	14,6

1	2	3	4	5	6	7	8
10	65/650	35/350	100/1000	120	0	0,35/350	8,5
11	65/650	35/350	100/1000	120	60	0,35/350	9,6
12	65/650	35/350	100/1000	120	120	0,35/350	11,2

Наступним етапом дослідження було визначення сумісного впливу механоактивації змішаного в'яжучого та суперпластифікатору SP-5 (1,0%) на міцність будівельного розчину на стиск в 3-х добовому віці, табл.5.

Таблиця 5

Міцність будівельного розчину на стиск у 3-х добовому віці

№	Портландцемент, %/г	Мелений домений шлак, %	Кварцовий пісок, %/г	Розплив конусу, мм	Кількість SP-5, %, г	Міцність будівельного розчину, МПа	
						Контроль	Механоактивація
1	100/1000	0/0	100/1000	120	1,0/10	14,7	27,8
2	95/950	5/50	100/1000	120	1,0/10	18,5	26,0
3	80/800	20/200	100/1000	120	1,0/10	15,5	20,9
4	65/650	35/350	100/1000	120	1,0/10	13,2	16,8

Отримані експериментальні дані показують, що механоактивація змішаного в'яжучого в поєднанні з суперпластифікатором SP-5 забезпечує зростання міцності будівельного розчину на стиск в 3-х добовому віці (в порівнянні з контролем) в середньому на 27...40 %.

Висновки:

1. Введення до складу портландцементу меленого доменного шлаку викликає зниження НГ з 29,5% (доменний шлак відсутній) до 28,7% (вміст доменного шлаку в в'яжучому 35%).
2. Наявність у складі цементу 35% меленого доменного шлаку викликає зниження міцності цементного каменю у марочному віці в порівнянні з бездобавочним цементом з 54,0 МПа до 34,4 МПа, тобто більше ніж на 36%.
3. Механоактивація змішаного портландцементу (вміст доменного шлаку 5...35%) в присутності 1% суперпластифікатору SP-5 забезпечує підвищення міцності будівельного розчину складу 1:1 у 3-х добовому віці (в порівнянні з контролем) в середньому на 27...42 %.

Список літератури

1. Штарк Й., Вихт Б. Цемент и известь. Киев, 2008. – 470 с.
2. Файнер М. Новые закономерности в бетоноведении и их практическое приложени е. Киев: Наукова думка, 2001. – 448 с.
3. Кривенко П.В., Рунова Р.Ф., Саницький М.А. Лужні цементи. Київ: ООО "Основа", 2015. – 448 с.

4. Bentur A., Mindess S. Fibre reinforced cementations composites. London – New York: Taylor & Francis, 2007. – 624 p.
5. Дворкін Л.Й., Житковський В.В., Марчук В.В. і др. Ефективні технології бетонів та розчинів із застосуванням техногенної сировини. – Рівне: НУВГП, 2017. – 424 с.
6. Ушеров-Маршак А.В. Шлакопортландцемент и бетон / А.Ушеров-Маршак, З.Геричны, Я. Малолепши / – Х.: Колорит, 2004. – 154 с.
7. Дворкін Л.Й. Фізико-хімічні і фізичні методи дослідження будівельних матеріалів / Л.Й. Дворкін, Т.Г. Скрипник. – Рівне, 2006. – 216 с.
8. Aitcin P.-C. High-Performance Concrete / P.-C. Aitcin // Modern Concrete Technology, E & FN Spon, London, 1998, 591 pp.
9. Дворкін Л.Й. Фізико-хімічні і фізичні методи дослідження будівельних матеріалів / Л.Й. Дворкін, Т.Г. Скрипник. – Рівне, 2006. – 216 с.
10. Дворкін Л.Й. Бетони і будівельні розчини / Л.Й. Дворкін, О.Л. Дворкін. – К.: "Основа", 2002. – 448 с.
11. Саницький М.А., Кропивницька Т.П., Гев'як У.М. Швидкотверднучі клінкер-ефективні цементи і бетони / монографія. Львів: вид-во ТОВ "Простір-М", 2021. – 206 с.

PhD student **Dmitry Volynsky,**
Doctor of Science, Professor **Ivan Barabash,**
Odesa State Academy of Civil Engineering and Architecture

MECHANOACTIVATION OF PORTLAND CEMENT WITH GROUND BLAST-FURNACE SLAG ADDITIVE AND ITS INFLUENCE ON THE PROPERTIES OF CEMENT-BASED COMPOSITIONS

This article presents the results of a study on the effect of ground blast-furnace slag content in Portland cement on the physical and mechanical characteristics of both cement stone and mortar based on it. Such a blended binder was produced by adding ground blast-furnace slag ($S = 290\text{m}^2/\text{kg}$) in amounts ranging from 0 to 35% to PC I Portland cement ("Portland cement with slag"). The issues addressed in the article relate to determining the influence of the slag additive on the normal consistency, setting time, exothermy, and compressive strength of cement-slag compositions. It is shown that an increase in the amount of ground blast-furnace slag in the blended binder (from 0 to 35%) causes a decrease in the normal consistency of the paste from 29.5% (no slag) to 28.7% (35% blast-furnace slag), as well as an increase in the setting time of the cement paste — initial setting time from 3 h 00 min to 4 h 30 min, and final setting time from 4 h 50 min to 7 h 10 min. Increasing the amount of slag in the blended binder leads to a reduction in the maximum heat generation (exothermy) of the cement stone from 45.6 °C (no slag) to 31.0 °C (35% slag content). Regarding the effect of ground blast-furnace slag addition (0–35%) to Portland cement on the compressive strength of cement stone aged from 3 to 28 days of standard curing, it should be noted that the introduction of

blast-furnace slag causes a decrease in strength both at an early age (3 days) and at the standard age of 28 days.

Regarding the effect of mechanoactivation ($n = 1500\text{rpm}$) of the cement-water composition for 120 seconds with ground slag additive (from 0 to 35%) and the content (%) of SP-5 superplasticizer on the strength of a 1:1 cement-to-sand mortar, it should be noted that activation combined with the superplasticizer provides an increase in the mortar strength at 3 days of age by an average of 27–40%.

Keywords: ground blast-furnace slag; normal consistency; exothermy; mechanoactivation; compressive strength; mortar.

REFERENCES

1. Shtark Y., Vykht B. Tsement y yzvest. Kyev, 2008. – 470 s. {in Ukranian}

2. Fainer M. Novыe zakonomernosty v betonovedenyy y ykh praktycheskoe prylozheny e. Kyev: Naukova dumka, 2001. – 448 s. {in Ukranian}

3. Kryvenko P.V., Runova R.F., Sanytskyi M.A. Luzhni tsementy. Kyiv: OOO "Osnova", 2015. – 448 s. {in Ukranian}

4. Bentur A., Mindess S. Fibre reinforced cementations composites. London – New York: Taylor & Francis, 2007. – 624 p. {in the United States of America}

5. Dvorkin L.I., Zhytkovskyi V.V., Marchuk V.V. i dr. Efektyvni tekhnolohii betoniv ta rozchyniv iz zastosuvanniam tekhnohennoi syrovyny. – Rivne: NUVHP, 2017. – 424 s. {in Ukranian}

6. Usherov-Marshak A.V. Shlakoportlandtsement y beton / A.Usherov-Marshak, Z.Herychnы, Ya. Malolepshy / – Kh.: Koloryt, 2004. – 154 s. {in Ukranian}

7. Dvorkin L.I. Fizyko-khimichni i fizychni metody doslidzhennia budivelnykh materialiv / L.I. Dvorkin, T.H. Skrypnyk. – Rivne, 2006. – 216 s. {in Ukranian}

8. Aitcin P.-C. High-Performance Concrete / P.-C. Aitcin // Modern Concrete Technology, E & FN Spon, London, 1998, 591 pp. {in England }

9. Dvorkin L.I. Fizyko-khimichni i fizychni metody doslidzhennia budivelnykh materialiv / L.I. Dvorkin, T.H. Skrypnyk. – Rivne, 2006. – 216 s. {in Ukranian}

10. Dvorkin L.I. Betony i budivelni rozchyny / L.I. Dvorkin, O.L. Dvorkin. – K.: "Osnova", 2002. – 448 s. {in Ukranian}

11. Sanytskyi M.A., Kropyvnytska T.P., Heviak U.M. Shvydkotverdnuchi klinker-efektyvni tsementy i betony / monohrafiia. Lviv: vyd-vo TOV "Prostir-M", 2021. – 206 s. {in Ukranian}

DOI: 10.32347/2076-815x.2026.93.364-377
УДК 69:004.9:005.591.6

Воронецький С.С.,
smetavs7s@gmail.com, ORCID: 0009-0006-9090-213X,
Київський національний університет будівництва і архітектури

ФОРМУВАННЯ МЕХАНІЗМУ ЦИФРОВОЇ ТРАНСФОРМАЦІЇ ОРГАНІЗАЦІЙНО-ТЕХНОЛОГІЧНИХ СИСТЕМ БУДІВЕЛЬНИХ ПІДПРИЄМСТВ

Цифрова трансформація організаційно-технологічних систем будівельних підприємств визначається необхідністю підвищення керованості виробничих процесів, скорочення інформаційних розривів, синхронізації ресурсного забезпечення та забезпечення своєчасної реакції на відхилення від календарно-технологічних параметрів. Формування інтегрованого механізму цифрової перебудови ґрунтується на поєднанні процесного, ресурсного, інформаційного, аналітичного та управлінського контурів у єдиному цифровому середовищі. Визначено параметричну конфігурацію цифрової трансформації, що охоплює цифрове охоплення операцій, інтегрованість інформаційних потоків, автоматизацію управлінських процедур, оперативність інформаційного обміну, ресурсно-технологічну синхронізацію та адаптивність управління. Обґрунтовано необхідність переходу від локальної автоматизації до керованої цифрової трансформації, орієнтованої на системну взаємодію технологічних процесів, ресурсів і управлінських рішень. Сформовано багатоконтурний механізм, який забезпечує консолідацію даних, цифрове відображення стану будівельних процесів, діагностику відхилень і формування коригувальних впливів. Встановлено нелінійний характер залежності організаційно-технологічної результативності від глибини цифрової трансформації та наявність області цифрового насичення. Визначено взаємозв'язок між інтенсивністю цифрових змін і структурною стійкістю системи, що обґрунтовує необхідність узгодження трансформаційного навантаження з адаптаційною спроможністю підприємства. Багатокритеріальне оцінювання охоплює цифрову зрілість, технологічну синхронізацію, ресурсну продуктивність, часову результативність, адаптивність управління та структурну стійкість. Запропонований механізм забезпечує перехід до інтегрованого цифрового контуру управління, здатного підтримувати збалансоване підвищення результативності будівельних процесів, ресурсної узгодженості та керованості організаційно-технологічної системи в умовах динамічних змін внутрішнього й зовнішнього середовища підприємства.

Ключові слова: цифрова трансформація; будівельне підприємство; організаційно-технологічна система; цифрове управління; інформаційна інтеграція; ресурсно-технологічна синхронізація; адаптивність управління; цифрова зрілість.

Постановка проблеми: Сучасний розвиток будівельних підприємств супроводжується суттєвим ускладненням організаційно-технологічних зв'язків, збільшенням обсягів інформації, підвищенням динамічності ресурсних потоків та скороченням допустимого часу для прийняття управлінських рішень. Традиційні моделі управління, засновані на локальній автоматизації окремих операцій і функціонально відокремленому використанні цифрових засобів, не забезпечують необхідного рівня узгодженості між календарно-технологічним плануванням, ресурсним забезпеченням, контролем виконання робіт та оперативним коригуванням відхилень. Внаслідок цього виникають інформаційні розриви, часові лаги, ресурсні конфлікти та порушення взаємозалежності виробничих процесів. Цифрова трансформація потребує переходу до інтегрованої організаційно-технологічної системи, у межах якої інформаційні потоки, технологічні операції, ресурси та управлінські впливи функціонують як взаємопов'язані компоненти єдиного цифрового контуру. Особливої актуальності набуває формування механізму, здатного забезпечувати не максимальну цифрову насиченість, а раціональну інтенсивність трансформаційних змін відповідно до ресурсних можливостей, технологічної готовності та адаптаційної спроможності підприємства.

Метою статті є формування механізму цифрової трансформації організаційно-технологічних систем будівельних підприємств на основі інтеграції процесного, ресурсного, інформаційного, аналітичного та управлінського контурів, спрямованого на підвищення узгодженості технологічних процесів, оперативності інформаційного обміну, адаптивності управління та структурної стійкості.

Аналіз останніх досліджень і публікацій: Сучасні наукові підходи до цифрової трансформації будівельних підприємств концентруються навколо розвитку інтегрованих інформаційних середовищ, цифрового моделювання виробничих процесів, автоматизації управлінських процедур, інформаційної взаємодії учасників будівництва та підвищення ефективності ресурсного планування. Значна увага приділяється використанню BIM-технологій як основи консолідації проєктної, технологічної та експлуатаційної інформації, інтеграції BIM із корпоративними інформаційними системами, системами планування ресурсів, аналітичними платформами та цифровими засобами моніторингу. Окремий напрям формують підходи, пов'язані із застосуванням цифрових

двійників, хмарних технологій, Інтернету речей, інтелектуальної аналітики та автоматизованого контролю фактичних параметрів будівельних процесів.

Виклад основного матеріалу: Цифрова трансформація організаційно-технологічних систем будівельних підприємств набуває системного характеру внаслідок ускладнення виробничих зв'язків, підвищення інформаційної насиченості будівельних процесів, скорочення допустимого часу прийняття управлінських рішень та посилення вимог до синхронізації ресурсного забезпечення з календарно-технологічними параметрами реалізації проєктів. Організаційно-технологічна система функціонує як сукупність взаємопов'язаних процесів, інформаційних потоків, ресурсних контурів і керуючих впливів, результативність яких визначається не лише характеристиками окремих елементів, а й ступенем їх структурної узгодженості [1].

Формування такого контуру потребує визначення параметрів, що характеризують вихідний стан організаційно-технологічної системи та інтенсивність її цифрової перебудови. До них належать цифрове охоплення операцій, швидкість інформаційного обміну, інтегрованість цифрових компонентів, автоматизація управлінських процедур, ресурсно-технологічна синхронізація та здатність системи оперативно реагувати на відхилення. Сукупність зазначених характеристик утворює вектор стану, компоненти якого змінюються в часі під дією цифрових керуючих впливів.

$$X(t) = \left(x_{1(t)}, x_{2(t)}, \dots, x_{n(t)}\right), \quad (1)$$

де X(t) — стан організаційно-технологічної системи в момент часу t; $x_1(t), x_2(t), \dots, x_n(t)$ — значення її структурних і функціональних параметрів; n — кількість параметрів, включених до моделі.

Параметри організаційно-технологічної системи мають різну економічну та технологічну природу, тому безпосереднє їх агрегування не забезпечує коректної порівнянності. Для приведення показників до єдиної шкали визначається нормований рівень трансформації окремого параметра:

$$z_i = \frac{x_i - x_i^0}{x_i^* - x_i^0}, \quad (2)$$

де z_i — нормований рівень трансформації і-го параметра; x_i — його поточне значення; x_i^0 — базове значення; x_i^* — цільове значення. Значення $z_i=0$ відповідає базовому стану параметра, тоді як наближення z_i до 1 характеризує досягнення встановленої цільової конфігурації.

Ступінь цифрової перебудови визначається не лише рівнем зміни окремих параметрів, а й характером їх взаємодії. Підвищення цифрового охоплення операцій створює найбільший організаційно-технологічний ефект за одночасного розвитку інтегрованості інформаційних потоків, автоматизації управління та ресурсної синхронізації. Для врахування індивідуального та синергетичного впливу параметрів використовується інтегральний коефіцієнт цифрової перебудови [2].

$$K_{DT} = \frac{\sum_{i=1}^{n} w_i z_i^{\alpha_i} + \sum_{i=1}^{n-1} \sum_{j=i+1}^{n} \gamma_{ij} \sqrt{z_i z_j}}{\sum_{i=1}^{n} w_i + \sum_{i=1}^{n-1} \sum_{j=i+1}^{n} \gamma_{ij}}, \quad (3)$$

де K_{DT} — інтегральний коефіцієнт цифрової перебудови; w_i — вагомість і-го параметра; z_i — нормований рівень його трансформації; α_i — коефіцієнт нелінійності впливу; γ_{ij} — коефіцієнт взаємодії параметрів і та j; n — кількість параметрів цифрової перебудови.

Для кількісної характеристики цифрової перебудови ключові параметри систематизовано за функціональним змістом, базовим і цільовим рівнями та вагомістю впливу [3]. Така структуризація дозволяє визначити пріоритетність трансформаційних змін і встановити внесок кожного параметра у формування інтегрального результату. Основні характеристики наведено в таблиці 1.

Таблиця 1.

Система параметрів і критеріїв цифрової трансформації організаційно-технологічних процесів *(розроблено автором на основі [3])*

Параметр	**Позначення**	**Зміст параметра**	**Базове значення**	**Цільове значення**	**Вага**
Цифрове охоплення операцій	x_1	Частка операцій, включених до цифрового контуру	0,46	0,90	0,18
Інтегрованість інформаційних потоків	x_2	Рівень взаємодії цифрових систем і баз даних	0,38	0,88	0,19
Автоматизація управлінських процедур	x_3	Частка рішень, підтримуваних автоматизованими процедурами	0,41	0,85	0,16
Оперативність інформаційного обміну	x_4	Швидкість передавання та актуалізації даних	0,52	0,94	0,15
Ресурсно-технологічна синхронізація	x_5	Узгодженість ресурсів із календарно-технологічними параметрами	0,49	0,91	0,17
Адаптивність управління	x_6	Здатність коригувати рішення при виникненні відхилень	0,44	0,89	0,15

Найбільшу вагу має інтегрованість інформаційних потоків w_2=0,19, оскільки роз'єднаність цифрових середовищ обмежує використання інформації незалежно від рівня автоматизації окремих операцій. Вагомість цифрового охоплення становить w_1=0,18, ресурсно-технологічної синхронізації — w_5=0,17. Сукупна вагомість визначених параметрів дорівнює одиниці:

$$\sum_{i=1}^{6} w_i = 0.18 + 0.19 + 0.16 + 0.15 + 0.17 + 0.15 = 1.00.$$

Цифрову перебудову необхідно оцінювати не лише за досягнутим рівнем трансформації, а й за ресурсно-часовим навантаженням, необхідним для переходу до нового стану.

Для забезпечення порівнянності ресурсних характеристик витрати, тривалість трансформації та організаційне навантаження приводяться до нормованого вигляду:

$$C_N = \frac{C_{DT}}{C_{max}}, \tag{4}$$

$$T_N = \frac{T_{DT}}{T_{max}}, \tag{5}$$

$$L_N = \frac{L_{DT}}{L_{max}}, \tag{6}$$

де C_N — нормований рівень витрат; T_N — нормована тривалість трансформації; L_N — нормоване організаційне навантаження. Відповідні величини характеризують частку фактичного навантаження від установленої граничної величини та дозволяють інтегрувати різнорідні ресурсні характеристики в єдиний показник.

Структурна ефективність цифрової перебудови визначається співвідношенням цифрового результату та ресурсного навантаження з урахуванням позитивного впливу інформаційно-технологічної синхронізації й негативного впливу ризику дезінтеграції:

$$E_{ST} = \frac{K_{DT}^{\beta(1+\lambda S_{IT})(1-\delta R_D)}}{(\omega_1 C_N + \omega_2 T_N + \omega_3 L_N)^{\eta}}, \tag{7}$$

при обмеженні:

$$\omega_1 + \omega_2 + \omega_3 = 1.$$

де E_{ST} — структурна ефективність цифрової перебудови; S_{IT} — рівень інформаційно-технологічної синхронізації; R_D — ризик цифрової дезінтеграції; $\omega_1,\omega_2,\omega_3$ — вагові коефіцієнти ресурсних обмежень; $\beta,\lambda,\delta,\eta$ — параметри чутливості цифрової трансформації.

Розрахунковий профіль характеризується значеннями K_{DT}=0,74, S_{IT}=0,81, R_D=0,12, CN=0,68, T_N=0,61, L_N=0,57. Параметри чутливості становлять β=1,15, λ=0,30, δ=0,45, η=0,80, а вагові коефіцієнти ресурсного навантаження — ω_1=0,40, ω_2=0,35, ω_3=0,25.

Інтегрований рівень ресурсно-часового навантаження становить:

$$R_N = 0.40 \cdot 0.68 + 0.35 \cdot 0.61 + 0.25 \cdot 0.57 = 0.628.$$

Інформаційно-технологічна синхронізація формує коригувальний коефіцієнт:

$$1 + 0.30 \cdot 0.81 = 1.243.$$

Вплив ризику цифрової дезінтеграції визначається значенням:

$$1 - 0.45 \cdot 0.12 = 0.946.$$

Підстановка розрахованих параметрів забезпечує визначення структурної ефективності цифрової перебудови:

$$E_{ST} = 0.74^{1.15} \cdot 1.243 \cdot \frac{0.946}{0.628^{0.80}} = 1.24.$$

Отримане значення EST=1,24 характеризує позитивне співвідношення сформованого структурного ефекту та сукупного ресурсно-часового навантаження. Значення KDT=0,74 вказує на збереження резерву подальшого наближення організаційно-технологічної системи до цільової конфігурації [4].

Рисунок 1 відображає прямі інформаційно-управлінські зв’язки між функціональними компонентами та контури зворотного коригування, за

допомогою яких результати реалізації цифрових рішень впливають на подальшу зміну параметрів організаційно-технологічної системи [5].

Формування механізму керованої цифрової трансформації організаційно-технологічної системи будівельного підприємства передбачає узгодження технологічних процесів, ресурсного забезпечення, інформаційних потоків та управлінських рішень у межах єдиного цифрового середовища. Принциповою особливістю такого механізму є відмова від ізольованого впровадження окремих цифрових інструментів на користь їх функціональної взаємодії відповідно до послідовності реалізації будівельних процесів.

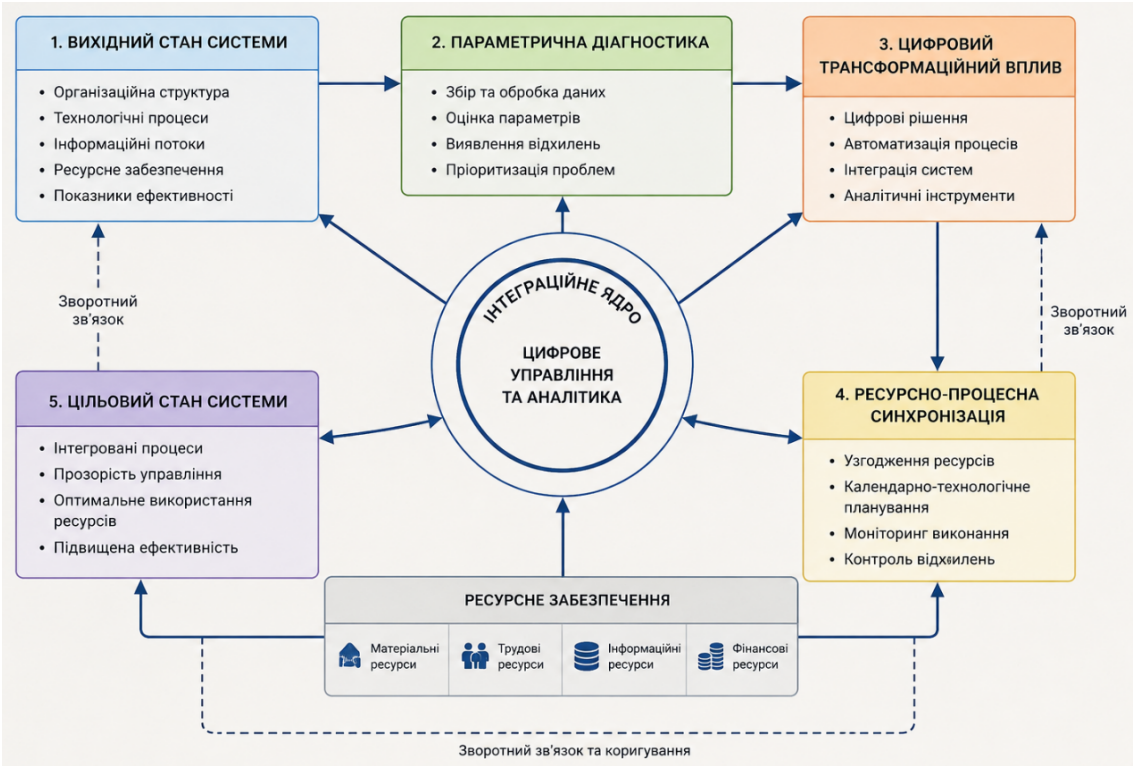


Рис. 1. Структурно-параметрична конфігурація цифрової перебудови організаційно-технологічної системи будівельного підприємства
(розроблено автором на основі [5])

Для систематизації функціональних складових механізму цифрової трансформації доцільно встановити взаємозв'язок між цифровими контурами, об'єктами управлінського впливу, інформаційними потоками та очікуваними організаційно-технологічними результатами.

Рисунок 2 дозволяє показати не лише напрям передавання даних, а й формування коригувальних впливів, які повертаються до технологічних і ресурсних процесів після аналітичної обробки інформації [6].

Інтенсивність цифрової трансформації безпосередньо залежить від ступеня ресурсно-процесної узгодженості. За низького рівня узгодженості збільшення кількості цифрових інструментів не забезпечує пропорційного підвищення

результативності, оскільки технологічні та ресурсні процеси залишаються структурно роз'єднаними [7].

Для наочного відображення цієї залежності доцільно представити зміну інтенсивності цифрової трансформації за послідовного підвищення ресурсно-процесної узгодженості. Характер залежності наведено на рисунку 3.

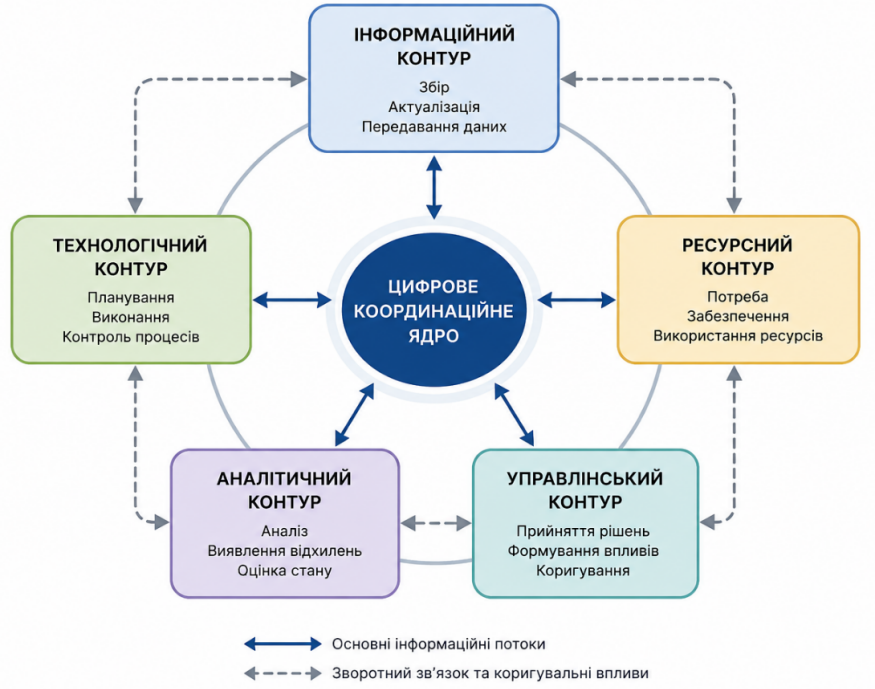


Рис. 2. Функціонально-контурна модель механізму цифрової трансформації організаційно-технологічної системи будівельного підприємства
(розроблено автором на основі [6])

Керований характер механізму проявляється в його здатності підтримувати динамічну рівновагу між інтенсивністю цифрових змін і фактичною готовністю організаційно-технологічної системи до їх сприйняття. Цифрові рішення повинні активуватися відповідно до стану процесів, ресурсних обмежень, інформаційної забезпеченості та критичності виявлених відхилень.

Для систематизації результатів оцінювання доцільно зіставити базовий і трансформований стани організаційно-технологічної системи за ключовими критеріями. Таке зіставлення дозволяє визначити не тільки напрям зміни окремих характеристик, а й збалансованість отриманого ефекту між цифровою, технологічною, ресурсною та управлінською складовими [8]. Результати багатокритеріального оцінювання наведено в таблиці 2.

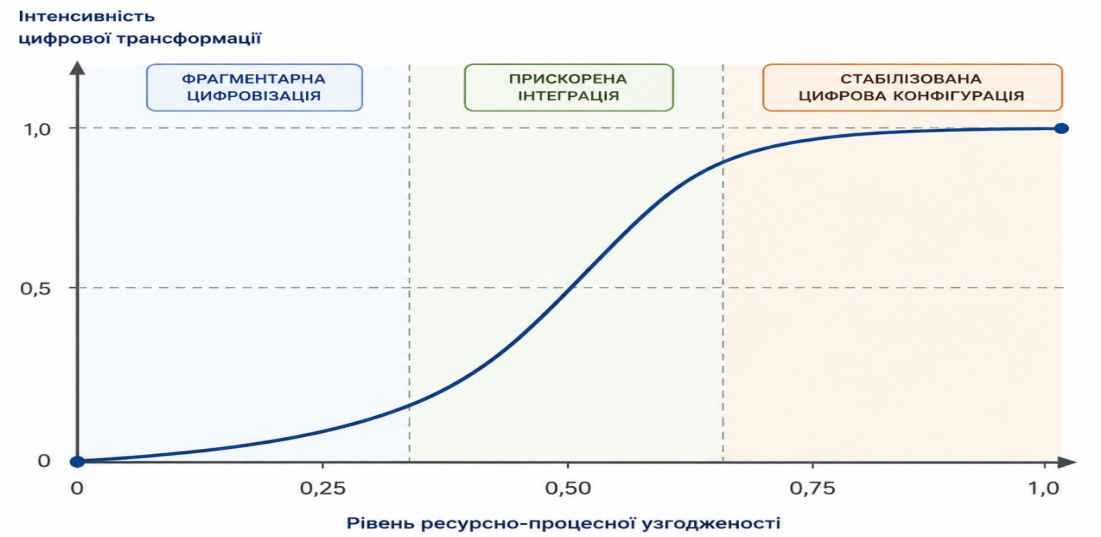


Рис. 3. Залежність інтенсивності цифрової трансформації від рівня ресурсно-процесної узгодженості *(розроблено автором на основі [7])*

Таблиця 2.

Багатокритеріальні результати оцінювання механізму цифрової трансформації організаційно-технологічної системи *(розроблено автором на основі [8])*

Критерій оцінювання	**Базовий стан**	**Трансформований стан**	**Зміна**	**Характер результату**
Цифрова зрілість	0,46	0,82	+0,36	Посилення цифрової інтеграції
Технологічна синхронізація	0,51	0,86	+0,35	Узгодження взаємозалежних процесів
Ресурсна продуктивність	0,58	0,81	+0,23	Підвищення ефективності використання ресурсів
Часова результативність	0,49	0,84	+0,35	Скорочення часових лагів
Адаптивність управління	0,44	0,87	+0,43	Прискорення коригувальних впливів
Структурна стійкість	0,62	0,85	+0,23	Підвищення здатності зберігати керованість

Менший приріст ресурсної продуктивності та структурної стійкості не свідчить про недостатню результативність відповідних компонентів. Їх базові значення були вищими порівняно з цифровою зрілістю й адаптивністю, а сама природа цих характеристик передбачає більш поступову зміну. Ресурсна продуктивність залежить не лише від цифрової координації, а й від фізичної доступності матеріалів, техніки та трудових ресурсів. Структурна стійкість також формується поступово, оскільки потребує закріплення нових взаємозв'язків між цифровими, технологічними та управлінськими компонентами [9].

Для відображення зазначеної закономірності доцільно зіставити глибину цифрової трансформації з рівнем організаційно-технологічної результативності та виділити характерні діапазони зміни системи. Відповідну залежність наведено на рисунку 4.

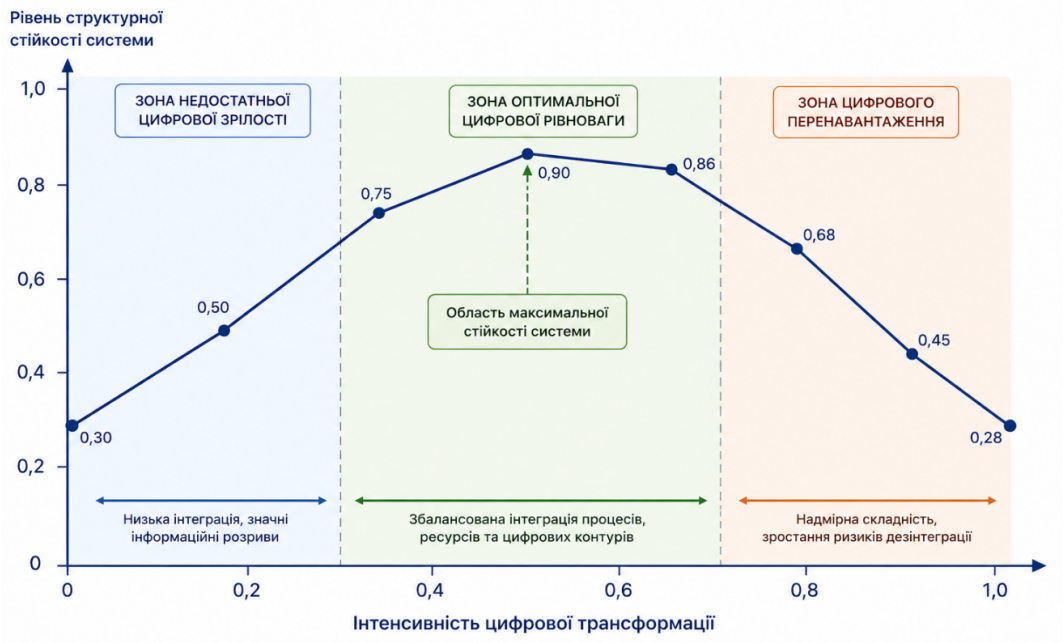


Рис. 4. Нелінійна залежність результативності організаційно-технологічної системи від глибини цифрової трансформації *(розроблено автором на основі [9])*

Поряд із результативністю принципового значення набуває стійкість організаційно-технологічної системи. Цифрова трансформація змінює кількість і характер взаємозв'язків між компонентами, тому збільшення її інтенсивності може мати неоднозначний вплив. За низької інтенсивності цифрових змін стійкість залишається обмеженою через фрагментарність інформаційних потоків, значні часові лаги та недостатню координацію процесів [10].

Висновок

Формування механізму цифрової трансформації організаційно-технологічних систем будівельних підприємств ґрунтується на переході від фрагментарного використання цифрових інструментів до інтегрованого середовища, у якому технологічні процеси, ресурсне забезпечення, інформаційні потоки та управлінські рішення функціонують як взаємопов'язані складові єдиного контуру. Визначена параметрична конфігурація цифрової перебудови охоплює цифрове охоплення операцій, інтегрованість інформаційних потоків, автоматизацію управлінських процедур, оперативність інформаційного обміну, ресурсно-технологічну синхронізацію та адаптивність управління, що

забезпечує комплексне оцінювання траєкторії переходу системи до цільового цифрового стану.

Встановлений нелінійний характер цифрової трансформації свідчить, що максимальне цифрове насичення не забезпечує автоматичного досягнення максимальної організаційно-технологічної результативності та стійкості. Раціональна конфігурація формується за узгодження інтенсивності цифрових змін із ресурсними можливостями, технологічною готовністю та адаптаційною спроможністю підприємства. Це забезпечує збалансоване підвищення цифрової зрілості, технологічної синхронізації, ресурсної продуктивності й оперативності управління без перевищення межі трансформаційного навантаження.

Література

1. Olanipekun A.O., Sutrisna M. Facilitating Digital Transformation in Construction—A Systematic Review of the Current State of the Art // Frontiers in Built Environment. – 2021. – Vol. 7. – Article 660758. – DOI: 10.3389/fbuil.2021.660758. – [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://doi.org/10.3389/fbuil.2021.660758.

2. Forcael E., Ferrari I., Opazo-Vega A., Pulido-Arcas J.A. Construction 4.0: A Literature Review // Sustainability. – 2020. – Vol. 12, Issue 22. – Article 9755. – DOI: 10.3390/su12229755. – [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://www.researchgate.net/publication/347112865_Construction_40_A_Literature_Review.

3. Naji K.K., Gunduz M., Alhenzab F.H., Al-Hababi H., Al-Qahtani A.H. A Systematic Review of the Digital Transformation of the Building Construction Industry // IEEE Access. – 2024. – Vol. 12. – P. 31461–31487. – DOI: 10.1109/ACCESS.2024.3365934. – [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://doi.org/10.1109/ACCESS.2024.3365934.

4. Алексєєнко В.О., Чуприна Ю.А. Побудова інтегрованої концепції цифрового реінжинірингу організаційних структур управління будівельними підприємствами // Формування ринкових відносин в Україні. – 2026. – № 4(299). – С. 64–76. – DOI: 10.66416/2522-1620.4.2026.64-76. – [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://journal.dndiime.org.ua/index.php/journal/article/view/255.

5. Dubinin D., Novak Ye. Formalization of Digital Transformation Processes of the Construction Organization System // Ways to Improve Construction Efficiency. – 2025. – Issue 55(3). – P. 3–11. – DOI: 10.32347/2707-501x.2025.55(3).3-11. – [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://doi.org/10.32347/2707-501x.2025.55(3).3-11

6. Dubinin D., Chertkov O. Organizational Aspects of Digital Transformation of Construction Processes // Ways to Improve Construction Efficiency. – 2024. – Issue 54(1). – P. 172–182. – DOI: 10.32347/2707-501x.2024.54(1).172-182. – [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://doi.org/10.32347/2707-501x.2024.54(1).172-182.

7. Wijayarathne N., Gunawan I., Schultmann F. Dynamic Capabilities in Digital Transformation: A Systematic Review of Their Role in the Construction Industry // Journal of Construction Engineering and Management. – 2024. – Vol. 150, Issue 11. – DOI: 10.1061/JCEMD4.COENG-15055. – [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://doi.org/10.1061/JCEMD4.COENG-15055.

8. Fesun A., Kucherenko O., Fedorov V., Krupnyk D., Kostenko D. Digital Maturity of Construction Companies: Economic and Managerial Issues, Analytical Indicators, and Adaptation Scenarios // Ways to Improve Construction Efficiency. – 2024. – Issue 53(3). – P. 235–247. – DOI: 10.32347/2707-501x.2024.53(3).235-247. – [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://doi.org/10.32347/2707-501x.2024.53(3).235-247.

9. Chupryna Y., Ryzhakova H., Zinchenko M., Biloshchytskyi A., Honchar V., Pokolenko V. Multilevel Cognitive Modeling of the Organizational and Technological Structure of Construction Based on Integrated Information and Analytical Platforms // IEEE. – 2026. – [Electronic resource]. – Available at: https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/11596041.

10. Nozari H., Szmelter-Jarosz A. Review of the Effects of Digital Transformation on the Construction Industry // Journal of the Knowledge Economy. – 2026. – DOI: 10.1007/s13132-026-03365-0. – [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://doi.org/10.1007/s13132-026-03365-0.

Voronetskyi Serhii,
Kyiv National University of Construction and Architecture, Kyiv, Ukraine

FORMATION OF A DIGITAL TRANSFORMATION MECHANISM FOR ORGANIZATIONAL AND TECHNOLOGICAL SYSTEMS OF CONSTRUCTION ENTERPRISES

The digital transformation of organizational and technological systems of construction enterprises is driven by the need to enhance the controllability of production processes, reduce information gaps, synchronize resource provision, and ensure a timely response to deviations from schedule and technological parameters. The formation of an integrated digital transformation mechanism is based on combining process, resource, information, analytical, and management contours within a unified digital environment. A parametric configuration of digital transformation has been defined, encompassing the digital coverage of operations, integration of information flows, automation of management procedures, efficiency of information exchange, resource and technological synchronization, and management adaptability. The necessity of transitioning from local automation to managed digital transformation focused on the systemic interaction of technological processes, resources, and managerial decisions has been substantiated. A multi-contour mechanism has been developed to ensure data consolidation, digital representation of the state of construction processes, diagnosis of deviations, and generation of corrective actions. The nonlinear relationship between organizational and technological performance and the depth of digital transformation has been established, along with the existence of a digital saturation zone. The relationship between the intensity of digital changes and the structural stability of the system has been identified, substantiating the need to align the transformation load with the enterprise's adaptive capacity. Multi-criteria assessment encompasses digital maturity, technological synchronization, resource productivity, time performance, management adaptability, and structural stability. The proposed mechanism facilitates the transition to an integrated digital management contour capable of supporting balanced improvements in construction process performance, resource coordination, and the controllability of the organizational and

technological system under dynamic changes in the enterprise's internal and external environment.

Keywords: digital transformation; construction enterprise; organizational and technological system; digital management; information integration; resource and technological synchronization; management adaptability; digital maturity.

REFERENCES

1. Olanipekun A.O., Sutrisna M. Facilitating Digital Transformation in Construction—A Systematic Review of the Current State of the Art // Frontiers in Built Environment. – 2021. – Vol. 7. – Article 660758. – DOI: 10.3389/fbuil.2021.660758. – [Electronic resource]. – Available at: https://doi.org/10.3389/fbuil.2021.660758. {in English}

2. Forcael E., Ferrari I., Opazo-Vega A., Pulido-Arcas J. A. Construction 4.0: A Literature Review // Sustainability. – 2020. – Vol. 12, Issue 22. – Article 9755. – DOI: 10.3390/su12229755. – [Electronic resource]. – Available at: https://www.researchgate.net/publication/347112865_Construction_40_A_Literature_Review. {in English}

3. Naji K.K., Gunduz M., Alhenzab F.H., Al-Hababi H., Al-Qahtani A.H. A Systematic Review of the Digital Transformation of the Building Construction Industry // IEEE Access. – 2024. – Vol. 12. – P. 31461–31487. – DOI: 10.1109/ACCESS.2024.3365934. – [Electronic resource]. – Available at: https://doi.org/10.1109/ACCESS.2024.3365934. {in English}

4. Aleksieienko V.O., Chupryna Yu.A. Building an Integrated Concept of Digital Reengineering of Organizational Management Structures of Construction Enterprises // Formation of Market Relations in Ukraine. – 2026. – No. 4(299). – P. 64–76. – DOI: 10.66416/2522-1620.4.2026.64-76. – [Electronic resource]. – Available at: https://journal.dndiime.org.ua/index.php/journal/article/view/255. {in Ukrainian}

5. Dubinin D., Novak Ye. Formalization of Digital Transformation Processes of the Construction Organization System // Ways to Improve Construction Efficiency. – 2025. – Issue 55(3). – P. 3–11. – DOI: 10.32347/2707-501x.2025.55(3).3-11. – [Electronic resource]. – Available at: https://doi.org/10.32347/2707-501x.2025.55(3).3-11. {in English}

6. Dubinin D., Chertkov O. Organizational Aspects of Digital Transformation of Construction Processes // Ways to Improve Construction Efficiency. – 2024. – Issue 54(1). – P. 172–182. – DOI: 10.32347/2707-501x.2024.54(1).172-182. – [Electronic resource]. – Available at: https://doi.org/10.32347/2707-501x.2024.54(1).172-182. {in English}

7. Wijayarathne N., Gunawan I., Schultmann F. Dynamic Capabilities in Digital Transformation: A Systematic Review of Their Role in the Construction

Industry // Journal of Construction Engineering and Management. – 2024. – Vol. 150, Issue 11. – DOI: 10.1061/JCEMD4.COENG-15055. – [Electronic resource]. – Available at: https://doi.org/10.1061/JCEMD4.COENG-15055. {in English}

8. Fesun A., Kucherenko O., Fedorov V., Krupnyk D., Kostenko D. Digital Maturity of Construction Companies: Economic and Managerial Issues, Analytical Indicators, and Adaptation Scenarios // Ways to Improve Construction Efficiency. – 2024. – Issue 53(3). – P. 235–247. – DOI: 10.32347/2707-501x.2024.53(3).235-247. – [Electronic resource]. – Available at: https://doi.org/10.32347/2707-501x.2024.53(3).235-247. {in English}

9. Chupryna Y., Ryzhakova H., Zinchenko M., Biloshchytskyi A., Honchar V., Pokolenko V. Multilevel Cognitive Modeling of the Organizational and Technological Structure of Construction Based on Integrated Information and Analytical Platforms // IEEE. – 2026. – [Electronic resource]. – Available at: https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/11596041. {in English}

10. Nozari H., Szmelter-Jarosz A. Review of the Effects of Digital Transformation on the Construction Industry // Journal of the Knowledge Economy. – 2026. – DOI: 10.1007/s13132-026-03365-0. – [Electronic resource]. – Available at: https://doi.org/10.1007/s13132-026-03365-0. {in English}

DOI: 10.32347/2076-815x.2026.93.378-393
УДК 624.01

к.т.н, доцент **Глітін О.Б.,**
glitin.ob@knuba.edu.ua, https://orcid.org/0000-0003-1697-6473,
докт. філософії, доцент **Цюпин Є.І.,**
tsiupyn.yi@knuba.edu.ua, https://orcid.org/0000-0001-9428-6166,
Радецький С.Б.,
radetskyi.sb@knuba.edu.ua, https://orcid.org/0000-0001-5798-1987,
Київський національний університет будівництва і архітектури

ЗАГАЛЬНІ ПРИНЦИПИ ОБСТЕЖЕННЯ ЖИТЛОВИХ БУДІВЕЛЬ ПОШКОДЖЕНИХ ВНАСЛІДОК ВОЄННИХ ДІЙ

У статті наведено узагальнені положення та практичні рекомендації щодо організації технічного обстеження, оцінювання технічного стану, вибору способів підсилення та призначення протиаварійних заходів для будівельних конструкцій різного типу. Розглянуто підхід, що може бути застосований до залізобетонних, сталевих систем незалежно від характеру пошкодження та функціонального призначення об’єкта. Основну увагу зосереджено на формуванні послідовності дій від первинного виявлення небезпечних ознак до прийняття інженерного рішення щодо подальшої експлуатації, обмеження використання, тимчасового стабілізування, проєктного підсилення або демонтажу окремих елементів.

Актуальність теми зумовлена зростанням кількості випадків пошкодження будівель і споруд унаслідок аварійних, воєнних, пожежних та експлуатаційних впливів. У таких умовах ключового значення набуває не лише фіксація видимих дефектів, а й виявлення прихованих пошкоджень, що призводять до втрати несучої здатності, зокрема перерозподілу зусиль, порушення просторової роботи, локальної втрати стійкості, втрати обпирання конструкцій та розвитку прогресуючого обвалення. Запропоновано універсальну методику інженерного підходу, що поєднує первинну безпекову оцінку, детальне візуальне та інструментальне обстеження, аналітичну або чисельну перевірку залишкової несучої здатності та обґрунтування технічних рішень.

Окремо підкреслено, що в умовах пожежі або після тривалого теплового впливу визначальним чинником може бути не лише геометричне пошкодження елемента, а й зниження фізико-механічних властивостей матеріалу при нагріванні.

Ключові слова: технічне обстеження; стійкість; пожежа; прогресуюче обвалення; інструментальний контроль.

Постановка проблеми. У сучасних умовах будівлі та споруди дедалі частіше зазнають впливів, які призводять до локальних або системних пошкоджень несучих і огороджувальних конструкцій. До таких впливів належать пожежі, вибухи, ударні дії, просідання основ, корозійні процеси, перевантаження, помилки під час експлуатації, дефекти будівництва, фізичний знос, а також наслідки бойових дій [1-3]. У кожному з цих випадків постає питання не лише фіксації самого факту пошкодження, а й швидкого визначення рівня небезпеки, можливості подальшої експлуатації об’єкта та доцільності підсилення або протиаварійного втручання [1, 3-5].

Складність проблеми полягає в тому, що зовнішні ознаки пошкодження далеко не завжди прямо відповідають реальному рівню небезпеки. Незначні на перший погляд тріщини, деформації можуть бути проявом глибших змін у роботі конструктивної системи. Локальна втрата одного елемента або пошкодження вузла часто спричиняє перерозподіл зусиль, перевантаження суміжних елементів, втрату стійкості, зміну розрахункової схеми та поступове формування аварійного стану [2, 3, 6]. Особливо небезпечними є випадки, коли пошкодження зосереджується в опорних зонах, у місцях стикування елементів, у вузлах передачі зусиль або в елементах, що забезпечують просторову жорсткість споруди [1-3, 6].

Додатковою проблемою є необхідність прийняття інженерних рішень в обмежений час. На практиці фахівець часто працює в умовах неповної інформації, складного доступу до конструкцій, ризику повторного руйнування окремих фрагментів та потреби одночасно забезпечити безпеку людей і зберегти можливість подальшого відновлення споруди [1, 3, 5]. У зв’язку з цим виникає потреба в універсальних рекомендаціях, які б дозволяли послідовно переходити від візуальної оцінки до інструментального підтвердження, від локальних спостережень до узагальненого висновку про стан системи та від фіксації пошкоджень до обґрунтованого вибору підсилення або протиаварійних заходів [1, 3-5].

Аналіз останніх досліджень і публікацій. В дослідженнях, присвячених обстеженню житлових будівель, пошкоджених унаслідок воєнних дій, простежується перехід від описового фіксування дефектів до системного аналізу технічного стану об’єкта з урахуванням конструктивної схеми, характеру пошкоджень, втрати локальної та загальної жорсткості, а також можливості подальшої експлуатації чи відновлення. У працях особливу увагу приділено польовому обстеженню житлових будівель, що зазнали дії вибухової хвилі, уламкового ураження, пожежі та локальних руйнувань. На прикладах окремих житлових будинків, панельних будинків та будівель із різними

конструктивними системами показано, що визначальними чинниками оцінювання є тип ураження, зона прикладання впливу, стан стиків, вузлів, зон обпирання, дисків перекриттів та розвиток тріщин у часі [8-14].

Публікації, що пов'язані з інтеграцією візуального огляду з інструментальними методами контролю. Українські дослідники розглядають геодезичне забезпечення обстежень, вібродинамічну діагностику, уточнення розрахункових схем, чисельне моделювання ресурсу будівель у зоні воєнних впливів, а також використання BIM, цифрових моделей і штучного інтелекту для оперативної оцінки технічного стану пошкоджених багатоповерхових будинків. Це свідчить про формування нового підходу, в якому рішення щодо придатності, стабілізування чи відновлення приймаються на основі поєднання натурних даних, моніторингу та моделювання [7, 11-17].

У працях, що відноситься до швидкої та дистанційної оцінки пошкоджень, зокрема із застосуванням супутникових даних для визначення руйнувань житлової забудови в Києві [18]. Також, роботи, що охоплюють методи rapid visual screening і посткатастрофічної оцінки будівель, які, хоча й розроблялися переважно для сейсмічних подій, є методологічно близькими до задач післявоєнного обстеження житлового фонду [19-20]. Також роботи, що присвячені уніфікації польових протоколів, стандартизації збору даних до післяаварійного оцінювання і комплексних руйнувань [21].

У працях, присвячених інструментальному обстеженню та діагностиці будівельних конструкцій, підкреслюється важливість поєднання натурних вимірювань із чисельним моделюванням. Зокрема, у дослідженнях динамічної роботи конструкцій показано, що лише за результатами інструментальних вимірювань можна встановити фактичну реакцію споруди на зовнішні впливи, а подальше скінченно-елементне моделювання дозволяє інтерпретувати отримані результати та виявити причини небезпечних деформацій або коливань. Окремі дослідження, у яких розглядається чисельно-експериментальний підхід до аналізу конструкцій в умовах складних впливів. У таких роботах результати натурних вимірювань використовуються для уточнення розрахункової моделі, визначення причин появи тріщин, деформацій або інших ознак аварійності, а також для вибору конструктивного рішення щодо підсилення або відновлення [22, 23].

Метою публікації є сформувати універсальні науково-практичні рекомендації щодо організації технічного обстеження, оцінювання технічного стану, вибору способів підсилення та призначення протиаварійних заходів для будівельних конструкцій різного типу з урахуванням необхідності оперативного реагування, забезпечення безпеки людей, збереження конструктивної цілісності та недопущення прогресуючого обвалення.

Виклад основного матеріалу.

1. Загальний підхід до інженерного реагування на пошкодження конструкцій

Раціональна схема роботи з пошкодженими конструкціями має будуватися за послідовністю: первинна безпекова оцінка, детальне обстеження, інструментальна та розрахункова перевірка, формування технічного рішення. Такий підхід є універсальним, оскільки дає змогу відокремити невідкладні заходи безпеки від більш глибокого аналізу причин пошкодження та можливих варіантів відновлення. Для житлових будівель, пошкоджених унаслідок воєнних дій, ця послідовність має особливе значення, оскільки первинно виявлені зовнішні ознаки руйнувань не завжди повною мірою відображають фактичну зміну роботи всієї конструктивної системи.



Рис. 1. Загальний вигляд багатоповерхової житлової будівлі з руйнуванням торцевих стінових панелей

На першому етапі головним завданням є зниження ризику негайного руйнування або травмування людей. На другому етапі формується системне уявлення про конструктивну схему будівлі, характер пошкоджень і можливі механізми їх подальшого розвитку. На третьому етапі виконується кількісна перевірка фактичного стану конструкцій із використанням вимірювань, випробувань і розрахунків. Лише після цього доцільно переходити до остаточних висновків щодо режиму експлуатації, необхідності підсилення, часткового розбирання або демонтажу окремих фрагментів.

Принципово важливо, щоб технічне рішення приймалося не ізольовано для окремого дефекту, а з урахуванням впливу цього дефекту на роботу всієї

системи. Наприклад, локальна втрата обпирання однієї плити перекриття може спричинити зміну роботи суміжних стін, ділянок перекриттів, вузлів з'єднання та елементів, що забезпечують просторову жорсткість будівлі. Саме тому будь-яке обстеження повинно поєднувати локальний і системний рівні аналізу, особливо коли пошкодження мають вертикально розвинений характер і охоплюють декілька поверхів.



Рис. 2. Вогневий вплив на житлову будівлю

2. Первинна безпекова оцінка та виявлення небезпечних зон

Первинна оцінка виконується невідкладно після виявлення пошкодження або після настання події, що могла спричинити аварійний стан. Основним завданням цього етапу є встановлення меж небезпечної зони, виявлення нестійких фрагментів та оцінка необхідності негайного втручання. У межах такого огляду визначаються ділянки, де можливе падіння уламків, подальше розкриття тріщин, втрата обпирання, раптове зміщення елементів або локальне обвалення частин фасаду, балконів чи перекриттів. Для житлових будівель, пошкоджених унаслідок воєнних дій, саме візуальний огляд часто є першим джерелом інформації щодо характеру та масштабу локалізації руйнувань.

Особливу увагу слід приділяти відокремленим або частково відокремленим елементам, які втратили надійне закріплення. До них належать пошкоджені панелі, частини перекриттів, фрагменти стін, балконні плити та огородження, деформовані металеві елементи, зруйновані вузли або ослаблені

підвісні частини фасадних систем. У разі виявлення таких фрагментів рішення щодо огородження території, заборони доступу, тимчасового закріплення або локального демонтажу повинно прийматися негайно, ще до завершення повного циклу обстеження.



Рис. 3. Приклад вогневого впливу на житлову будівлю

На цьому ж етапі потрібно оцінити, чи не свідчать виявлені ознаки про формування аварійного механізму. До таких ознак належать великі прогини, різкі перекоси, ступінчасті зміни положення елементів, нехарактерні зсуви у вузлах, швидке збільшення ширини тріщин, просідання опор, порушення вертикальності стінових панелей або локальна деформація балконних конструкцій. Якщо такі ознаки присутні, подальше обстеження повинно виконуватися лише після запровадження мінімально необхідних протиаварійних заходів.

3. Детальне технічне обстеження та систематизація пошкоджень

Детальне обстеження передбачає вивчення конструктивної схеми об’єкта, фактичної роботи елементів, особливостей шляхів передавання навантаження та виявлення критичних зон. Насамперед необхідно встановити, які елементи є основними несучими, які забезпечують просторову жорсткість, а які виконують допоміжну або огороджувальну функцію. Без такої ідентифікації складно правильно оцінити наслідки конкретного пошкодження.



Рис. 4. Руйнування стінових панелей

У процесі обстеження доцільно виконувати картування дефектів. Воно повинно охоплювати тріщини, відколи, відшарування, вм'ятини, деформації, корозійні ураження, пошкодження вузлів, порушення обпирання, сліди температурного впливу, зони зволоження, руйнування захисних покриттів та інші ознаки деградації. Картування дозволяє не лише зафіксувати поточний стан, а й виділити ділянки, де можливий подальший розвиток пошкоджень. Для багатоповерхових житлових будівель особливо важливо простежити вертикальну і горизонтальну протяжність зони ураження, встановити межі пошкоджених осередків, балконних блоків, фасадних панелей, стиків і ділянок перекриттів.

4. Інструментальні методи контролю та кількісне підтвердження стану

Для переходу від якісної оцінки до кількісних висновків необхідно застосовувати інструментальні методи контролю. До них належать геодезичні вимірювання положення конструкцій, контроль прогинів, осідань, кренів і зсувів, спостереження за розвитком тріщин, визначення міцності матеріалів неруйнівними методами, вимірювання товщини металевих елементів і покриттів, а також локальні розкриття для уточнення фактичного армування, стану закладних деталей або вузлів.

Геодезичні спостереження є особливо важливими тоді, коли існує ризик просторової втрати стійкості або нерівномірного деформування, що дозволяє встановити, чи має деформація локальний характер, чи вже відбувається

загальна зміна геометрії споруди. Контроль тріщин і прогинів у часі дає змогу відокремити стабілізований стан від активного розвитку аварійного процесу. Для житлових будівель із локальними руйнуваннями особливо інформативним є зіставлення візуальних ознак пошкодження з фактичними даними про відхилення елементів від проєктного положення.

Якщо конструкції зазнали пожежі, необхідно особливо уважно ставитися до непрямих ознак температурного впливу: змін кольору поверхні, деформацій сталевих елементів, відшарування захисного шару бетону, оголення арматури, обвуглення матеріалу конструкцій, розтріскування мурування, пошкодження захисних покриттів. У таких випадках інструментальне обстеження має поєднуватися з оцінкою можливого зниження фізико-механічних властивостей матеріалу при нагріванні та після охолодження.

5. Розрахункова перевірка залишкової несучої здатності

Після отримання фактичних даних виконується розрахункова перевірка залишкової несучої здатності конструкцій. Її метою є не повторення проєктного розрахунку, а оцінювання реальної здатності пошкодженої системи сприймати наявні та можливі експлуатаційні навантаження. У такій перевірці повинні враховуватися фактичні геометричні відхилення, ослаблення перерізів, тріщиноутворення, порушення роботи вузлів, зміни схеми обпирання, корозійні втрати, місцеві втрати стійкості та інші виявлені дефекти. Для житлових будівель, пошкоджених унаслідок воєнних дій, така перевірка є принципово важливою, оскільки дозволяє оцінити не лише поточний стан, а й потенційну безпечність подальшої експлуатації або необхідність негайного обмеження навантажень.



Рис. 5. Ураження БпЛА житлової багатоповерхової будівлі

Для простих випадків можуть застосовуватися аналітичні оцінки, проте в більш складних ситуаціях доцільно використовувати чисельне моделювання з уточненням жорсткостей і граничних умов. Особливо це стосується об'єктів із просторовою роботою, нерівномірним пошкодженням, складною системою зв'язків або локальною втратою елементів. Результатом має бути не лише загальний висновок про придатність чи непридатність, а й виявлення найбільш перевантажених або небезпечних ділянок. Розрахунок також необхідний для вибору раціонального способу підсилення.

6. Особливості обстеження конструкцій залежно від матеріалу

Для залізобетонних конструкцій основна увага приділяється тріщинам, ширині та характеру їх розкриття, стану опорних зон, наявності відшарування і сколів захисного шару, оголенню та корозії арматури, фактичному армуванню, роботі стиків і контактних поверхонь. Важливо встановити, чи не втрачено зчеплення арматури з бетоном, чи не відбулося зминання опорних ділянок та чи не порушено роботу диска перекриття. У контексті воєнних пошкоджень залізобетонних житлових будівель особливо небезпечними є локальні руйнування панелей, плит перекриття та стикових зон.



Рис. 6. Значне руйнування будівлі внаслідок ураження БпЛА

Для сталевих конструкцій ключовими є стан зварних швів, болтових з'єднань, фасонок, накладок і ребер, наявність пластичних деформацій, місцевих вм'ятин, позацентрового викривлення елементів, корозійних втрат і локальної втрати стійкості. Після пожежі додатково оцінюється можлива зміна геометрії та ослаблення елементів, особливо в тонкостінних і вузлових зонах.

7. Принципи вибору способів підсилення

Підсилення повинно орієнтуватися не лише на локальне «закриття» дефекту, а насамперед на відновлення або створення надійного шляху

передавання навантаження. Це ключовий принцип, який є спільним для будь-якого типу конструкцій. Якщо не усунути причину порушення силового потоку, локальне посилення може виявитися недостатнім або навіть призвести до небажаного перерозподілу зусиль. Для житлових будівель після воєнних пошкоджень такий підхід означає необхідність оцінювання не лише окремого пошкодженого елемента, а й усієї зони його взаємодії з суміжними конструкціями.

Залежно від ситуації підсилення може бути спрямоване на відновлення несучої здатності перерізу, збільшення жорсткості, підвищення стійкості, підсилення вузлів і з'єднань або компенсацію втрати обпирання. Для цього застосовують обойми, накладки, додаткові ребра, підсилювальні елементи, композитні матеріали, введення додаткових зон обпирання, підкоси, зв'язки, локальне замонолічування чи інші рішення залежно від матеріалу та конструктивної схеми. При цьому вибір конкретного рішення повинен ґрунтуватися на результатах обстеження і розрахункової перевірки, а не лише на зовнішньому вигляді дефекту.

Вибір способу підсилення повинен враховувати доступність пошкодженої зони, технологію виконання робіт, необхідність поетапного розвантаження, сумісність нового і наявного матеріалів, вимоги довговічності, корозійної та пожежної безпеки, а також можливість забезпечити контрольований режим монтажу.

8. Протиаварійні заходи та тимчасове стабілізування

Протиаварійні заходи застосовують тоді, коли стан конструкцій вимагає негайного втручання, а виконання повноцінного проєктного підсилення потребує часу. Їх основна мета полягає у тимчасовому стабілізуванні системи, обмеженні розвитку пошкоджень та забезпеченні безпеки до моменту реалізації постійного рішення. Для житлових будівель після воєнних дій такі заходи часто є першочерговими, оскільки локальні руйнування можуть швидко перейти в більш небезпечний стан під дією власної ваги, вітрового навантаження, вібрацій чи повторних динамічних впливів.

До найбільш поширених заходів належать підпирання плит, балок, ферм і консольних елементів, установлення тимчасових рам, стійок, розкосів і стяжок, локальне закріплення небезпечних фрагментів, зовнішнього огородження, розвантаження перекриття, обмеження доступу людей і техніки, демонтаж важких або нестійких елементів оздоблення й обладнання. У ряді випадків ефективним є введення тимчасових розвантажувальних конструкцій, які перехоплюють частину зусиль і дозволяють виконати подальше обстеження без зростання ризику. Такі рішення особливо актуальні для балконних плит,

фасадних панелей, послаблених перекриттів і зон локального порушення обпирання.

Особливістю протиаварійних заходів є те, що вони повинні бути достатньо надійними, але водночас технологічно швидкими у виконанні. Такі рішення не замінюють проєктного відновлення, однак саме вони часто визначають, чи вдасться запобігти подальшому прогресуванню аварійного процесу.

Висновки та рекомендації. Запропонована послідовність технічного обстеження житлових будівле, пошкоджених внаслідок воєнних дій:

1. Ефективна стратегія роботи з пошкодженими будівельними конструкціями повинна базуватися на поетапній послідовності: первинна безпекова оцінка, детальне технічне обстеження, інструментальна та розрахункова перевірка, прийняття рішень щодо режиму експлуатації, підсилення або демонтажу.
2. Найбільш критичними ознаками, що потребують невідкладного реагування, є втрата обпирання, нестійкі або частково відокремлені фрагменти, різкі зміни геометрії, швидке прогресування тріщин, пошкодження вузлів і з’єднань, а також наслідки пожежі, що супроводжуються зниженням фізико-механічних властивостей матеріалу при нагріванні.
3. Обстеження повинно мати не лише описовий, а й аналітичний характер. Воно має поєднувати візуальну фіксацію дефектів, інструментальний контроль, оцінювання динаміки змін у часі та розрахункову перевірку залишкової несучої здатності з урахуванням фактичного стану системи.
4. Підсилення доцільно призначати за принципом відновлення або створення надійного шляху передавання навантаження. При цьому особливу увагу необхідно приділяти вузлам, опорним зонам, елементам просторової жорсткості та ділянкам, у яких локальне ушкодження може спричинити непропорційно великі наслідки.
5. Протиаварійні заходи мають розглядатися як невідкладний інструмент тимчасового стабілізування. Їхнє призначення полягає у локалізації пошкодження, зниженні ризику подальшого руйнування та забезпеченні безпечних умов для подальшого обстеження і виконання проєктного підсилення.
6. Для недопущення прогресуючого обвалення ключовими є збереження або відновлення конструктивної цілісності, надійності вузлів і з’єднань, забезпечення альтернативних шляхів передавання навантаження, а також організація моніторингу у випадках, коли стан конструкцій може змінюватися після аварійної події.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. ДСТУ 9273:2024. Настанова щодо обстеження будівель і споруд для визначення та оцінювання їхнього технічного стану. Механічний опір та стійкість. Київ, 2024.

2. ДБН В.1.2-14:2018. Загальні принципи забезпечення надійності та конструктивної безпеки будівель і споруд. Зі Зміною№1. Київ: Мінрегіон України, 2018.

3. ISO 13822:2010. Bases for design of structures — Assessment of existing structures. Geneva: International Organization for Standardization, 2010.

4. ДСТУ Б В.3.1-2:2016. Ремонт і підсилення несучих і огороджувальних будівельних конструкцій та основ будівель і споруд. Київ, 2016.

5. FEMA P-2055. Post-disaster Building Safety Evaluation. Applied Technology Council, 2019.

6. UFC 4-023-03. Design of Buildings to Resist Progressive Collapse. Washington, DC: Department of Defense, 2009; Change 4, 2024.

7. Цюпин, Є. І. (2024). BIM-технології металевих конструкцій: навчальний посібник. ISBN 978-617-520-729-1.

8. Molodid, O.S., Kovalchuk, O.Yu., Skochko, V.I., Plokhuta, R.O., Molodid, O.S., Musiiaka, I.V. Inspection of war-damaged buildings and structures by the example of urban settlement Borodianka. *Strength of Materials and Theory of Structures*. 2023. No. 110. P. 328-343. DOI: 10.32347/2410-2547.2023.110.328-343.

9. Tabarkevych, N., Serhiichuk, V., Bielokon, A., Tabarkevych, O. Features of inspection and assessment of the technical condition of a residential building damaged by military actions for its suitability for further use. *Science and Construction*. 2023. No. 35(1). P. 27-42. DOI: 10.33644/2313-6679-1-2023-4.

10. Melashenko, Yu., Sliusarenko, Yu., Ishchenko, Yu., Pavliuk, Ye. Experience of inspecting panel buildings damaged by hostilities. *Science and Construction*. 2023. No. 36(2). P. 41–50. DOI: 10.33644/2313-6679-2-2023-5.

11. Hlukhovskyi, V., Lisenyi, O., Marienkov, M., Dubovyk, S., Liubchenko, I., Yakovenko, M. Inspection, assessment of technical condition and restoration conditions of a residential building at 6-A V. Lobanovskyi Avenue in Kyiv damaged by military actions. *Science and Construction*. 2023. No. 33(3-4). P. 55-68. DOI: 10.33644/2313-6679-34-2022-6.

12. Serhiichuk, V., Yakovenko, M., Nesterenko, O., Zorin, Ye., Ben, I. Geodetic support for the inspection of buildings damaged due to military actions: the case of the “Dynasty” residential complex in Kyiv. *Science and Construction*. 2024. No. 40(2). P. 3-16. DOI: 10.33644/2313-6679-2-2024-1.

13. Donets, T. Characteristics of damage to buildings with different structural systems as a result of military actions. *Science and Construction*. 2024. No. 40(2). DOI: 10.33644/2313-6679-2-2024-6.

14. Nuzhnyi, V. First investigations of damage to buildings and structures as a consequence of combat actions. *Building Constructions. Theory and Practice*. 2022. No. 11. P. 104-114. DOI: 10.32347/2522-4182.11.2022.104-114.

15. Farenyuk, H.G., Nemchynov, Yu.I., Bielokon, O.L., Marienkov, M.G., Bohdan, D.V., Babik, K.M., Baitala, Kh.Z. Assessment of the condition of buildings and structures using vibrodynamic method after damages caused by military actions. *Science and Construction*. 2022. No. 32(2). P. 3-18. DOI: 10.33644/2313-6679-08-2022-1.

16. Kaliukh, I., Dunin, V., Marienkov, M., Trofymchuk, O., Kurash, S. Peculiarities of Applying the Risk Theory and Numerical Modeling to Determine the Resource of Buildings in a Zone of Influence of Military Actions. *Cybernetics and Systems Analysis*. 2023. Vol. 59. P. 612-623. DOI: 10.1007/s10559-023-00596-w

17. Hryhorovskyi, P., Osadcha, I., Jurelionis, A., Basanskyi, V., Hryhorovskyi, A. A BIM-Based Method for Structural Stability Assessment and Emergency Repairs of Large-Panel Buildings

Damaged by Military Actions and Explosions: Evidence from Ukraine. *Buildings*. 2022. Vol. 12(11). Article 1817. DOI: 10.3390/buildings12111817.

18. Aimaiti, Y., Sanon, C., Koch, M., Baise, L. G., Moaveni, B. War Related Building Damage Assessment in Kyiv, Ukraine, Using Sentinel-1 Radar and Sentinel-2 Optical Images. *Remote Sensing*. 2022. Vol. 14(24). Article 6239. DOI: 10.3390/rs14246239.

19. Harirchian, E., Lahmer, T., Buddhiraju, S., Mohammad, K., Mosavi, A. Earthquake Safety Assessment of Buildings through Rapid Visual Screening. *Buildings*. 2020. Vol. 10(3). Article 51. DOI: 10.3390/buildings10030051.

20. Demir, A. Post-earthquake structural damage assessment, lessons learned, and addressing objections following the 2023 Kahramanmaras, Turkey earthquakes. *Bulletin of Earthquake Engineering*. 2025. Vol. 23. P. 1107-1127. DOI: 10.1007/s10518-024-02092-8.

21. Alam, M.S., Kijewski-Correa, T., Roueche, D., Mosalam, K.M., Prevatt, D., Robertson, I.A unified framework for post-disaster hazard and structural assessment data collection across hazards and infrastructure typologies. *Frontiers in Built Environment*. 2025. Vol. 11. Article 1546616. DOI: 10.3389/fbuil.2025.1546616.

22. Vabischevich, M., Dedov, O., & Glitin, O. (2019). Numerical-experimental research of technological equipment foundations in dynamic impact conditions. *Technology Audit and Production Reserves*, *5*(1(49), 32–35. https://doi.org/10.15587/2312-8372.2019.183264.

23. Vabischevich, M., Dedov, O., & Glitin, O. (2019). Experimental determination of the spectrum of structure vibrations under the influence of technological load. *Technology Audit and Production Reserves*, *4*(1(48), 39–42. https://doi.org/10.15587/2312-8372.2019.179138.

PhD (Tech. Sci.), Associate Professor **Oleksandr Glitin,**
PhD (Tech. Sci.), Associate Professor **Yevhen Tsiupyn,**
PhD student **Serhii Radetskyi,**
Kyiv National University of Construction and Architecture

GENERAL PRINCIPLES FOR THE INSPECTION OF RESIDENTIAL BUILDINGS DAMAGED AS A RESULT OF MILITARY ACTIONS

The article presents generalized provisions and practical recommendations for organizing technical inspections, assessing the technical condition, selecting strengthening methods, and assigning emergency stabilization measures for building structures of various types. An approach applicable to reinforced concrete, steel, masonry, and timber systems is considered, regardless of the nature of the damage and the functional purpose of the facility. The main focus is placed on establishing a sequence of actions from the initial identification of hazardous signs to making an engineering decision regarding further operation, restriction of use, temporary stabilization, design strengthening, or dismantling of individual elements.

The relevance of the topic is due to the growing number of cases of damage to buildings and structures resulting from accidental, wartime, fire, and operational impacts. Under such conditions, of key importance is not only the identification of visible defects, but also the detection of hidden damage leading to a loss of load-bearing capacity, including force redistribution, disturbance of spatial behavior, local

loss of stability, loss of structural support, and the development of progressive collapse. A universal engineering methodology is proposed that combines an initial safety assessment, detailed visual and instrumental inspection, analytical or numerical verification of residual load-bearing capacity, and substantiation of technical decisions.

It is emphasized separately that under fire conditions or after prolonged thermal exposure, the governing factor may be not only the geometric damage of an element, but also the reduction in the physical and mechanical properties of the material when heated.

Keywords: technical inspection; stability; fire; progressive collapse; instrumental control.

REFERENCES

1. DSTU 9273:2024. Nastanova shchodo obstezhennia budivel i sporud dlia vyznachennia ta otsiniuvannia yikhnoho tekhnichnoho stanu. Mekhanichnyi opir ta stiikist. Kyiv, 2024. {in Ukrainian}.

2. DBN V.1.2-14:2018. Zahalni pryntsypy zabezpechennia nadiinosti ta konstruktyvnoi bezpeky budivel i sporud. Zi Zminoiu No. 1. Kyiv: Minrehion Ukrainy, 2018. {in Ukrainian}.

3. ISO 13822:2010. Bases for design of structures — Assessment of existing structures. Geneva: International Organization for Standardization, 2010. {in English}.

4. DSTU B V.3.1-2:2016. Remont i pidsylennia nesuchykh i ohorodzhuvalnykh budivelnykh konstruktsii ta osnov budivel i sporud. Kyiv, 2016. {in Ukrainian}.

5. FEMA P-2055. Post-disaster Building Safety Evaluation. Applied Technology Council, 2019. {in English}.

6. UFC 4-023-03. Design of Buildings to Resist Progressive Collapse. Washington, DC: Department of Defense, 2009; Change 4, 2024. {in English}.

7. Tsiupyn, Ye.I. (2024). BIM-tekhnolohii metalevykh konstruktsii: navchalnyi posibnyk. ISBN 978-617-520-729-1. {in Ukrainian}.

8. Molodid, O.S., Kovalchuk, O.Yu., Skochko, V.I., Plokhuta, R.O., Molodid, O.S., Musiiaka, I.V. Inspection of war-damaged buildings and structures by the example of urban settlement Borodianka. *Strength of Materials and Theory of Structures*. 2023. No. 110. P. 328-343. DOI: 10.32347/2410-2547.2023.110.328-343. {in English}.

9. Tabarkevych, N., Serhiichuk, V., Bielokon, A., Tabarkevych, O. Osoblyvosti obstezhennia ta otsinky tekhnichnoho stanu zhytlovoho budynku, poshkodzhenoho vnaslidok viiskovykh dii, shchodo yoho prydatnosti do podalshoi ekspluatatsii.

Nauka ta budivnytstvo. 2023. No. 35(1). P. 27-42. DOI: 10.33644/2313-6679-1-2023-4. {in Ukrainian}.

10. Melashchenko, Yu., Sliusarenko, Yu., Ishchenko, Yu., Pavliuk, Ye. Dosvid obstezhennia panelnykh budynkiv, poshkodzhenykh vnaslidok boiovykh dii. Nauka ta budivnytstvo. 2023. No. 36(2). P. 41-50. DOI: 10.33644/2313-6679-2-2023-5. {in Ukrainian}.

11. Hlukhovskyi, V., Lisenyi, O., Marienkov, M., Dubovyk, S., Liubchenko, I., Yakovenko, M. Obstezhennia, otsinka tekhnichnoho stanu ta umovy vidnovlennia zhytlovoho budynku na prospekti V. Lobanovskoho, 6-A v m. Kyievi, poshkodzhenoho vnaslidok voiennykh dii. Nauka ta budivnytstvo. 2022. No. 33(3-4). P. 55-68. DOI: 10.33644/2313-6679-34-2022-6. {in Ukrainian}.

12. Serhiichuk, V., Yakovenko, M., Nesterenko, O., Zorin, Ye., Ben, I. Heodezychne zabezpechennia kompleksu robit z obstezhennia budivel, shcho postrazhdaly vnaslidok viiskovykh dii na prykladi ZhK «Dynastiia» v m. Kyievi. Nauka ta budivnytstvo. 2024. No. 40(2). P. 3-16. DOI: 10.33644/2313-6679-2-2024-1. {in Ukrainian}.

13. Donets, T. Kharakterystyka poshkodzhen budivel z riznymy konstruktyvnymy systemamy vnaslidok voiennykh dii. Nauka ta budivnytstvo. 2024. No. 40(2). DOI: 10.33644/2313-6679-2-2024-6. {in Ukrainian}.

14. Nuzhnyi, V. Pershi doslidzhennia ushkodzhen budivel i sporud vnaslidok boiovykh dii. Budivelni konstruktsii. Teoriia i praktyka. 2022. No. 11. P. 104-114. DOI: 10.32347/2522-4182.11.2022.104-114. {in Ukrainian}.

15. Farenyuk, H.H., Nemchynov, Yu.I., Bielokon, O.L., Marienkov, M.H., Bohdan, D.V., Babik, K.M., Baitala, Ch.Z. Otsinka stanu budivel i sporud vibrodynamichnym metodom pislia viiskovykh poshkodzhen. Nauka ta budivnytstvo. 2022. No. 32(2). P. 3-18. DOI: 10.33644/2313-6679-08-2022-1. {in Ukrainian}.

16. Kaliukh, I., Dunin, V., Marienkov, M., Trofymchuk, O., Kurash, S. Peculiarities of Applying the Risk Theory and Numerical Modeling to Determine the Resource of Buildings in a Zone of Influence of Military Actions. *Cybernetics and Systems Analysis*. 2023. Vol. 59. P. 612-623. DOI: 10.1007/s10559-023-00596-w. {in English}.

17. Hryhorovskyi, P., Osadcha, I., Jurelionis, A., Basanskyi, V., Hryhorovskyi, A. A BIM-Based Method for Structural Stability Assessment and Emergency Repairs of Large-Panel Buildings Damaged by Military Actions and Explosions: Evidence from Ukraine. *Buildings*. 2022. Vol. 12(11). Article 1817. DOI: 10.3390/buildings12111817. {in English}.

18. Aimaiti, Y., Sanon, C., Koch, M., Baise, L. G., Moaveni, B. War Related Building Damage Assessment in Kyiv, Ukraine, Using Sentinel-1 Radar and Sentinel-

2 Optical Images. *Remote Sensing*. 2022. Vol. 14(24). Article 6239. DOI: 10.3390/rs14246239. {in English}.

19. Harirchian, E., Lahmer, T., Buddhiraju, S., Mohammad, K., Mosavi, A. Earthquake Safety Assessment of Buildings through Rapid Visual Screening. *Buildings*. 2020. Vol. 10(3). Article 51. DOI: 10.3390/buildings10030051. {in English}.

20. Demir, A. Post-earthquake structural damage assessment, lessons learned, and addressing objections following the 2023 Kahramanmaras, Turkey earthquakes. *Bulletin of Earthquake Engineering*. 2025. Vol. 23. P. 1107-1127. DOI: 10.1007/s10518-024-02092-8. {in English}.

21. Alam, M.S., Kijewski-Correa, T., Roueche, D., Mosalam, K.M., Prevatt, D., Robertson, I. A unified framework for post-disaster hazard and structural assessment data collection across hazards and infrastructure typologies. *Frontiers in Built Environment*. 2025. Vol. 11. Article 1546616. DOI: 10.3389/fbuil.2025.1546616. {in English}.

22. Vabischevich, M., Dedov, O., & Glitin, O. (2019). Numerical-experimental research of technological equipment foundations in dynamic impact conditions. *Technology Audit and Production Reserves*, *5*(1(49), 32–35. https://doi.org/10.15587/2312-8372.2019.183264. {in English}.

23. Vabischevich, M., Dedov, O., & Glitin, O. (2019). Experimental determination of the spectrum of structure vibrations under the influence of technological load. *Technology Audit and Production Reserves*, *4*(1(48), 39–42. https://doi.org/10.15587/2312-8372.2019.179138. {in English}.

DOI: 10.32347/2076-815x.2026.93.394-407
УДК 711.4:620.92
д.т.н., професор **Доненко В.І.,**
v.donenko@snu.edu.ua, ORCID: 0000-0002-5728-5081,
Білобров Д.Л.,
belgb32@gmail.com, ORCID: 0009-0005-4821-0028,
Східноукраїнський національний університет імені Володимира Даля

ПРОСТОРОВІ ПЕРЕДУМОВИ ТА МОРФОМЕТРИЧНІ МЕЖІ ЕНЕРГОПОЗИТИВНОЇ ВІДБУДОВИ ЗРУЙНОВАНИХ РАЙОНІВ

Розглянуто просторовий бік формування енергопозитивних районів у містах, що зазнали руйнувань. Показано, що вихідна ситуація відбудови принципово відрізняється від умов, для яких розроблялася європейська концепція: просторова структура кварталу тут не задана, а є проєктною змінною, тоді як наявні підходи розглядають морфологію території як вихідні дані, а ступінь руйнувань зводять до облікової оцінки збитків. Просторові передумови систематизовано за трьома групами, а саме морфометричною, ресурсно-територіальною та інфраструктурно-топологічною, подано у вигляді структурної моделі та зведено показники з переліком джерел даних, доступних на стадії планування. Руйнування описано як просторовий оператор подвійної дії, що водночас вивільняє територію і фрагментує структуру району. Побудовано балансову модель, яка пов'язує коефіцієнт забудови, середню поверховість і питоме енергоспоживання з мінімально необхідною часткою території під генерувальні установки і дає гранично допустиму поверховість відбудови. Встановлено, що за просторового резерву 15-35 % площі району енергопозитивний баланс у його фізичних межах досяжний за середньої поверховості від 1,0 до 2,8 поверху залежно від класу енергоефективності відбудови. Аналіз чутливості показав, що визначальним є саме клас енергоефективності, тоді як вплив коефіцієнта забудови і питомої продуктивності установок удвічі слабший. Для забудови в 5-9 поверхів обчислено площу суміжних територій, потрібну для замикання балансу, вона становить від 0,5 до 2,5 площі самого району. Запропоновано порядок урахування просторових передумов у документації з комплексного відновлення.

Ключові слова: енергопозитивний район; просторовий резерв; гранична поверховість забудови; щільність забудови; енергетичний баланс території; відбудова міст; комплексне відновлення.

Актуальність. Обсяг пошкоджень міського середовища України давно вийшов за межі, у яких доречно говорити про ремонт. За п'ятою оцінкою потреб на відновлення (RDNA5), оприлюдненою 23 лютого 2026 року, прямі

збитки за 46 місяців з лютого 2022 до кінця грудня 2025 року перевищили 195 млрд дол. США. Сукупні потреби на відновлення і реконструкцію оцінено майже у 588 млрд дол. США на десятиліття [1]. Пошкоджено або зруйновано 14 % житлового фонду, а це понад три мільйони домогосподарств. Житловий сектор потребує близько 90 млрд дол. США, енергетичний - близько 91 млрд, причому обсяг пошкоджених і зруйнованих енергетичних активів зріс приблизно на 21 % проти попередньої оцінки [1]. Ідеться вже не про повернення втраченого, а про переформатування просторової структури міст.

Житловий фонд і енергетична інфраструктура відбудовуються одночасно, і це рідкісна для мирного містобудування обставина: рішення про просторову організацію кварталу і рішення про схему його енергозабезпечення потрапляють в один проєктний цикл. Саме таке припущення закладене в європейську концепцію енергопозитивного району, закріплену в Плані SET, дія 3.2, і в рамковому визначенні JPI Urban Europe [2, 3]. Енергопозитивним вважають район, який у річному підсумку виробляє більше енергії з відновлюваних джерел, ніж споживає, за умови збереження прийнятних умов проживання та інтеграції з енергетичною системою міста [3].

Концепція, однак, формувалася для сталого європейського міста. Там забудова вже існує і в межах проєкту практично не змінюється, тому критерії енергопозитивного району сформульовані переважно в енергетичних і техніко-економічних термінах, а просторові характеристики території входять до розрахунку як вихідні дані. У місті, що зазнало руйнувань, ця передумова не виконується: значної частини забудови немає фізично, а її параметри ще належить призначити. Питання про просторові передумови тут передує питанню про технології.

Не менш гострим є практичний бік. Поверховість, щільність і межі кварталів закріплюються містобудівною документацією раніше, ніж з'являються рішення щодо енергетичної схеми району, і здебільшого незалежно від них. Морфологічні параметри забудови жорстко обмежують досяжний енергетичний баланс, тож передчасне їх закріплення робить енергопозитивність недосяжною ще до того, як її почнуть проєктувати. Просторове вікно можливостей, відкрите руйнуваннями, закривається з кожним поодиноким рішенням про відновлення окремого будинку.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Рамкове визначення енергопозитивного району і систему цільових показників подано в матеріалах Плану SET та в білій книзі JPI Urban Europe [2, 3]. Першу хвилю європейських проєктів узагальнили S. Bossi, C. Gollner і S. Theierling на основі 61 кейсу: межі, площі та функціональний склад районів виявилися настільки різнорідними, що зіставляти результати важко, а усталеного просторового означення об'єкта фактично немає [4].

Просторовий бік задачі опрацьовано переважно в межах геоінформаційного підходу. B. Alpagut зі співавторами запропонували багатокритеріальну ГІС-оцінку для встановлення межі енергопозитивного району, поєднавши енергетичні критерії з вимогами землекористування [5]. У роботі [6] цей напрям розвинуто до методики виявлення придатних територій у масштабі міста, причому придатність визначається насамперед поєднанням доступних поверхонь і характеру наявної забудови. Дослідження [7] зосереджене на тривимірному геоінформаційному моделюванні, яке дає змогу оцінити сонячний потенціал району з урахуванням взаємного затінення будівель.

Зв'язок морфології забудови з надходженням сонячної радіації досліджено докладно. Систему індикаторів доступності радіації у міському середовищі обґрунтував ще у 2006 році D. Robinson [8]. M. Morganti зі співавторами показали, що для сонячного потенціалу визначальними є коефіцієнт забудови, інтенсивність забудови, відношення площі фасадів до площі ділянки та коефіцієнт відкритості небосхилу [9]. Оглядова праця B. Liu зі співавторами за 2011-2022 роки підтвердила стійкість цих залежностей: зі зростанням компактності забудови річна інсоляція поверхонь знижується, а потенціал фасадних фотоелектричних систем падає в рази [10]. Класифікаційний апарат щільності забудови, що використовується нижче, спирається на модель Spacematrix, де пара показників «коефіцієнт забудови - інтенсивність забудови» однозначно задає середню поверховість і тип морфології [11].

Українська складова проблематики розвивається переважно в напрямі оцінювання планувальних рішень відбудови. Л. Піліпака і Р. Ничипорук апробували методику комплексного оцінювання типів міського планування для післявоєнного розвитку; за їхніми розрахунками найвищий інтегральний показник має кластерна структура із забудовою середньої поверховості, яка врівноважує економічність і соціальну доступність [12]. Оновилося й нормативне поле: Зміна № 1 до ДБН Б.2.2-12:2019 «Планування та забудова територій», чинна з 1 січня 2026 року, коригує підходи до функціонального зонування і до нормативних показників використання територій [13].

Що лишилося невирішеним. У переглянутих працях просторові характеристики території розглядаються як її дані, тобто як те, що вимірюють, а не як те, що призначають. Ступінь руйнувань не входить до жодної з розглянутих просторових моделей як планувальний параметр і фігурує лише в облікових оцінках збитків. Через це немає зворотного переходу від вимоги енергопозитивності до обмежень на параметри забудови, а розробникові документації з комплексного відновлення потрібен саме він.

Мета дослідження полягає у виявленні та систематизації просторових передумов формування енергопозитивних районів у містах, що зазнали руйнувань, і в обґрунтуванні кількісного критерію просторової придатності території, придатного для застосування на стадії розроблення містобудівної документації з комплексного відновлення.

Для досягнення мети поставлено такі задачі: з'ясувати, чим просторова ситуація зруйнованого району відрізняється від вихідних умов європейських проєктів енергопозитивних районів; систематизувати просторові передумови за групами і показниками, вимірними за даними обстеження пошкоджень; формалізувати подвійну дію руйнувань на просторову структуру району; побудувати балансову модель, що пов'язує морфометричні параметри забудови з часткою території, потрібною під розміщення генерувальних установок; визначити граничні значення середньої поверховості відбудови і оцінити чутливість цих значень до вихідних параметрів моделі; сформулювати порядок урахування виявлених передумов у складі документації з комплексного відновлення.

Роботу побудовано у п'ять етапів. Спочатку вихідні умови європейських проєктів зіставлено з умовами відбудови за критеріями змінюваності забудови, наявності вільної території, збереженості мереж і сталості попиту. Далі виокремлено групи передумов, а показники дібрано за подвійною вимогою: показник має впливати на баланс і має бути вимірним за доступними даними. Третій етап, модельний, дав балансове співвідношення району з переходом від питомих показників до морфометричних параметрів забудови. На четвертому це співвідношення розв'язано відносно частки території під генерацію, побудовано номограму, оцінено чутливість результату і обчислено площу суміжних територій для випадку розширеної межі району. Завершує роботу формулювання послідовності дій розробника містобудівної документації.

Виклад основного матеріалу.

Просторова специфіка району, що зазнав руйнувань. Вихідні умови розрізняються за чотирма ознаками, і кожна з них має планувальні наслідки.

Найперша ознака стосується самої забудови. У європейському проєкті енергопозитивного району геометрія кварталу задана, і проєктувальник працює в межах наявних поверхонь. Там, де забудова частково зруйнована, геометрії просто немає, а отже поверховість, орієнтація нових об'ємів і конфігурація стають проєктними змінними. Досяжний рівень енергетичних показників від цього зростає, але тільки доти, доки рішення не закріплені.

Друга ознака це вільна територія. Демонтаж аварійних будівель вивільняє ділянки всередині вже сформованої структури кварталу. Такі ділянки не є пустирями на периферії: вони лежать у зоні наявних мереж і в межах

пішохідної доступності до збереженого фонду, тому для районної енергетики цінніші за будь-які інші.

Далі йдуть мережі. Пошкодження розподільчих і теплових мереж знімає успадковані обмеження на трасування, але водночас позбавляє район готової фізичної основи для перерозподілу енергії між будівлями. Відновлення за довоєнною схемою фіксує стару топологію, після чого перехід до районної енергетичної системи коштуватиме дорожче.

Нарешті, попит. Часткове відселення знижує фактичне навантаження і змінює його добовий профіль, тож район може втратити критичну масу споживання, потрібну для рентабельності власної генерації та акумулювання. Прогноз балансу за довоєнними показниками у такій ситуації систематично завищений.

Разом ці ознаки означають одне: ступінь руйнувань слід розглядати не як облікову характеристику збитків, а як планувальний параметр території.

Систематизація просторових передумов. Просторові передумови енергопозитивності доцільно поділити на три групи, показані у структурній моделі на рис. 1.



Рис.1. Структурна модель просторових передумов формування енергопозитивного району в місті, що зазнало руйнувань

Морфометричні передумови (група А) описують геометрію забудови. Це коефіцієнт забудови GSI, тобто відношення площі забудови до площі району, інтенсивність забудови FSI як відношення сумарної поверхової площі до тієї самої площі району, середня поверховість L, орієнтація фронтів забудови та коефіцієнт відкритості небосхилу SVF [9, 11]. Від цієї групи залежить, скільки придатних до інсоляції поверхонь припадає на одиницю опалюваної площі.

До групи Б, ресурсно-територіальної, віднесено наявний ресурс поверхонь і території. Це питома площа покрівель, придатних до розміщення обладнання, частка вивільнених руйнуваннями ділянок, придатні до інсоляції площини фасадів і площа під сезонне акумулювання теплоти. Сюди ж належить інсоляційний режим ділянки з урахуванням взаємного затінення [7].

Третя група, інфраструктурно-топологічна, показує, чи здатна територія замкнути енергетичний баланс. Сюди належать збереженість розподільчих мереж, їх довжина на одиницю площі, наявність вузлів приєднання до систем міста, суміщення профілів попиту різних функцій і можливість замкнути баланс у фізичних межах району [5].

Центральне місце в моделі належить руйнуванням, які діють як просторовий оператор подвійної дії. Як ресурс вони дають вивільнення території, свободу перепланування і зняття успадкованої геометрії. Зворотний бік це фрагментація структури, розрив мереж і втрата критичної маси попиту. Прикладаються обидві дії до одних і тих самих груп передумов, тому оцінити придатність території ані підрахунком збитків, ані оцінюванням наявного потенціалу окремо не вдасться.

Модель має практичний сенс лише тоді, коли кожен показник можна взяти з документів, наявних на стадії планування. Зведення показників із зазначенням джерел даних подано в табл. 1.

Таблиця 1

Показники просторових передумов та джерела даних для їх визначення

Група	**Показник**	**Позначення, одиниця**	**Джерело даних**
1	**2**	**3**	**4**
А	Коефіцієнт забудови	GSI, частка	топографічний план, обмір збереженого фонду
А	Інтенсивність забудови	FSI, частка	містобудівна документація
А	Середня поверховість	L, поверхів	відношення FSI до GSI
А	Орієнтація фронтів забудови	град.	схема планувальної організації

1	2	3	4
А	Відкритість небосхилу	SVF, частка	тривимірна модель забудови
Б	Питома площа покрівель	м²/м²	обмір збереженого і проєктного фонду
Б	Частка вивільнених ділянок	r, %	акти обстеження пошкоджень
Б	Придатні площини фасадів	м²	тривимірна модель забудови
Б	Площа під сезонне акумулювання	м²	схема інженерного забезпечення
В	Збереженість розподільчих мереж	%	обстеження мереж оператора системи
В	Довжина мереж на одиницю площі	м/га	схема інженерних мереж
В	Суміщення профілів попиту	частка	склад функцій за документацією

Кількісний критерій просторової придатності території. Умова енергопозитивності району в річному підсумку записується у вигляді (1):

$$E_{gen} \geq E_{dem} \quad (1)$$

де E_{gen} - річне виробництво енергії з відновлюваних джерел у межах району, кВт·год; E_{dem} - річне споживання енергії районом, кВт·год.

Для району площею $A_д$ виробництво утворюється покрівельними та наземними установками згідно з (2), а споживання визначається сумарною поверховою площею згідно з (3):

$$E_{gen} = A_д\left(GSI \cdot y_{roof} + r \cdot y_{ground}\right) \quad (2)$$

$$E_{dem} = A_д \cdot FSI \cdot e_d = A_д \cdot GSI \cdot L \cdot e_d \quad (3)$$

де y_{roof} - питома річна генерація з одиниці площі покрівлі, кВт·год/(м²·рік); y_{ground} - те саме для одиниці площі вивільненої ділянки, кВт·год/(м²·рік); r - частка площі району, зайнята наземними установками; e_d - питоме річне енергоспоживання на одиницю поверхової площі, кВт·год/(м²·рік).

Підстановка (2) і (3) в (1) дає критерій просторової придатності території у вигляді мінімально необхідної частки $r_н$ (4), а розв'язання того самого співвідношення відносно поверховості дає гранично допустиму середню поверховість відбудови $L_{гр}$ (5):

$$r \geq r_{\text{н}} = \frac{GSI\left(L \cdot e_d - y_{roof}\right)}{y_{ground}} \quad (4)$$

$$L_{\text{гр}} = \frac{r \cdot \frac{y_{ground}}{GSI} + y_{roof}}{e_d} \quad (5)$$

За співвідношенням (4) стоїть проста геометрія. Площа покрівель зі зростанням поверховості практично не змінюється, а поверхова площа зростає лінійно, тому питома генерація на покрівлях, віднесена до одиниці поверхової площі, обернено пропорційна середній поверховості. Питоме споживання від поверховості майже не залежить. Дефіцит балансу через це зростає з поверховістю і покривається лише територією, а всередині вже сформованого кварталу єдиним джерелом такої території є вивільнені руйнуваннями ділянки.

Розрахунок за (4) виконано для таких модельних параметрів. Коефіцієнт забудови прийнято 0,25, що відповідає типовому житловому кварталу середньої щільності. Питома річна генерація з одиниці площі покрівлі становить 100 кВт·год/(м²·рік) з урахуванням коефіцієнта використання покрівлі та затінення у міському середовищі, для наземних установок з урахуванням міжрядних розривів вона нижча, 70 кВт·год/(м²·рік). Питоме споживання прийнято на трьох рівнях: 70 кВт·год/(м²·рік) для відбудови класу А із застосуванням теплових насосів, 100 кВт·год/(м²·рік) для класу А і 140 кВт·год/(м²·рік) для класу В. Результати подано на рис. 2.

Смуга на рис. 2 відповідає просторовому резерву, який фактично вивільняється у кварталах з високим ступенем руйнувань. За оцінкою на основі частки зруйнованого фонду та прилеглих до нього прибудинкових територій він становить від 15 до 35 % площі району. Перетин кривих із верхньою межею смуги дає гранично допустиму середню поверховість: 2,8 поверху за питомого споживання 70 кВт·год/(м²·рік), 2,0 поверху за 100 кВт·год/(м²·рік) і 1,4 поверху за 140 кВт·год/(м²·рік). Якщо резерв обмежений нижньою межею, тобто 15 % площі району, ці значення знижуються до 2,0, 1,4 і 1,0 поверху відповідно.

Головний результат розрахунку такий. У фізичних межах самого району фотоелектрична генерація забезпечує енергопозитивність лише для малоповерхової і частково середньоповерхової відбудови. Для забудови в 5-9 поверхів, яку інтегральна оцінка планувальних рішень визнає найдоцільнішою з економічного та соціального боку [12], потрібна частка території під генерацію перевищує 70 % і фізично недосяжна. Енергопозитивність такої забудови це не забороняє, але вимагає одного з трьох рішень. Перше: розширити межу району за рахунок суміжних незабудованих чи деградованих територій. Друге: залучити інші відновлювані джерела, насамперед теплові з сезонним акумулюванням. Третє: знизити питоме споживання нижче за розглянутий

діапазон. Вибір тут просторовий, і зробити його треба на стадії планування, а не проєктування будівель.

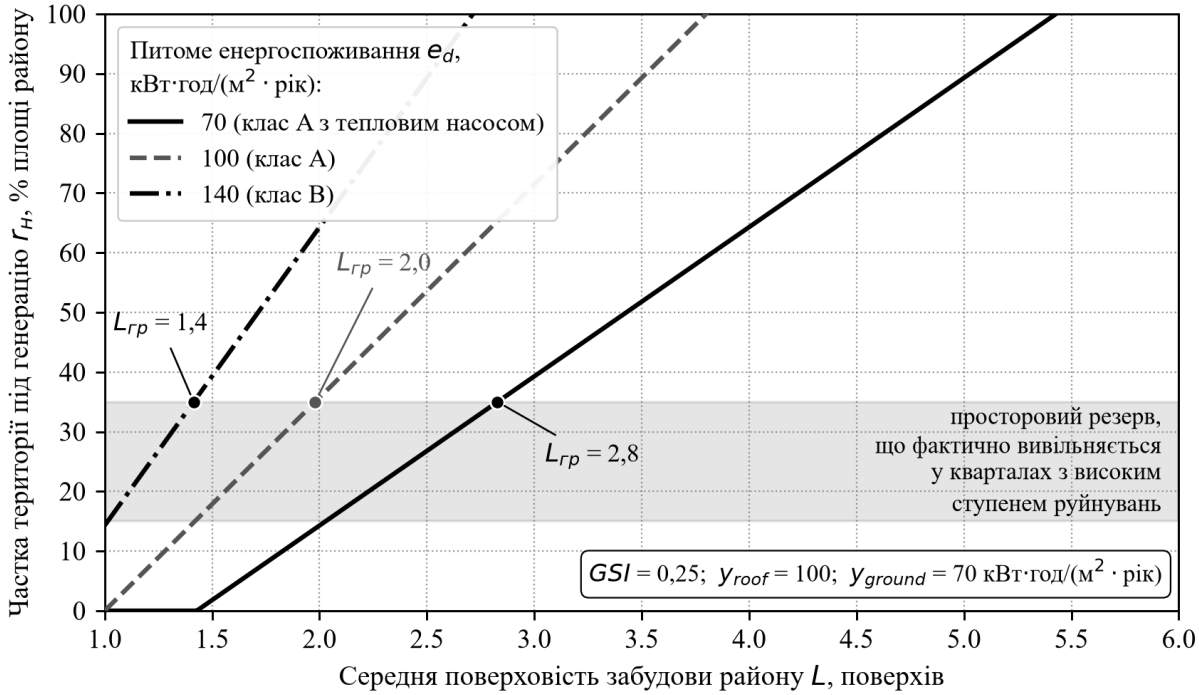


Рис.2. Мінімально необхідна частка території району під розміщення генерувальних установок залежно від середньої поверховості забудови за трьох рівнів питомого енергоспоживання

Чутливість результату та випадок розширеної межі району. Питомі показники прийнято орієнтовно, тому чутливість граничної поверховості до вихідних параметрів оцінено окремо. За верхньої межі резерву 0,35 і питомого споживання 100 кВт·год/(м²·рік) коефіцієнт забудови в практичному діапазоні від 0,20 до 0,30 дає граничну поверховість від 2,23 до 1,82, а питома продуктивність наземних установок від 60 до 80 кВт·год/(м²·рік) - від 1,84 до 2,12 поверху. Клас енергоефективності впливає вдвічі сильніше: у діапазоні від 140 до 70 кВт·год/(м²·рік) гранична поверховість змінюється від 1,41 до 2,83 поверху.

Виходить, що гранична поверховість визначається насамперед класом енергоефективності відбудови, а не щільністю забудови і не технічними характеристиками установок. Практичний наслідок помітний: підвищення класу енергоефективності розширює просторові можливості відбудови сильніше, ніж будь-яке перепланування території в межах реальних значень щільності.

Коли поверховість перевищує граничну, баланс замикається лише за розширеної межі району, а обсяг потрібного розширення обчислюється безпосередньо за (4). За коефіцієнта забудови 0,25 і питомого споживання 100 кВт·год/(м²·рік) потрібна частка території під генерацію становить 143 % площі району для п'ятиповерхової забудови, 214 % для семиповерхової і 286 % для

дев'ятиповерхової. З урахуванням наявного резерву 35 % це означає приєднання додатково 1,1, 1,8 і 2,5 площі самого району відповідно. Підвищення класу енергоефективності до 70 кВт·год/(м²·рік) знижує ці значення до 0,5, 1,0 і 1,5 площі району.

Наведені числові межі мають розрахунково-ілюстративний характер і підлягають уточненню за фактичними даними району. Структура залежності від припущень при цьому не залежить: її задає геометрія співвідношення площ покрівель і поверхової площі.

Порядок урахування просторових передумов у документації. Виявлені залежності зумовлюють таку послідовність дій розробника документації. Спочатку за матеріалами обстеження визначають фактичний просторовий резерв і морфометричні параметри збереженого фонду за переліком показників табл. 1. Далі за (5) обчислюють гранично допустиму середню поверховість для кожного з розглядуваних класів енергоефективності відбудови. Отримане значення зіставляють з нормативними показниками щільності та з планувальними намірами громади. Якщо бажана поверховість перевищує граничну, ухвалюють рішення про розширення межі району, про залучення додаткових джерел або про перегляд класу енергоефективності, і закріплюють його в документації разом з обчисленою площею територій, які приєднуються. Насамкінець резервують територію під генерацію та сезонне акумулювання, причому зробити це треба до початку відбудови окремих об'єктів: після поновлення забудови вивільнений резерв зникає безповоротно.

Така послідовність узгоджується з логікою Зміни № 1 до ДБН Б.2.2-12:2019 в частині уточнення нормативних показників використання територій [13]. Нових видів документації вона не потребує, змінюється лише порядок ухвалення рішень усередині наявної.

Висновки

1. Просторова ситуація району, що зазнав руйнувань, принципово відрізняється від вихідних умов європейських проєктів енергопозитивних районів за чотирма ознаками: змінюваністю геометрії забудови, наявністю вивільненої території всередині сформованого кварталу, порушеною топологією мереж і несталою структурою попиту. Через це ступінь руйнувань має розглядатися як планувальний параметр території, а не лише як облікова характеристика збитків.

2. Просторові передумови енергопозитивності систематизовано за трьома групами: морфометричною, ресурсно-територіальною та інфраструктурно-топологічною. Їх подано у вигляді структурної моделі, де руйнування діють як оператор подвійної дії, і зведено у таблицю показників із зазначенням джерел даних, доступних на стадії планування.

3. Побудовано балансову модель, яка зводить умову енергопозитивності до співвідношення між коефіцієнтом забудови, середньою поверховістю, питомим енергоспоживанням і часткою території, що резервується під генерацію. Модель дає два робочі вирази: мінімально необхідну частку території та гранично допустиму середню поверховість відбудови.

4. Встановлено, що за фактичного просторового резерву 15-35 % площі району енергопозитивний баланс у фізичних межах району досяжний за середньої поверховості від 1,0 до 2,8 поверху залежно від класу енергоефективності відбудови. Для забудови в 5-9 поверхів потрібна частка території перевищує 70 %, тобто енергопозитивність вимагає розширення межі району, залучення інших відновлюваних джерел або подальшого зниження питомого споживання.

5. Аналіз чутливості показав, що гранична поверховість визначається насамперед класом енергоефективності відбудови: у розглянутому діапазоні його зміна дає двократну різницю, тоді як коефіцієнт забудови і питома продуктивність наземних установок впливають приблизно вдвічі слабше. Площа суміжних територій, потрібна для замикання балансу при середній та підвищеній поверховості, становить від 0,5 до 2,5 площі самого району.

6. Запропоновано порядок урахування просторових передумов у документації з комплексного відновлення: визначення фактичного резерву, обчислення граничної поверховості, узгодження її з планувальними намірами та резервування території під генерацію до початку відбудови окремих об'єктів.

7. Перспективи подальших розвідок у цьому напрямі полягають в уточненні питомих показників генерації для кліматичних зон України, врахуванні теплової складової балансу з сезонним акумулюванням та перевірці отриманих залежностей на матеріалі конкретних міст, що зазнали руйнувань.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1.Ukraine. Fifth Rapid Damage and Needs Assessment (RDNA5): February 2022 - December 2025. Main Report. Washington, D.C.: World Bank Group, Government of Ukraine, European Commission, United Nations, 2026. 76 p.

2. SET-Plan Action n°3.2 Implementation Plan. Europe to become a global role model in integrated, innovative solutions for the planning, deployment, and replication of Positive Energy Districts. Brussels: SET-Plan Temporary Working Group 3.2, 2018. 72 p.

3. White Paper on Reference Framework for Positive Energy Districts and Neighbourhoods. Key lessons from national consultations. Vienna: JPI Urban Europe, SET Plan Action 3.2, 2020. 22 p.

4. Bossi S., Gollner C., Theierling S. Towards 100 Positive Energy Districts in Europe: Preliminary Data Analysis of 61 European Cases. Energies. 2020. Vol. 13, No. 22. Art. 6083. https://doi.org/10.3390/en13226083

5. Alpagut B., Lopez Romo A., Hernández P., Tabanoğlu O., Hermoso Martinez N. A GIS-Based Multicriteria Assessment for Identification of Positive Energy Districts Boundary in Cities. Energies. 2021. Vol. 14, No. 22. Art. 7517. https://doi.org/10.3390/en14227517

6. Ramos-Diez I., Mulero-Palencia S., Hernández J. L. A GIS-Based Approach to Identifying Suitable Areas for Positive Energy Districts Development. Energies. 2026. Vol. 19, No. 4. Art. 1030. https://doi.org/10.3390/en19041030

7. Demirel H., Koçyiğit A., Alpagut B., Muhcu D. Evaluating the solar energy potential for Positive Energy Districts (PED) through advanced 3D Geographic Information System (GIS) analysis. Open Research Europe. 2025. Vol. 5. Art. 81. https://doi.org/10.12688/openreseurope.19075.2

8. Robinson D. Urban morphology and indicators of radiation availability. Solar Energy. 2006. Vol. 80, No. 12. P. 1643-1648. https://doi.org/10.1016/j.solener.2006.01.007

9. Morganti M., Salvati A., Coch H., Cecere C. Urban morphology indicators for solar energy analysis. Energy Procedia. 2017. Vol. 134. P. 807-814. https://doi.org/10.1016/j.egypro.2017.09.533

10. Liu B., Liu Y., Cho S., Chow D. H. C. Urban morphology indicators and solar radiation acquisition: 2011-2022 review. Renewable and Sustainable Energy Reviews. 2024. Vol. 199. Art. 114548. https://doi.org/10.1016/j.rser.2024.114548

11. Berghauser Pont M., Haupt P. Spacematrix: Space, Density and Urban Form. Rotterdam: NAi Publishers, 2010. 280 p.

12. Піліпака Л., Ничипорук Р. Інтегральна оцінка типів міського планування: розрахунок кількісних показників. Просторовий розвиток. 2026. Вип. 16. С. 329-340. https://doi.org/10.32347/2786-7269.2026.16.329-340

13. ДБН Б.2.2-12:2019. Планування та забудова територій: затв. наказом Мінрегіону України від 26.04.2019 № 104; зі Зміною № 1, затв. наказом Мінрозвитку України від 15.08.2025 № 1268, чинною з 01.01.2026. Київ: Мінрегіон України, 2019.

Professor **Donenko Vasyl**,
Bilobrov Dmytro
Volodymyr Dahl East Ukrainian National University, Kyiv, Ukraine

SPATIAL PRECONDITIONS AND MORPHOMETRIC LIMITS OF ENERGY-POSITIVE RECONSTRUCTION OF DESTROYED DISTRICTS

The paper addresses the spatial dimension of forming positive energy districts in cities that have suffered destruction. It is shown that the initial situation of reconstruction differs fundamentally from the conditions for which the European concept was developed: here the spatial structure of a block is not a given but a design variable, whereas existing approaches treat the morphology of a site as input data and reduce the degree of destruction to damage accounting. Spatial preconditions are systematised into three groups, namely morphometric, resource-territorial and infrastructural-topological, presented as a structural model and tabulated together with the data sources available at the planning stage. Destruction is described as a spatial operator of dual action that simultaneously releases land and fragments the district structure. A balance model is developed that links the ground space index, the average number of storeys and specific energy consumption to the minimum share of the site required for generation facilities and yields the maximum permissible number of storeys. It is established that, given a spatial reserve of 15 to 35 % of the district area, a positive annual energy balance within the physical boundary of the district is attainable at an average building height of 1.0 to 2.8 storeys, depending on the energy performance class of reconstruction. A sensitivity analysis shows that the energy performance class is the governing factor, while the influence of the ground space index and of the specific yield of installations is twice as weak. For development of 5 to 9 storeys, the area of adjacent land required to close the balance is calculated and amounts to between 0.5 and 2.5 of the district area itself. A procedure is proposed for taking spatial preconditions into account within comprehensive recovery planning documentation.

Keywords: positive energy district; spatial reserve; maximum building height; development density; territorial energy balance; urban reconstruction; comprehensive recovery.

REFERENCES

1. Ukraine. Fifth Rapid Damage and Needs Assessment (RDNA5): February 2022 - December 2025. Main Report. (2026). Washington, D.C.: World Bank Group, Government of Ukraine, European Commission, United Nations, 76 p. {in English}

2. SET-Plan Action n°3.2 Implementation Plan. Europe to become a global role model in integrated, innovative solutions for the planning, deployment, and replication of Positive Energy Districts. (2018). Brussels: SET-Plan Temporary Working Group 3.2, 72 p. {in English}

3. White Paper on Reference Framework for Positive Energy Districts and Neighbourhoods. Key lessons from national consultations. (2020). Vienna: JPI Urban Europe, SET Plan Action 3.2, 22 p. {in English}

4. Bossi, S., Gollner, C., Theierling, S. (2020). Towards 100 Positive Energy Districts in Europe: Preliminary Data Analysis of 61 European Cases. Energies, 13(22), art. 6083. https://doi.org/10.3390/en13226083 {in English}

5. Alpagut, B., Lopez Romo, A., Hernández, P., Tabanoğlu, O., Hermoso Martinez, N. (2021). A GIS-Based Multicriteria Assessment for Identification of Positive Energy Districts Boundary in Cities. Energies, 14(22), art. 7517. https://doi.org/10.3390/en14227517 {in English}

6. Ramos-Diez, I., Mulero-Palencia, S., Hernández, J. L. (2026). A GIS-Based Approach to Identifying Suitable Areas for Positive Energy Districts Development. Energies, 19(4), art. 1030. https://doi.org/10.3390/en19041030 {in English}

7. Demirel, H., Koçyiğit, A., Alpagut, B., Muhcu, D. (2025). Evaluating the solar energy potential for Positive Energy Districts (PED) through advanced 3D Geographic Information System (GIS) analysis. Open Research Europe, 5, art. 81. https://doi.org/10.12688/openreseurope.19075.2 {in English}

8. Robinson, D. (2006). Urban morphology and indicators of radiation availability. Solar Energy, 80(12), pp. 1643-1648. https://doi.org/10.1016/j.solener.2006.01.007 {in English}

9. Morganti, M., Salvati, A., Coch, H., Cecere, C. (2017). Urban morphology indicators for solar energy analysis. Energy Procedia, 134, pp. 807-814. https://doi.org/10.1016/j.egypro.2017.09.533 {in English}

10. Liu, B., Liu, Y., Cho, S., Chow, D. H. C. (2024). Urban morphology indicators and solar radiation acquisition: 2011-2022 review. Renewable and Sustainable Energy Reviews, 199, art. 114548. https://doi.org/10.1016/j.rser.2024.114548 {in English}

11. Berghauser Pont, M., Haupt, P. (2010). Spacematrix: Space, Density and Urban Form. Rotterdam: NAi Publishers, 280 p. {in English}

12. Pilipaka, L., Nychyporuk, R. (2026). Integral assessment of urban planning types: calculation of quantitative indicators [Intehralna otsinka typiv miskoho planuvannia: rozrakhunok kilkisnykh pokaznykiv]. Prostorovyi rozvytok, 16, pp. 329-340. https://doi.org/10.32347/2786-7269.2026.16.329-340 {in Ukrainian}

13. DBN B.2.2-12:2019. Planning and development of territories [Planuvannia ta zabudova terytorii]. With Amendment No. 1, in force from 01.01.2026. (2019). Kyiv: Minrehion Ukrainy. {in Ukrainian}

DOI: 10.32347/2076-815x.2026.93.408-420
УДК 69.05:711.4

к.т.н., доцент **Доненко І.В.**,
donenko@gmail.com, ORCID: 0000-0002-0017-9018,
ТОВ «Призма Лайн», м. Запоріжжя,
Гелюх Г.В.,
german.geluh@gmail.com, ORCID: 0009-0003-6528-2360,
Східноукраїнський національний університет імені Володимира Даля

ОРГАНІЗАЦІЙНО-ТЕХНОЛОГІЧНА МОДЕЛЬ ВІДНОВЛЕННЯ МІСЬКИХ ТЕРИТОРІЙ НА ОСНОВІ ФРАКТАЛЬНО-КЛАСТЕРНОГО АНАЛІЗУ ПОШКОДЖЕНЬ

Для міських територій, пошкоджених унаслідок воєнних дій, припущення про технологічну однорідність фронту робіт, покладене в основу традиційних лінійних і потокових календарних моделей, не виконується. Метою дослідження є розробка організаційно-технологічної моделі відновлення на основі фрактально-кластерного аналізу просторового розподілу руйнувань. Запропоновано систему з трьох кількісних ознак планувальної одиниці: щільності пошкоджень, фрактальної розмірності множини пошкоджень за методом box-counting і середнього розміру її зв'язної компоненти. На умовному модельному фрагменті забудови з 12 кварталів (растр 512×512 елементів, крок 2 м) виконано розрахунок ознак і кластеризацію методом k-середніх. Отримано чотири кластери з неперекривними діапазонами фрактальної розмірності: 1,85...1,88; 1,26...1,62; 0,81...0,84 та 0,47...0,57 за коефіцієнта детермінації 0,840...1,000; встановлено пороги 0,69; 1,05 і 1,73 та зіставлено кожному кластеру провідний метод організації робіт. За однакового обсягу робіт і однакового ресурсного обмеження кластерно-диференційований сценарій скоротив тривалість відбудови району з 477 до 336 змін (29,6%) і знизив коефіцієнт нерівномірності споживання ресурсів з 2,06 до 1,87. Перевірка чутливості показала, що цей сценарій не програє традиційному на всій дослідженій сітці, проте виграш змінюється в межах 2,0...60,8%: стійким є напрям ефекту, а не його величина.

Ключові слова: відбудова міських територій; організаційно-технологічна модель; фрактальна розмірність; box-counting; кластерний аналіз; календарне планування; рівномірність споживання ресурсів.

Постановка проблеми. Масштаб руйнувань міської забудови та інженерної інфраструктури, спричинених воєнними діями в Україні, перевів відбудову з розряду локальних реконструктивних заходів у розряд системної

містобудівної проблеми [1]. Відновленню підлягають не окремі об'єкти, а фрагментовані ділянки міської тканини, у межах яких ступінь, характер і просторовий розподіл пошкоджень змінюються від кварталу до кварталу.

Традиційний апарат організаційно-технологічного проєктування (лінійні та мережеві календарні моделі, потоковий метод) сформувався для регулярної однорідної забудови з передбачуваним складом процесів. У постраждалій забудові його базове припущення про технологічну однорідність фронту робіт не виконується. Наслідки відомі: завищені розрахункові строки, нерівномірне споживання ресурсів, низька стійкість плану до зміни вихідних умов. Потрібен кількісний опис просторової неоднорідності пошкоджень і перехід від єдиного організаційно-технологічного рішення для всієї території до диференційованих рішень, узгоджених із фактичною структурою руйнувань.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Концептуальну рамку повоєнного відновлення дають дві дисертаційні роботи: з архітектурно-планувальної організації нової повоєнної забудови [2] і з методичних основ територіального планування регіонів в умовах відбудови [3]. Кількісну оцінку масштабу пошкоджень містить звіт [1]. Поняття організаційно-технологічної надійності сформульовано в [11]. Д. Прусов [12] запропонував методологію оцінки стійкості ділянок міської території при реконструктивному перетворенні. Ресурсно-календарного забезпечення проєктів відновлення аварійних об'єктів стосуються роботи [15, 16], основ адаптивного розвитку будівельних організацій [14]. Ще один напрям це організаційно-технологічне моделювання проєктів [8], рівні якого оцінюють засобами нечіткої логіки [9, 10]. Управління відходами від руйнувань формалізовано в [13], а нормативну основу оцінювання технічного стану пошкоджених будівель становить [17].

Фрактальний апарат до будівельної проблематики вже застосовували. Методологію фрактального аналізу нестаціонарних рядів заклав Б. Мандельброт [4]; на морфологію міської забудови її перенесли M. Batty і P. Longley, показавши, що щільність і межі міської тканини описуються дробовою розмірністю, яку оцінюють методом підрахунку комірок [5]. Формалізацію процесів організації будівництва цим апаратом виконав Д. Дубінін [6]. Окремо стоїть матеріалознавчий рівень: там фрактальний опис структури обслуговує діагностику стану бетонних конструкцій [18]. Кластерний аналіз, своєю чергою, використовують для угруповання територіальних одиниць за ознаками будівельної галузі [7].

Проте фрактальний і кластерний апарати застосовуються порізно і на інших масштабних рівнях: фрактальні характеристики використовують переважно для часових рядів організаційних параметрів або для структури матеріалу, а кластеризацію проводять за агрегованими економічними

показниками. Фрактальна характеристика просторового розподілу руйнувань не входить до складу ознак, за якими формується організаційно-технологічне рішення. Питання побудови моделі, у якій вибір методу організації робіт визначається кількісно виміряною геометрією пошкоджень планувальної одиниці, лишається невирішеним.

Мета дослідження. Метою статті є розробка організаційно-технологічної моделі відновлення пошкоджених міських територій, яка на основі фрактально-кластерного аналізу забезпечує кількісну кластеризацію ділянок відбудови за характером руйнувань і обґрунтування диференційованих організаційно-технологічних рішень для кожного кластера.

Виклад основного матеріалу.

Система кількісних ознак планувальної одиниці. За елементарну одиницю аналізу прийнято квартал: саме в його межах зберігається спільність технології відновлювальних робіт. Стан кварталу описано трьома ознаками: обсягу, геометрії та зв'язності руйнувань.

Щільність пошкоджень визначається за формулою (1):

$$\rho_i = \frac{S_{п,i}}{S_{з,i}} \quad (1)$$

де ρ_i щільність пошкоджень і-го кварталу; $S_{п,i}$ площа пошкоджених елементів забудови, м²; $S_{з,i}$ загальна площа забудови кварталу, м².

Геометрію розподілу пошкоджень описано фрактальною розмірністю множини пошкоджених елементів. Її визначають методом підрахунку комірок (box-counting): квартал покривають регулярною сіткою з коміркою розміру ε і підраховують число комірок N(ε), що містять хоча б один пошкоджений елемент, за формулою (2):

$$D_i = -\lim_{\varepsilon \to 0} \left(\frac{\lg N_i(\varepsilon)}{\lg \varepsilon} \right) \quad (2)$$

де D_i фрактальна розмірність множини пошкоджень і-го кварталу; N_i (ε) число комірок покриття розміру ε, що містять пошкоджені елементи.

Практично границю (2) оцінюють кутовим коефіцієнтом лінійної регресії за скінченним рядом масштабів згідно з формулою (3):

$$\lg N_i(\varepsilon_k) = D_i \lg \left(\frac{1}{\varepsilon_k} \right) + b_i \quad (3)$$

де ε_k k-й масштаб покриття; b_i вільний член регресії. Достовірність оцінки контролюють коефіцієнтом детермінації R^2.

Зв'язність множини пошкоджень характеризує середній розмір її компоненти за формулою (4):

$$C_i = \frac{S_{п,i}}{m_i} \quad (4)$$

де m_i число зв'язних компонент множини пошкоджень і-го кварталу, визначене за критерієм восьмизв'язності.

Отже, ρ характеризує обсяг руйнувань, D ступінь заповнення простору кварталу множиною пошкоджень, C ступінь її фрагментованості. Тут потрібне застереження. D у прийнятому визначенні описує саме заповнення простору пошкодженнями на інженерних масштабах, а не складність межі зони руйнування; змішування цих двох трактувань є типовим джерелом помилок.

Процедура кластеризації. Ознаки стандартизують за формулою (5):

$$z_{ij} = \frac{x_{ij} - m_j}{s_j} \quad (5)$$

де x_{ij} значення j-ї ознаки і-го кварталу; m_j і s_j середнє та середнє квадратичне відхилення j-ї ознаки по сукупності кварталів.

Кластеризацію виконують методом k-середніх, мінімізуючи внутрішньокластерну суму квадратів відхилень (6):

$$J = \sum_{i=1}^{N} |z_i - c_{k(i)}|^2 \quad (6)$$

де N число кварталів; z_i вектор стандартизованих ознак і-го кварталу; $c_{k(i)}$ центроїд кластера, до якого віднесено і-й квартал. Число кластерів K задано апріорно і дорівнює чотирьом.

Розрахунок на умовному модельному фрагменті. Апробацію виконано на умовному модельному фрагменті забудови, згенерованому програмно з фіксованим станом генератора випадкових чисел (seed 20260801) задля відтворюваності. Фрагмент є планувальним районом із 12 кварталів (сітка 4×3), поданим растром 512×512 елементів із кроком 2 м, що відповідає території близько 1024×1024 м. Це не результат натурного обстеження конкретного населеного пункту, а модельний приклад для перевірки працездатності процедури. Розмірність обчислено за масштабами ε від 2 до 32 елементів растру; результати подано на рис. 1.

Отримані значення ознак наведено в табл. 1. Коефіцієнт детермінації регресії (3) становить 0,840...1,000; найнижче значення відповідає кварталу 4 з украй малою кількістю пошкоджених елементів. На діапазоні масштабів у чотири октави й за такої розрідженості множини величину D коректніше трактувати як інженерний box-counting показник заповнення простору, а не як строго встановлену фрактальну розмірність: для кластера K4 вона характеризує радше поодинокість пошкоджень, ніж масштабну інваріантність.

Кластеризація за трьома ознаками при K = 4 дала групи з неперекривними діапазонами фрактальної розмірності: 1,85...1,88 (K1), 1,26...1,62 (K2), 0,81...0,84 (K3) і 0,47...0,57 (K4). Порогові значення, обчислені як середини проміжків між сусідніми кластерами, становлять D* = 0,69; 1,05 і 1,73; відповідні пороги за щільністю ρ* = 0,013; 0,042 і 0,307 (рис. 2).

Таблиця 1.

Ознаки та кластери кварталів умовного модельного фрагмента

№ кв.	ρ	D	R^2	C, елем.	Кластер
1	0,502	1,85	0,999	9570	K1
2	0,028	0,84	0,985	9,4	K3
3	0,113	1,48	0,996	2246	K2
4	0,002	0,47	0,840	9,0	K4
5	0,542	1,87	1,000	10487	K1
6	0,029	0,83	0,988	9,3	K3
7	0,055	1,26	0,989	1024	K2
8	0,003	0,57	0,974	9,0	K4
9	0,612	1,88	1,000	11530	K1
10	0,024	0,81	0,995	9,7	K3
11	0,054	1,62	0,992	1024	K2
12	0,001	0,53	0,944	9,0	K4

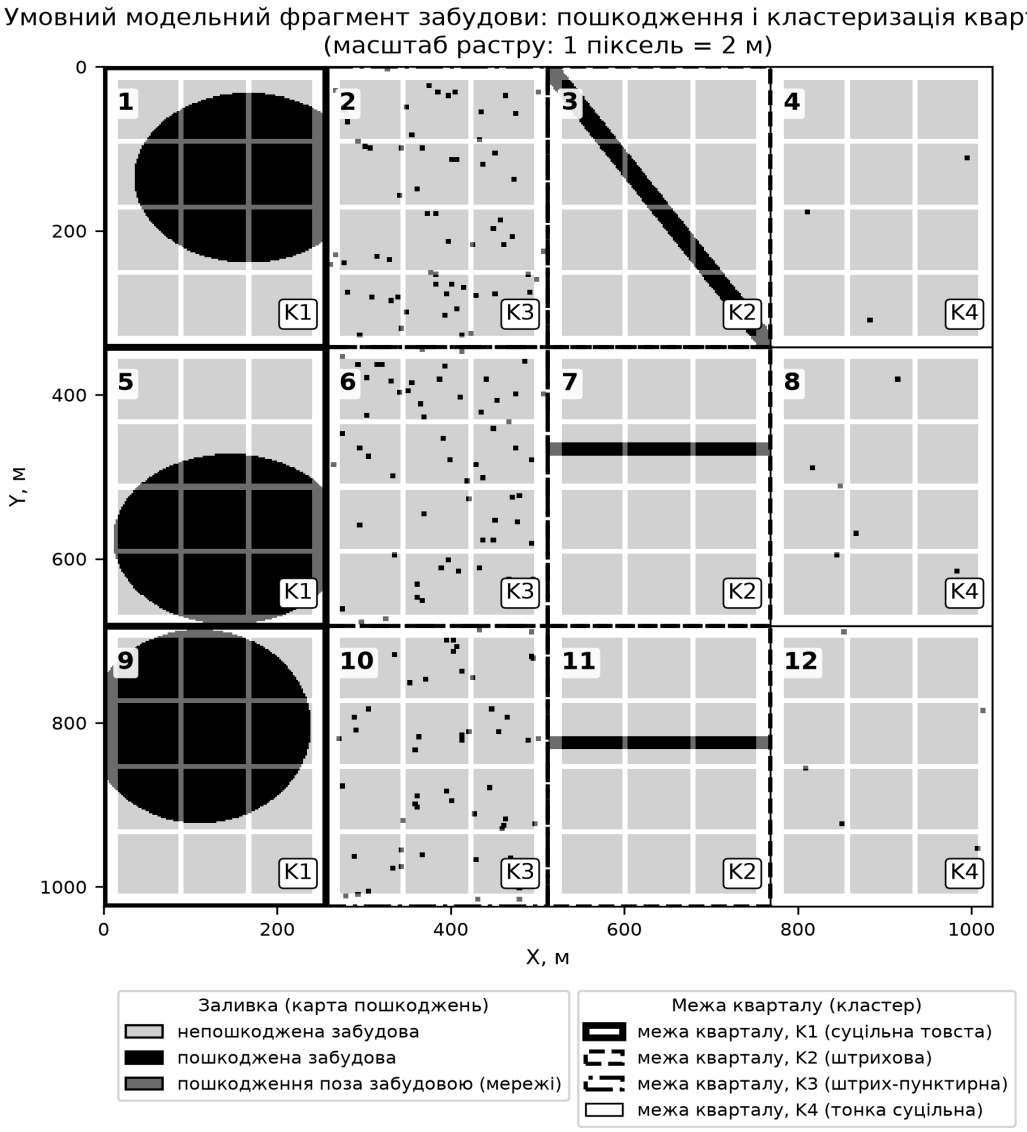


Рис. 1. Умовний модельний фрагмент забудови: карта пошкоджень і кластеризація кварталів

Модельний фрагмент побудовано з чотирьох свідомо різнесених архетипів пошкодження, тому чітка розділюваність кластерів є очікуваним наслідком такого дизайну, а не доказом роздільної здатності методу на реальних перехідних випадках. Істотно інше: розділення відбулося за геометричними ознаками, а не лише за обсягом руйнувань. Квартали 3, 7 і 11 (К2) мають щільність 0,054...0,113, тобто того самого порядку, що й квартали К3 (0,024...0,029), проте відрізняються удвічі більшою фрактальною розмірністю та на два порядки більшим розміром зв'язної компоненти. Це відповідає лінійно-протяжним руйнуванням уздовж інженерних коридорів, тоді як К3 об'єднує квартали з дисперсними точковими пошкодженнями. Класифікація лише за ρ такого розрізнення не дає, а саме воно визначає вибір методу організації робіт.

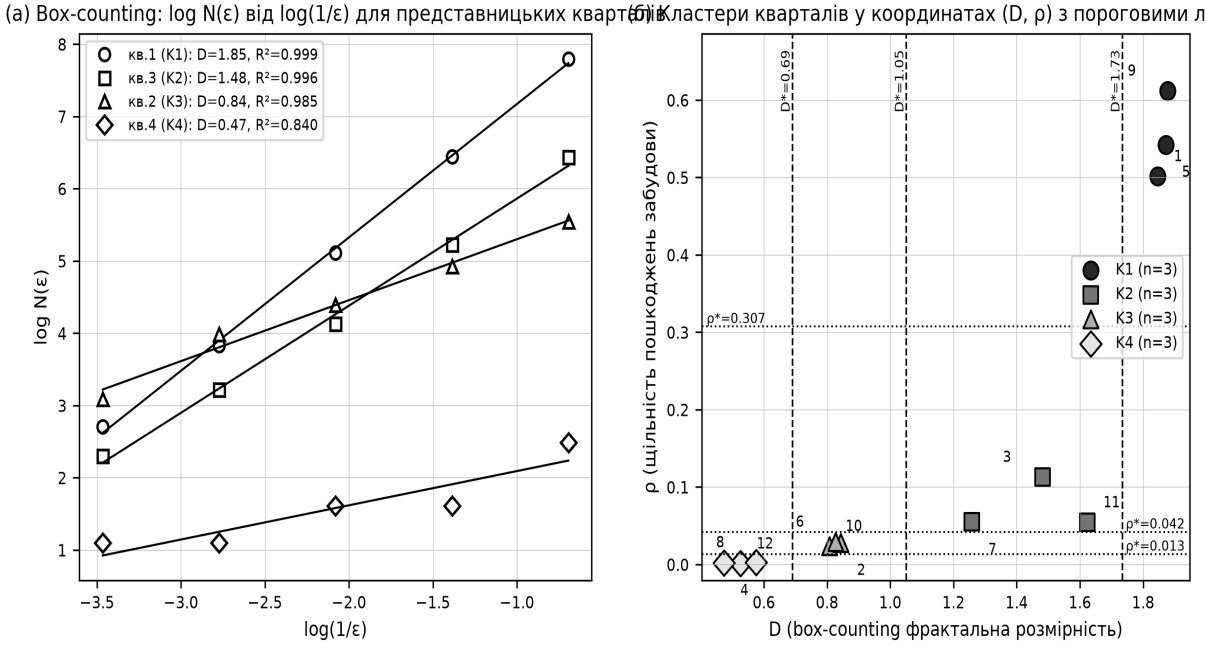


Рис. 2. Фрактальний аналіз: а) регресійні залежності методу box-counting для представницьких кварталів; б) положення кварталів у координатах D і ρ з пороговими лініями

Зіставлення кластерів з організаційно-технологічними рішеннями. Кожному кластеру зіставлено провідний метод організації робіт, домінуючі процеси та пріоритет освоєння (табл. 2). Зіставлення має і містобудівний зміст: кластер К2 відповідає лінійним елементам планувального каркаса (транспортним та інженерним коридорам), відновлення яких повертає зв'язність міської тканини раніше, ніж завершується відбудова кварталів К1, тоді як кластери К3 і К4 визначають ділянки, придатні до першочергового повернення мешканців.

Порівняльна оцінка організаційних сценаріїв. Ефективність підходу оцінено зіставленням двох сценаріїв освоєння району. Базову трудомісткість кварталу визначено за формулою (7):

$$Q_i = \frac{S_{п,i}}{1000} q_{k(i)} \quad (7)$$

де $q_{k(i)}$ - питома трудомісткість робіт кластера, до якого віднесено і-й квартал, люд.-змін на 1000 м². Значення q є оголошеними вхідними параметрами моделі, а не нормативними показниками, і прийняті такими: 220 (К1); 130 (К2); 90 (К3); 40 (К4).

Таблиця 2.

Відповідність типу кластера організаційно-технологічному рішенню

Кластер	**D**	**ρ**	**Характер пошкоджень**	**Провідний метод організації робіт**	**Пріоритет**
К1	1,85...1,88	0,502...0,612	компактна суцільна зона	знесення, вивезення відходів, нове будівництво єдиним потоком	1
К2	1,26...1,62	0,054...0,113	лінійно-протяжна смуга вздовж мережі	потоковий метод уздовж осі коридору, відновлення мереж	2
К3	0,81...0,84	0,024...0,029	дисперсні точкові осередки	точковий ремонт розосередженими бригадами	3
К4	0,47...0,57	0,001...0,003	практично неушкоджена забудова	обстеження, поточний ремонт	4

Тривалість освоєння кварталу бригадою визначається за формулою (8):

$$d_i = \frac{k_{нес} Q_i}{n_{k(i)}} \quad (8)$$

де $n_{k(i)}$ чисельність бригади, осіб; $k_{нес}$ коефіцієнт невідповідності технології, що враховує втрату продуктивності при виконанні робіт неспеціалізованим складом. Значення d_i округлюють до більшого цілого.

Обидва сценарії плановано на однаковому обмеженні у шість одночасно працюючих бригад за тим самим алгоритмом списочного планування; тривалість відбудови району визначається формулою (9):

$$T = \max_b \sum_{i \in B_b} d_i \quad (9)$$

де *b* номер бригади; B_b множина кварталів, закріплених за *b*-ю бригадою.

Сценарій А (традиційний) передбачає універсальний склад бригади n = 18 осіб для всіх кварталів, адміністративну черговість освоєння та $k_{нес} > 1$. Сценарій Б (кластерно-диференційований) передбачає склад бригади, підібраний під кластер (25; 15; 10 і 6 осіб для К1...К4), черговість за пріоритетом кластера та $k_{нес} = 1{,}0$. Сумарна базова трудомісткість в обох сценаріях однакова і становить 24 919 люд.-змін: обсяг робіт не змінюється, змінюється лише організація їх виконання.

Рівномірність споживання ресурсів оцінено за формулою (10):

$$K_{н} = \frac{R_{max}}{R_{сер}} \tag{10}$$

де $K_н$ коефіцієнт нерівномірності споживання ресурсів; R_{max} гранична, а $R_{сер}$ середня кількість одночасно задіяних бригад, обчислювана за формулою (11):

$$R_{сер} = \frac{\sum_{i=1}^{N} d_i}{T} \tag{11}$$

де N загальне число кварталів району.

Результати розрахунку за різних значень $k_{нес}$ наведено в табл. 3.

Таблиця 3.

Порівняння сценаріїв відбудови району за різних значень $k_{нес}$

$k_{нес}$	$T_А$, змін	$T_Б$, змін	Скорочення тривалості, %	$K_н$,А	$K_н$,Б
1,00	477	336	29,6	2,06	1,87
1,10	523	336	35,8	2,05	1,87
1,20	571	336	41,2	2,05	1,87
1,30	619	336	45,7	2,06	1,87

Показовим є рядок $k_{нес} = 1{,}00$: за цієї умови неспеціалізована бригада працює з продуктивністю спеціалізованої, тобто технологічного виграшу сценарій Б не отримує. Скорочення тривалості на 29,6% (з 477 до 336 змін) є тут суто організаційним ефектом, зумовленим лише узгодженням чисельності бригад із трудомісткістю кластерів і черговістю освоєння за пріоритетом. Більші значення (35,8...45,7%) містять додатковий ефект технологічної адаптації і мають подаватися окремо. Коефіцієнт нерівномірності знижується з 2,05...2,06 до 1,87 незалежно від $k_{нес}$, що свідчить про рівномірніше завантаження бригад.

Оскільки чисельність універсальної бригади $n_{ун}$*ів* також є оголошеним параметром, окремо перевірено чутливість результату до її вибору при $k_{нес} = 1{,}00$. На сітці $n_{ун}$ів = 10; 14; 18; 22; 24; 25 осіб сценарій Б не програє сценарію А в жодній точці, проте величина виграшу істотно залежить від $n_{ун}$ів: ΔТ спадає з 60,8% при $n_{ун}$*ів* = 10 до 2,0% при $n_{ун}$ів = 25, тобто коли

універсальній бригаді призначено максимальну з кластерних чисельностей. За чисельності, зваженої за трудомісткістю кластерів (24 особи), виграш становить 5,9%. Отже, стійким є висновок про напрям ефекту, а не про його величину: значення 29,6% відповідає конкретному $n_{ун}ів = 18$ і не може трактуватися як універсальна оцінка ефективності кластеризації.

Висновки і перспективи подальших розвідок:

1. Запропоновано систему з трьох кількісних ознак планувальної одиниці: щільності пошкоджень, фрактальної розмірності множини пошкоджень за методом box-counting і середнього розміру її зв'язної компоненти. Ознаки характеризують обсяг, геометрію та фрагментованість руйнувань і разом дають опис, недосяжний для класифікації за самим лише ступенем пошкодження.

2. Розроблено процедуру фрактально-кластерної структуризації території зі стандартизацією ознак і кластеризацією методом *k*-середніх. На умовному модельному фрагменті з 12 кварталів отримано чотири кластери з неперекривними діапазонами фрактальної розмірності (1,85...1,88; 1,26...1,62; 0,81...0,84 і 0,47...0,57) за коефіцієнта детермінації 0,840...1,000 та встановлено порогові значення D* = 0,69; 1,05 і 1,73.

3. Показано, що фрактальна розмірність розрізняє лінійно-протяжні та дисперсні пошкодження за практично однакової щільності руйнувань, тобто несе істотну для вибору методу організації робіт інформацію, недоступну з обсягових показників.

4. Сформовано таблицю відповідності типу кластера організаційно-технологічному рішенню, що визначає для кожного кластера провідний метод організації робіт і пріоритет освоєння.

5. За однакового обсягу робіт і однакового ресурсного обмеження кластерно-диференційований сценарій скорочує тривалість відбудови модельного району з 477 до 336 змін (29,6% за $n_{ун}ів = 18$) і знижує коефіцієнт нерівномірності з 2,06 до 1,87. Це суто організаційний ефект, без складової технологічної адаптації. Перевірка чутливості показала, що сценарій Б не програє традиційному на всій дослідженій сітці $n_{ун}$ів, однак величина виграшу змінюється від 60,8% до 2,0%, тому обґрунтованим є висновок про напрям ефекту, а не про його конкретну величину.

Перспективи подальших розвідок: апробація процедури на фактичних матеріалах обстеження пошкоджених територій із залученням даних дистанційного зондування; обґрунтування числа кластерів за формальними критеріями замість апріорного задання; розширення переліку ознак показниками транспортної доступності та стану інженерних мереж; побудова методології оцінки стійкості сформованих рішень до зміни умов постконфліктного середовища.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. World Bank Group. Ukraine Rapid Damage and Needs Assessment: February 2022 – February 2023. Washington, D.C.: World Bank Group, 2023.

2. Зосім С.А. Принципи архітектурно-планувальної організації нової повоєнної житлової забудови в Україні: дис. … д-ра філософії: 191. Полтава, 2026. 241 с.

3. Вишневський Д.С. Методичні основи територіального планування розвитку регіонів: дис. … д-ра філософії: 192. Харків, 2025.

4. Mandelbrot B. Statistical Methodology for Non-Periodic Cycles: From the Covariance to R/S Analysis. Annals of Economic and Social Measurement. 1972. No. 1. P. 259–290.

5. Batty M., Longley P. Fractal Cities: A Geometry of Form and Function. London; San Diego: Academic Press, 1994. 394 p.

6. Дубінін Д.В. Інноваційна система формалізації процесів організації будівництва: дис. … канд. техн. наук: 05.23.08. Київ, 2017. 185 с.

7. Залуніна О.М. Системно-теоретичні засади ознакового економічного простору будівельних підприємств: автореф. дис. … д-ра екон. наук: 08.00.04. Київ, 2012.

8. Дружинін М.А., Малихін М.О., Степанюк Р.Б. Науково-прикладні засади організаційно-технологічного моделювання девелоперських проектів у форматі стратегічних інновацій. Містобудування та територіальне планування. 2024. Вип. 87. С. 193–205. https://doi.org/10.32347/2076-815X.2024.87.193-205

9. Приходько О.О. Fuzzy-модель оцінювання відповідності рівнів організаційно-технологічного і цифрового адміністрування проєктами будівництва. Містобудування та територіальне планування. 2024. Вип. 85. С. 514–525. https://doi.org/10.32347/2076-815X.2024.85.514-525

10. Степанюк Р.Б. Модифікація моделей нечіткого виведення з використанням штучних імунних систем для адаптації до умов будівництва в проектах реконструкції інфраструктури після війни. Управлінські, економічні, облікові, організаційно-технологічні, цифрові та комунікаційні аспекти поліпшення освітнього та наукового процесів як імперативи трансформації будівельної галузі: прогр. та тези доп. круглого столу. Київ, 2024. С. 24.

11. Млодецкий В.Р., Тян Р.Б., Попова В.В., Мартыш А.А. Организационно-технологическая и экономическая надёжность в строительстве. Днепропетровск: Наука і освіта, 2013. 193 с.

12. Прусов Д.Е. Теорія та методологія прогнозування наслідків інженерної підготовки перетворення міських територій зі щільною забудовою та складними геологічними умовами: автореф. дис. … д-ра техн. наук: 05.23.20. Київ, 2015. 43 с.

13. Марцинюк Є.О. Організаційно-технічні механізми управління відходами від руйнувань у територіальних громадах: дис. … д-ра філософії: 073. Харків, 2026. 181 с.

14. Доненко В.І. Теоретико-методологічний комплекс забезпечення адаптивного розвитку будівельних організацій: автореф. дис. … д-ра техн. наук: 05.23.08. Київ, 2011. 40 с.

15. Доненко В.І., Іщенко О.С., Бобраков А.А. Розробка системи ресурсно-календарного забезпечення будівельних проектів відновлення аварійних об'єктів. Управління розвитком складних систем. 2014. Вип. 19. С. 47–51.

16. Доненко В.І., Бобраков А.А., Іваненко Д.С. Удосконалення ресурсозабезпечення при відновленні будівель з використанням Artificial Intelligence. Шляхи підвищення ефективності будівництва в умовах формування ринкових відносин. 2023. Вип. 52, ч. 1. С. 62–72. https://doi.org/10.32347/2707-501x.2023.52(1).62-72

17. ДСТУ 9273:2024. Настанова щодо обстеження будівель і споруд для визначення та оцінювання їхнього технічного стану. Механічний опір та стійкість. Київ, 2024.

18. Donenko V., Donenko I., Bobrakov A., Kulik M., Ivanenko D. Fatigue analysis of concrete structures using AI with the introduction of fractal corrosion detection. Journal of Physics: Conference Series. 2024. Vol. 2697. Art. 012001. https://doi.org/10.1088/1742-6596/2697/1/012001

Kand. Sc. (Tech.), Ass.Professor **Iryna Donenko**,
Prizma Line LLC, Zaporizhzhia, Ukraine,
PhD student **Herman Heliukh**,
Volodymyr Dahl East Ukrainian National University, Kyiv, Ukraine

ORGANISATIONAL AND TECHNOLOGICAL MODEL FOR THE RESTORATION OF URBAN AREAS BASED ON FRACTAL AND CLUSTER ANALYSIS OF DAMAGE

For urban areas damaged by military action, the assumption of technological homogeneity of the work front, underlying conventional linear and line-flow scheduling models, does not hold. The aim of the study is to develop an organisational and technological restoration model based on fractal and cluster analysis of the spatial distribution of damage. A system of three quantitative attributes of a planning unit is proposed: damage density, the box-counting fractal dimension of the damage set, and the mean size of its connected component. Using a conditional model fragment of urban fabric comprising 12 blocks (a 512×512 raster

with a 2 m step), the attributes were computed and the blocks were clustered by the k-means method. Four clusters with non-overlapping ranges of fractal dimension were obtained: 1.85...1.88; 1.26...1.62; 0.81...0.84 and 0.47...0.57, with coefficients of determination of 0.840...1.000; thresholds of 0.69, 1.05 and 1.73 were established and a leading method of work organisation was assigned to each cluster. Under an identical scope of work and an identical resource constraint, the cluster-differentiated scenario reduced the reconstruction duration of the district from 477 to 336 shifts (29.6%) and lowered the resource consumption non-uniformity coefficient from 2.06 to 1.87. A sensitivity check showed that this scenario is never inferior to the conventional one across the whole examined grid, yet the gain varies within 2.0...60.8%: it is the direction of the effect, not its magnitude, that is robust.

Keywords: urban area reconstruction; organisational and technological model; fractal dimension; box-counting; cluster analysis; construction scheduling; uniformity of resource consumption.

REFERENCES

1. World Bank Group (2023). Ukraine Rapid Damage and Needs Assessment: February 2022 – February 2023. Washington, D.C.: World Bank Group. {in English}

2. Zosim S.A. (2026). Pryntsypy arkhitekturno-planuvalnoi orhanizatsii novoi povoiennoi zhytlovoi zabudovy v Ukraini: PhD thesis: 191. Poltava. 241 p. {in Ukrainian}

3. Vyshnevskyi D.S. (2025). Metodychni osnovy terytorialnoho planuvannia rozvytku rehioniv: PhD thesis: 192. Kharkiv. {in Ukrainian}

4. Mandelbrot B. (1972). Statistical Methodology for Non-Periodic Cycles: From the Covariance to R/S Analysis. Annals of Economic and Social Measurement, 1, pp. 259–290. {in English}

5. Batty M., Longley P. (1994). Fractal Cities: A Geometry of Form and Function. London; San Diego: Academic Press. 394 p. {in English}

6. Dubinin D.V. (2017). Innovatsiina systema formalizatsii protsesiv orhanizatsii budivnytstva: PhD thesis: 05.23.08. Kyiv. 185 p. {in Ukrainian}

7. Zalunina O.M. (2012). Systemno-teoretychni zasady oznakovoho ekonomichnoho prostoru budivelnykh pidpryiemstv: extended abstract of Dr. Sc. thesis: 08.00.04. Kyiv. {in Ukrainian}

8. Druzhynin M.A., Malykhin M.O., Stepaniuk R.B. (2024). Naukovo-prykladni zasady orhanizatsiino-tekhnolohichnoho modeliuvannia developerskykh proektiv u formati stratehichnykh innovatsii. Mistobuduvannia ta terytorialne planuvannia, 87, pp. 193–205. https://doi.org/10.32347/2076-815X.2024.87.193-205 {in Ukrainian}

9. Prykhodko O.O. (2024). Fuzzy-model otsiniuvannia vidpovidnosti rivniv orhanizatsiino-tekhnolohichnoho i tsyfrovoho administruvannia proiektamy budivnytstva. Mistobuduvannia ta terytorialne planuvannia, 85, pp. 514–525. https://doi.org/10.32347/2076-815X.2024.85.514-525 {in Ukrainian}

10. Stepaniuk R.B. (2024). Modyfikatsiia modelei nechitkoho vyvedennia z vykorystanniam shtuchnykh imunnykh system dlia adaptatsii do umov budivnytstva v proektakh rekonstruktsii infrastruktury pislia viiny. Round table abstracts. Kyiv, p. 24. {in Ukrainian}

11. Mlodetskii V.R., Tian R.B., Popova V.V., Martysh A.A. (2013). Organizatsionno-tekhnologicheskaia i ekonomicheskaia nadezhnost v stroitelstve. Dnipropetrovsk: Nauka i osvita. 193 p. {in Russian}

12. Prusov D.E. (2015). Teoriia ta metodolohiia prohnozuvannia naslidkiv inzhenernoi pidhotovky peretvorennia miskykh terytorii zi shchilnoiu zabudovoiu ta skladnymy heolohichnymy umovamy: extended abstract of Dr. Sc. thesis: 05.23.20. Kyiv. 43 p. {in Ukrainian}

13. Martsyniuk Ye.O. (2026). Orhanizatsiino-tekhnichni mekhanizmy upravlinnia vidkhodamy vid ruinuvan u terytorialnykh hromadakh: PhD thesis: 073. Kharkiv. 181 p. {in Ukrainian}

14. Donenko V.I. (2011). Teoretyko-metodolohichnyi kompleks zabezpechennia adaptyvnoho rozvytku budivelnykh orhanizatsii: extended abstract of Dr. Sc. thesis: 05.23.08. Kyiv. 40 p. {in Ukrainian}

15. Donenko V.I., Ishchenko O.S., Bobrakov A.A. (2014). Rozrobka systemy resursno-kalendarnoho zabezpechennia budivelnykh proektiv vidnovlennia avariinykh obiektiv. Upravlinnia rozvytkom skladnykh system, 19, pp. 47–51. {in Ukrainian}

16. Donenko V.I., Bobrakov A.A., Ivanenko D.S. (2023). Udoskonalennia resursozabezpechennia pry vidnovlenni budivel z vykorystanniam Artificial Intelligence. Shliakhy pidvyshchennia efektyvnosti budivnytstva v umovakh formuvannia rynkovykh vidnosyn, 52(1), pp. 62–72. https://doi.org/10.32347/2707-501x.2023.52(1).62-72 {in Ukrainian}

17. DSTU 9273:2024. Nastanova shchodo obstezhennia budivel i sporud dlia vyznachennia ta otsiniuvannia yikhnoho tekhnichnoho stanu. Mekhanichnyi opir ta stiikist. Kyiv, 2024. {in Ukrainian}

18. Donenko V., Donenko I., Bobrakov A., Kulik M., Ivanenko D. (2024). Fatigue analysis of concrete structures using AI with the introduction of fractal corrosion detection. Journal of Physics: Conference Series, 2697, Art. 012001. https://doi.org/10.1088/1742-6596/2697/1/012001 {in English}

DOI: 10.32347/2076-815x.2026.93.421-434
УДК: 69.05:004.9:528.7:005.8

доктор філософії **Жалдак Р.Ю.,**
zhaldak.ry@iino.in.ua, ORCID: 0000-0002-6139-1506,
д.т.н., професор **Прусов Д.Е.,**
dmytro.prusov@iino.in.ua, ORCID: 0000-0002-1720-2798,
Приходько О.О.,
oleg.prykhodko84@gmail.com, ORCID: 0000-0002-3092-6782,
ВСП «Інститут Інноваційної освіти», КНУБА, м. Київ

ОСОБЛИВОСТІ НАУКОВО-ТЕХНІЧНОГО СУПРОВОДУ ТА МОНІТОРИНГУ СКЛАДНИХ ОБ'ЄКТІВ БУДІВНИЦТВА НА ОСНОВІ КОНВЕРГЕНЦІЇ BIM-ТЕХНОЛОГІЙ ТА ПРОЦЕДУР ТЕХНІЧНОГО НАГЛЯДУ

Сучасний розвиток будівельної галузі характеризується зростанням складності об'єктів, підвищенням вимог до їхньої надійності, безпечності та ефективності експлуатації, що зумовлює необхідність удосконалення підходів до організації науково-технічного супроводу та моніторингу будівництва. У цих умовах особливого значення набуває інтеграція цифрових технологій, зокрема BIM, з процедурами технічного нагляду, що дозволяє сформувати єдине інформаційне середовище для управління життєвим циклом об'єкта.

Розглядаються особливості формування системи науково-технічного супроводу складних об'єктів будівництва, яка базується на конвергенції інформаційного моделювання будівель та процедур технічного контролю. Такий підхід забезпечує безперервність моніторингу стану об'єкта на всіх етапах реалізації проєкту, починаючи від проєктування і завершуючи експлуатацією. Інтеграція BIM-технологій дозволяє акумулювати дані про конструктивні, технологічні та експлуатаційні характеристики об'єкта, що створює передумови для підвищення точності прийняття управлінських рішень.

Особлива увага приділяється формуванню інформаційно-аналітичних механізмів, що забезпечують обробку даних моніторингу, виявлення відхилень від нормативних параметрів та прогнозування технічного стану об'єктів. Використання цифрових моделей у поєднанні з інструментами технічного нагляду дозволяє своєчасно ідентифікувати потенційні ризики та мінімізувати ймовірність виникнення аварійних ситуацій. Запропонований підхід передбачає створення інтегрованої системи взаємодії між учасниками будівельного процесу, що забезпечує прозорість, узгодженість дій та підвищення ефективності управління. Конвергенція BIM-технологій і процедур технічного

нагляду формує основу для переходу до інтелектуалізованих систем управління будівництвом, орієнтованих на аналіз даних у режимі реального часу.

Ключові слова: BIM-технології; науково-технічний супровід; технічний нагляд; моніторинг; будівельні об'єкти; цифровізація; інформаційне моделювання; управління проєктами.

Постановка проблеми: Сучасна практика управління будівельними проєктами свідчить про наявність значних проблем у сфері організації науково-технічного супроводу та моніторингу складних об'єктів. Основною з них є фрагментарність інформаційних потоків та відсутність інтегрованих систем, що забезпечують узгодженість даних між різними учасниками будівельного процесу. Це призводить до зниження ефективності контролю якості, затримок у прийнятті рішень та підвищення ризиків виникнення помилок. Існуючі підходи до технічного нагляду здебільшого базуються на традиційних методах контролю, які не враховують можливостей сучасних цифрових технологій. Водночас BIM-технології, попри значний потенціал, часто використовуються ізольовано, без належної інтеграції з процедурами нагляду. Це обмежує їх ефективність та не дозволяє повною мірою реалізувати переваги цифрового управління.

Аналіз останніх досліджень і публікацій: Сучасні наукові дослідження у сфері будівництва активно зосереджені на питаннях цифровізації, впровадження BIM-технологій та удосконалення систем управління проєктами. Значна увага приділяється розвитку інформаційних моделей будівель, які дозволяють інтегрувати дані про об'єкти та забезпечувати їх комплексний аналіз. Окремі дослідження присвячені питанням технічного нагляду та контролю якості будівництва, зокрема використанню сучасних методів моніторингу та автоматизації процесів контролю. Водночас аналіз наукових праць свідчить про недостатню увагу до інтеграції BIM-технологій із процедурами технічного нагляду. Невирішеними залишаються питання формування єдиного інформаційного середовища, забезпечення сумісності даних та розроблення ефективних механізмів взаємодії між учасниками будівельного процесу. Це зумовлює необхідність подальших досліджень у цьому напрямі.

Метою цієї статті є обґрунтування теоретичних і методичних засад організації науково-технічного супроводу та моніторингу складних об'єктів будівництва на основі конвергенції BIM-технологій і процедур технічного нагляду. Досягнення поставленої мети передбачає визначення структури інтегрованої системи, розроблення підходів до обробки та аналізу даних, а

також формування механізмів підвищення ефективності управління будівельними проєктами.

Виклад основного матеріалу: Сучасний розвиток будівельної галузі характеризується зростанням складності об'єктів, підвищенням вимог до їх надійності та безпеки, а також активним впровадженням цифрових технологій управління будівельними процесами. У цих умовах особливого значення набуває науково-технічний супровід і системний моніторинг складних об'єктів будівництва, які забезпечують контроль технічного стану конструкцій, відповідність виконання робіт проєктним рішенням та своєчасне виявлення потенційних відхилень. Традиційні процедури технічного нагляду, що базуються на періодичних перевірках та аналізі виконавчої документації, поступово трансформуються у більш інтегровану систему управління технічними параметрами будівельного об'єкта [1].

Конвергенція BIM-технологій і процедур технічного нагляду також сприяє формуванню нових підходів до моніторингу технічного стану об'єктів. Завдяки використанню цифрових моделей можна здійснювати безперервне відстеження ключових параметрів конструкцій, аналізувати зміни навантажень, деформацій та інших інженерних характеристик. Рисунок 1 відображає послідовність формування цифрової інформаційної бази об'єкта, її інтеграцію з процедурами технічного нагляду та використання отриманих даних для аналізу технічного стану і прийняття управлінських рішень у процесі реалізації будівельного проєкту [2].

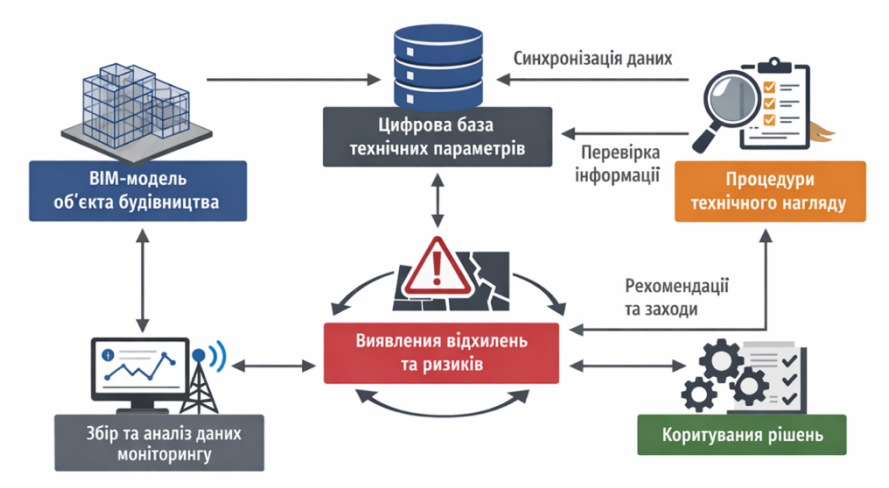


Рис. 1. Структурна схема інтеграції BIM-технологій та процедур технічного нагляду у системі моніторингу будівельних об'єктів *(розроблено автором на основі [2])*

Розвиток сучасних будівельних технологій зумовлює необхідність постійного контролю технічного стану складних об'єктів протягом усього їх життєвого циклу. Особливої актуальності це набуває для висотних будівель, великих інфраструктурних споруд, об'єктів із підвищеними навантаженнями або складною конструктивною схемою [3]. У таких умовах традиційні методи

технічного нагляду, які базуються на періодичних інженерних перевірках і аналізі виконавчої документації, вже не забезпечують достатньої оперативності контролю [4].

Для кращого розуміння структури цифрового моніторингу технічного стану будівельного об’єкта доцільно представити узагальнену послідовність обробки та використання даних у вигляді рисунка 2.

Важливим завданням цифрового моніторингу є оцінювання інтегрального технічного стану об’єкта на основі сукупності контрольованих параметрів. Така оцінка може бути представлена у вигляді інтегрального показника технічного стану:

$$K_{tech} = \sum_{i=1}^{n} \omega_i \times \left(\frac{P_i}{P_i^{norm}}\right)^{\alpha_i}, \quad (1)$$

де K_{tech} — інтегральний показник технічного стану об’єкта, ω_i — ваговий коефіцієнт відповідного параметра, P_i — фактичне значення технічного параметра, P_i^{norm} — нормативне значення параметра, α_i — коефіцієнт чутливості параметра.



Рис. 2. Структурна схема цифрового моніторингу технічного стану будівельного об’єкта *(розроблено автором на основі [4])*

Для ілюстрації розглянемо умовний приклад оцінювання технічного стану об’єкта за трьома параметрами: деформацією перекриттів, зміною вертикальності конструкцій та навантаженням на опорні елементи. Припустимо, що отримані значення параметрів становлять:

$$\omega_1 = 0.4, \qquad \frac{P_1}{P_1^{norm}} = 0.95.$$

$$\omega_2 = 0.35, \qquad \frac{P_2}{P_2^{norm}} = 1.02.$$

$$\omega_3 = 0.25, \qquad \frac{P_3}{P_3^{norm}} = 0.97.$$

Після підстановки у формулу отримуємо:

$$K_{tech} \approx 0.98.$$

Отримане значення близьке до одиниці, що свідчить про задовільний технічний стан конструкцій та відповідність фактичних параметрів нормативним вимогам [5].

Для систематизації параметрів, які використовуються у процесі цифрового моніторингу, доцільно представити їх у таблиці 1.

Таблиця 1.

Основні параметри моніторингу технічного стану будівельних конструкцій

(розроблено автором на основі [5])

Параметр контролю	**Метод вимірювання**	**Призначення**
Деформації конструкцій	Датчики деформацій, геодезичні вимірювання	Контроль стійкості елементів
Переміщення та осідання	Геодезичний моніторинг	Виявлення змін положення конструкцій
Навантаження на елементи	Сенсорні системи	Оцінювання роботи конструкцій
Температурні впливи	Температурні датчики	Аналіз температурних деформацій

Динаміку зміни інтегрального показника технічного стану конструкцій у процесі експлуатації доцільно відобразити за допомогою рисунка 3 [6].

Використання цифрових методів моніторингу у поєднанні з інформаційним моделюванням будівель дозволяє створити ефективну систему контролю технічного стану складних об’єктів будівництва. Інтеграція даних сенсорних систем, аналітичних моделей та BIM-технологій забезпечує можливість безперервного спостереження за поведінкою конструкцій,

своєчасного виявлення відхилень та прийняття обґрунтованих інженерних рішень, що підвищує рівень безпеки та надійності будівельних об'єктів [7].

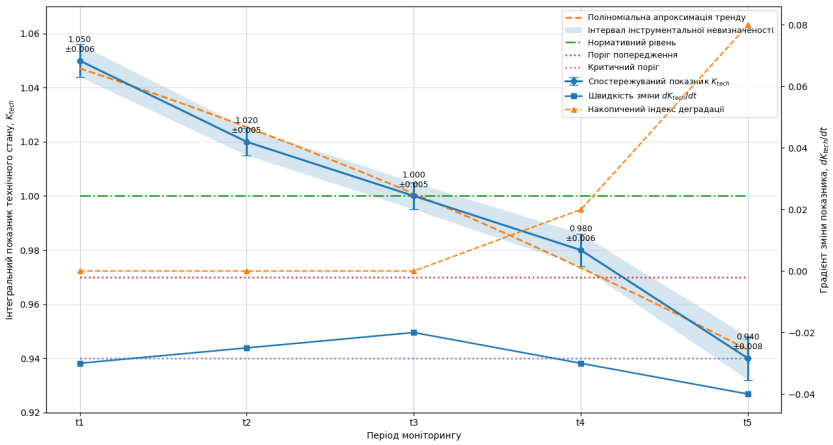


Рис. 3. Зміна інтегрального показника технічного стану конструкцій у часі
(розроблено автором на основі [6])

Подальший розвиток цифрових технологій у будівництві зумовлює необхідність переосмислення ролі процедур технічного нагляду в системі управління реалізацією будівельних проєктів. У традиційній практиці технічний нагляд передбачає перевірку відповідності виконаних робіт проєктній документації, контроль якості матеріалів та оцінювання дотримання технологічних процесів будівництва. Проте в умовах цифровізації галузі ці функції поступово інтегруються з інформаційними моделями будівель, що створює передумови для формування більш ефективної системи технічного контролю.

Для формалізації ефективності технічного нагляду може використовуватися інтегральний коефіцієнт якості контролю будівельних робіт:

$$K_c = \frac{N_{ok}}{N_{tot}}, \tag{2}$$

де K_c — коефіцієнт ефективності технічного контролю, N_{ok} — кількість перевірених елементів, що відповідають проєктним вимогам, N_{tot} — загальна кількість перевірених елементів.

Для глибшого аналізу якості виконання будівельних робіт може використовуватися показник відхилення параметрів будівництва від проєктних значень:

$$D = \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n}\left|\frac{P_i - P_i^{proj}}{P_i^{proj}}\right|, \tag{3}$$

де D — середнє відносне відхилення параметрів будівництва, P_i — фактичне значення параметра, P_i^{proj} — проєктне значення параметра, n — кількість контрольованих параметрів.

Одним із ключових елементів цифрового технічного нагляду є використання аналітичних моделей для оцінювання ефективності управління будівельними процесами. Узагальнений показник ефективності технічного нагляду може бути представлений у вигляді функції:

$$E_{sup} = \sum_{i=1}^{m} \lambda_i \left(\frac{Q_i}{Q_i^{ref}} \right), \quad (4)$$

де E_{sup} — інтегральний показник ефективності технічного нагляду, λ_i — ваговий коефіцієнт показника, Q_i — фактичне значення показника якості, Q_i^{ref} — нормативне значення показника.

Оцінювання стабільності будівельних процесів також може здійснюватися за допомогою коефіцієнта технологічної стійкості:

$$S_{tech} = 1 - \frac{\sigma_P}{\mu_P}, \quad (5)$$

де S_{tech} — коефіцієнт стабільності технологічного процесу, σ_P — стандартне відхилення параметра процесу, μ_P — середнє значення параметра.

Ще одним важливим показником є коефіцієнт цифрової інтеграції технічного контролю:

$$I_{dig} = \frac{N_{BIM}}{N_{tot}}, \quad (6)$$

де I_{dig} — рівень цифрової інтеграції контролю, N_{BIM} — кількість операцій контролю, інтегрованих у BIM-середовище, N_{tot} — загальна кількість процедур технічного нагляду [8].

Використання цифрових систем технічного контролю дозволяє суттєво знизити кількість відхилень під час виконання будівельних робіт. Залежність між рівнем цифровізації технічного нагляду та кількістю технічних відхилень може бути представлено на рисунку 5.

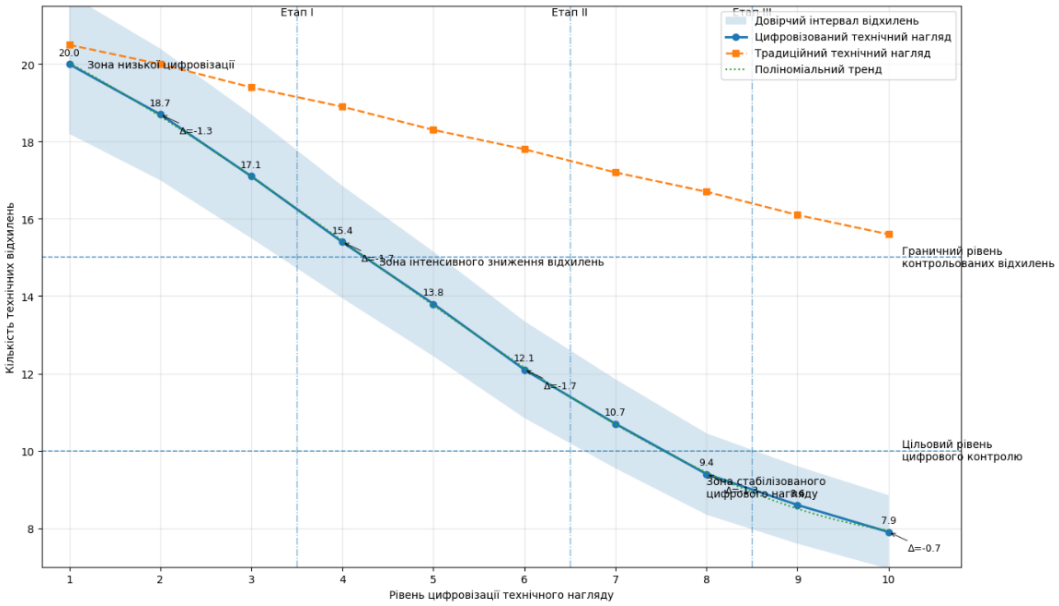


Рис. 5. Залежність кількості технічних відхилень від рівня цифровізації технічного нагляду *(розроблено автором на основі [9])*

Систематизацію основних характеристик традиційного та цифрового технічного нагляду доцільно подати у таблиці 2.

Таблиця 2.

Порівняння традиційного та цифрового технічного нагляду *(розроблено автором на основі [9])*

Параметр	**Традиційний нагляд**	**Цифровий нагляд**
Форма контролю	Періодичні перевірки	Безперервний моніторинг
Джерела даних	Документація та огляд	BIM-модель і сенсорні системи
Швидкість аналізу	Низька	Висока
Виявлення відхилень	Після виконання робіт	У процесі виконання

Другим важливим аспектом цифрового технічного нагляду є підвищення якості будівельних робіт завдяки використанню автоматизованих систем контролю. Динаміка зміни якості будівельних процесів залежно від рівня автоматизації контролю може бути представлена наступним рисунком 6 [10].

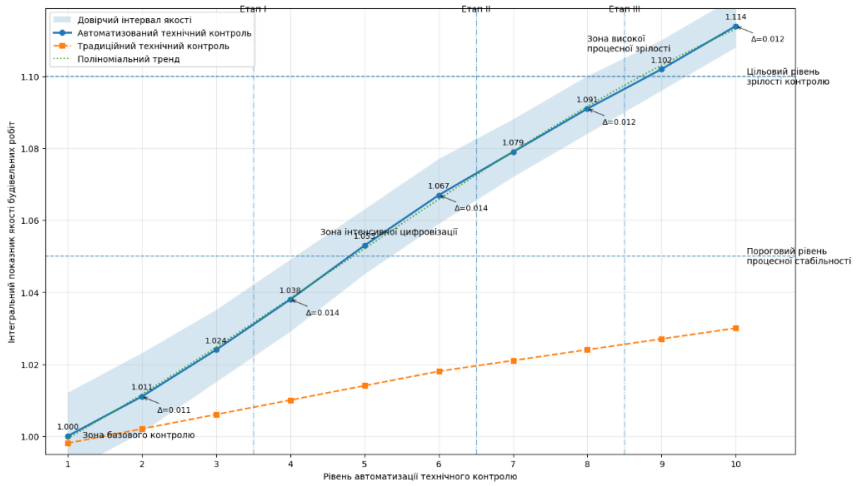


Рис. 6. Вплив автоматизованого технічного контролю на якість будівельних робіт
(розроблено автором на основі [10])

Важливим аспектом функціонування інтегрованої системи супроводу є використання аналітичних моделей для оцінювання ефективності управління технічним станом об'єкта. Узагальнений показник ефективності функціонування системи моніторингу та технічного супроводу може бути представлений у вигляді інтегральної функції:

$$E_{int} = \sum_{i=1}^{n} \lambda_i \left(\frac{P_i}{P_i^{ref}} \right), \tag{7}$$

де E_{int} — інтегральний показник ефективності системи супроводу, λ_i — ваговий коефіцієнт відповідного параметра, Pi — фактичне значення показника ефективності, P_i^{ref} — нормативне або базове значення показника.

Ще одним важливим елементом інтегрованої системи є прогнозування зміни технічного стану будівлі у процесі експлуатації. Використання даних цифрового моніторингу та інформаційних моделей дозволяє формувати аналітичні сценарії розвитку технічних процесів і оцінювати можливі зміни параметрів конструкцій у часі. Для оцінювання динаміки зміни технічного стану може використовуватися функція прогнозування:

$$T(t) = T_0 \times e^{-\beta t}, \tag{8}$$

де T(t) — прогнозний показник технічного стану об'єкта в момент часу t; T_0 — початковий рівень технічного стану конструкцій; β — коефіцієнт інтенсивності зміни технічних параметрів; t — період експлуатації.

Застосування BIM-технологій у поєднанні з системами цифрового моніторингу дозволяє перейти від фрагментарного контролю до безперервного аналізу технічних характеристик будівельних конструкцій [11].

Для узагальнення ключових характеристик інтегрованої системи науково-технічного супроводу доцільно представити її основні функціональні елементи у таблиці 3.

Таблиця 3.

Основні елементи інтегрованої системи науково-технічного супроводу та моніторингу будівельних об’єктів *(розроблено автором на основі [11])*

Елемент системи	**Основний зміст**	**Функціональне призначення**
BIM-модель об’єкта	Цифрове представлення конструкцій, матеріалів та інженерних систем	Інтеграція технічної інформації
Системи моніторингу	Датчики, геодезичні вимірювання, аналіз деформацій	Контроль технічного стану конструкцій
Технічний нагляд	Перевірка відповідності виконаних робіт проєктним рішенням	Контроль якості будівельних процесів
Аналітичні моделі	Розрахунки та прогнозування змін технічних параметрів	Оцінювання надійності конструкцій
Інженерні рішення	Коригування проєктних та технологічних параметрів	Підвищення безпеки та ефективності будівництва

Висновок

Конвергенція BIM-технологій із процедурами технічного нагляду формує якісно нову модель управління будівельними процесами, яка базується на єдиному інформаційному просторі та безперервному обміні даними між усіма учасниками проєкту. Такий підхід дозволяє забезпечити системність моніторингу, підвищити прозорість процесів та створити передумови для своєчасного виявлення відхилень від проєктних і нормативних параметрів.

Важливим аспектом є можливість використання цифрових моделей як інструменту не лише фіксації поточного стану об’єкта, а й прогнозування його подальшого функціонування. Це забезпечує перехід до більш гнучких та адаптивних управлінських рішень, орієнтованих на попередження ризиків, а не лише на реагування на вже виниклі проблеми. У свою чергу, інтеграція аналітичних інструментів в систему моніторингу дозволяє підвищити об’єктивність оцінювання технічного стану об’єктів і мінімізувати вплив суб’єктивних факторів.

Література

1. Nguyen T.D., Adhikari S. The Role of BIM in Integrating Digital Twin in Building Construction: A Literature Review // *Sustainability*. – 2023. – Vol. 15,

Issue 13. – Article 10462. – DOI: 10.3390/su151310462. – [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://www.mdpi.com/2071-1050/15/13/10462

2. Xu Y., Li M., Huang G., Liu Q. BIM-Based Integration and Visualization Management of Construction Risks in Water Pumping Station Projects // *Buildings*. – 2025. – Vol. 15, Issue 19. – Article 3573. – DOI: 10.3390/buildings15193573. – [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://surl.li/bfocpp

3. Zhou D., Pei B., Li X., Jiang D. Innovative BIM technology application in the construction management of highway // *Scientific Reports*. – 2024. – Vol. 14, Issue 1. – DOI: 10.1038/s41598-024-66232-5. – [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://surl.li/szklae

4. Hsieh C.-C., Chen H.-M., Chen W.-Y., Wu T.-Y. Automated construction progress monitoring and control through AI-based image recognition and BIM integration // Automation in Construction. 2026. Vol. 183. Article 106783. DOI: https://doi.org/10.1016/j.autcon.2026.106783. – [Електронний ресурс]. – Режим доступу https://surl.li/jevvkf

5. Opoku D.-G. J., Perera S., Osei-Kyei R., Rashidi M. Digital twin application in the construction industry: A literature review // *Journal of Building Engineering*. – 2021. – Vol. 40. – Article 102726. – DOI: 10.1016/j.jobe.2021.102726. – [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S2352710221005842.

6. Liu N., Guo D., Hu R. BIM-based digital platform and risk management system for mountain tunnel construction // Scientific Reports. 2023. Vol. 13. Article 7585. DOI: https://doi.org/10.1038/s41598-023-34525-w. – [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://surl.li/jrfhmi

7. Reja V.K., Varghese K., Ha Q.P. Computer vision-based construction progress monitoring // Automation in Construction. 2022. Vol. 138. Article 104245. DOI: https://doi.org/10.1016/j.autcon.2022.104245. – [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://surl.li/msrxgf

8. Su S., Zhong R., Cao H. Digital twin and its potential applications in construction industry: State-of-the-art review and a conceptual framework // *Advanced Engineering Informatics*. – 2023. – DOI: 10.1016/j.aei.2023.102030. – [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://www.semanticscholar.org/paper/Digital-twin-and-its-potential-applications-in-and-Su-Zhong/e3dd334e62f00730c39cba03f30f7e76a1c12162.

9. CHUPRYNA I. (2025). Conceptual principles of knowledge management in integrated systems for the implementation of construction projects. *Ways to Improve Construction Efficiency*, *2*(56), 105–117. https://doi.org/10.32347/2707-501x.2025.56(2).105-117

10. Love P.E.D., Ika L.A., Pinto J.K. Fast-and-frugal heuristics for decision-making in uncertain and complex settings in construction // *Developments in the Built Environment*. – 2023. – Vol. 14. – Article 100129. – [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S266616592300011X?via%3Dihub

11. Chupryna, Y., Sobol, D., Sibikovsky, O., & Pedko, Y.A. SYSTEMATIZATION OF BASIC DEFINITIONS REGARDING THE FORMATION OF THE CONCEPTUAL-THEORETICAL BASIS OF INFORMATION SUPPORT OF CONSTRUCTION ORGANIZATION PROCESSES. *Building Production*, 2025, вип. 78, С. 39-50. DOI: https://doi.org/10.36750/2524-2555.78.39-50

PhD **Zhaldak Ruslan,**
Doctor of Technical Sciences, **Prusov Dmytro, Prykhodko Oleh,**
Institute of Innovative Education,
Kyiv National University of Construction and Architecture, Kyiv

FEATURES OF SCIENTIFIC AND TECHNICAL SUPPORT AND MONITORING OF COMPLEX CONSTRUCTION OBJECTS BASED ON THE CONVERGENCE OF BIM TECHNOLOGIES AND TECHNICAL SUPERVISION PROCEDURES

The modern development of the construction industry is characterized by increasing complexity of construction objects, as well as higher requirements for their reliability, safety, and operational efficiency. This necessitates the improvement of approaches to organizing scientific and technical support and construction monitoring. Under these conditions, the integration of digital technologies, particularly Building Information Modeling (BIM), with technical supervision procedures becomes especially significant, as it enables the creation of a unified information environment for managing the entire life cycle of a construction object.

The study examines the features of forming a system of scientific and technical support for complex construction objects based on the convergence of building information modeling and technical control procedures. This approach ensures continuous monitoring of the object's condition at all stages of project implementation, from design to operation. The integration of BIM technologies makes it possible to accumulate data on structural, technological, and operational characteristics of the object, thereby creating the basis for improving the accuracy of managerial decision-making.

Particular attention is paid to the development of information and analytical mechanisms that provide data processing for monitoring, detection of deviations from regulatory parameters, and forecasting of the technical condition of construction objects. The use of digital models in combination with technical supervision tools enables the timely identification of potential risks and minimizes the probability of emergency situations. The proposed approach involves the creation of an integrated system of interaction among participants in the construction process, ensuring

transparency, coordination of actions, and improved management efficiency. The convergence of BIM technologies and technical supervision procedures forms the foundation for the transition to intelligent construction management systems oriented toward real-time data analysis.

Keywords: BIM technologies; scientific and technical support; technical supervision; monitoring; construction objects; digitalization; building information modeling; project management.

REFERENCES

1. Nguyen T.D., Adhikari S. The Role of BIM in Integrating Digital Twin in Building Construction: A Literature Review // Sustainability. – 2023. – Vol. 15, Issue 13. – Article 10462. – DOI: 10.3390/su151310462. – [Electronic resource]. – Available at: https://www.mdpi.com/2071-1050/15/13/10462. {in English}

2. Xu Y., Li M., Huang G., Liu Q. BIM-Based Integration and Visualization Management of Construction Risks in Water Pumping Station Projects // Buildings. – 2025. – Vol. 15, Issue 19. – Article 3573. – DOI: 10.3390/buildings15193573. – [Electronic resource]. – Available at: https://surl.li/bfocpp. {in English}

3. Zhou D., Pei B., Li X., Jiang D. Innovative BIM technology application in the construction management of highway // Scientific Reports. – 2024. – Vol. 14, Issue 1. – DOI: 10.1038/s41598-024-66232-5. – [Electronic resource]. – Available at: https://surl.li/szklae. {in English}

4. Hsieh C.-C., Chen H.-M., Chen W.-Y., Wu T.-Y. Automated construction progress monitoring and control through AI-based image recognition and BIM integration // Automation in Construction. – 2026. – Vol. 183. – Article 106783. – DOI: https://doi.org/10.1016/j.autcon.2026.106783. – [Electronic resource]. – Available at: https://surl.li/jevvkf. {in English}

5. Opoku D.-G. J., Perera S., Osei-Kyei R., Rashidi M. Digital twin application in the construction industry: A literature review // Journal of Building Engineering. – 2021. – Vol. 40. – Article 102726. – DOI: 10.1016/j.jobe.2021.102726. – [Electronic resource]. – Available at: https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S2352710221005842. {in English}

6. Liu N., Guo D., Hu R. BIM-based digital platform and risk management system for mountain tunnel construction // Scientific Reports. – 2023. – Vol. 13. – Article 7585. – DOI: https://doi.org/10.1038/s41598-023-34525-w. – [Electronic resource]. – Available at: https://surl.li/jrfhmi. {in English}

7. Reja V.K., Varghese K., Ha Q.P. Computer vision-based construction progress monitoring // Automation in Construction. – 2022. – Vol. 138. – Article

104245. – DOI: https://doi.org/10.1016/j.autcon.2022.104245. – [Electronic resource]. – Available at: https://surl.li/msrxgf. {in English}

8. Su S., Zhong R., Cao H. Digital twin and its potential applications in construction industry: State-of-the-art review and a conceptual framework // Advanced Engineering Informatics. – 2023. – DOI: 10.1016/j.aei.2023.102030. – [Electronic resource]. – Available at: https://www.semanticscholar.org/paper/Digital-twin-and-its-potential-applications-in-and-Su-Zhong/e3dd334e62f00730c39cba03f30f7e76a1c12162. {in English}

9. Chupryna I. Conceptual principles of knowledge management in integrated systems for the implementation of construction projects // Ways to Improve Construction Efficiency. – 2025. – Vol. 2(56). – P. 105–117. – DOI: https://doi.org/10.32347/2707-501x.2025.56(2).105-117. {in English}

10. Love P.E.D., Ika L.A., Pinto J.K. Fast-and-frugal heuristics for decision-making in uncertain and complex settings in construction // Developments in the Built Environment. – 2023. – Vol. 14. – Article 100129. – [Electronic resource]. – Available at: https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S266616592300011X?via%3Dihub. {in English}

11. Chupryna Y., Sobol D., Sibikovsky O., Pedko Y. A. SYSTEMATIZATION OF BASIC DEFINITIONS REGARDING THE FORMATION OF THE CONCEPTUAL-THEORETICAL BASIS OF INFORMATION SUPPORT OF CONSTRUCTION ORGANIZATION PROCESSES // Building Production. – 2025. – Issue 78. – P. 39–50. – DOI: https://doi.org/10.36750/2524-2555.78.39-50. {in Ukrainian}

DOI: 10.32347/2076-815x.2026.93.435-446
УДК 747:615.851:636.8
канд. техн. наук., доцент **Жидкова Т.В.**,
tetiana.zhydkova@kai.edu.ua, ORCID: 0000-0001-7903-7073,
Пилипенко Н.А.,
pylypenko.nataliya@npp.kai.edu.ua, ORCID: 0000–0001–9190–7377,
Павленко А.О.,
7519956@stud.kai.edu.ua, ORCID: 0009-0002-8030-2246,
Національний університет «Київський авіаційний інститут»

ДИЗАЙН ІНТЕР'ЄРУ ЯК ІНСТРУМЕНТ АДАПТАЦІЇ СЕРЕДОВИЩА ДО ПОТРЕБ РЕАБІЛІТАЦІЇ

Висвітлено одну з найактуальніших проблем сьогодення засоби психологічної реабілітації постраждалих від збройної агресії.

Представлено авторську концепцію інтер'єру центру, виконану з урахуванням функціонального зонування, емоційного комфорту, тактильної та візуальної стимуляції, а також створення окремих безпечних зон для потреб тварин. Опрацьовано пропозиції щодо просторової організації приміщень, підбір матеріалів та колірної гами, а також рішення щодо інклюзивності та безпечної взаємодії людей і тварин.

Ключові слова: анімалотерапія; дизайн інтер'єру; зоотерапія; реабілітаційний центр; функціональність.

Постановка проблеми. У сучасних соціокультурних умовах проблема адаптації середовища до потреб людини набуває особливої значущості. Стрімкий ритм життя, зростання рівня стресових факторів, наслідки воєнних подій та соціальної напруги зумовлюють підвищення попиту на реабілітаційні практики та створення відповідних закладів. Одним із ключових аспектів ефективної реабілітації є не лише професійна робота фахівця, але й правильно організований простір, у якому відбувається відновлення психоемоційного стану людини.

Дизайн інтер'єру в цьому контексті виступає важливим інструментом впливу на психологічний комфорт, поведінкову активність та загальне самопочуття користувача. Наукові дослідження підтверджують, що кольорові рішення, освітлення, вибір матеріалів і логіка просторової організації безпосередньо впливають на емоційний стан та ефективність терапії. Тому дизайн реабілітаційних просторів має враховувати не лише естетичну складову, а й психологічні, ергономічні та терапевтичні чинники.

Особливої актуальності ця тема набуває у контексті сучасних підходів до комплексної реабілітації, де важливу роль відіграє взаємодія людини з природними чинниками, зокрема з тваринами. Одним із таких методів є анімалотерапія, що довела свою ефективність у зниженні рівня тривожності, покращенні настрою та стимулюванні емоційної взаємодії. У цьому аспекті дизайн інтер'єру виконує роль посередника між функціональністю, терапевтичними завданнями та етичним ставленням до живих істот.

Врахування потреб як пацієнтів, так і тварин, створення безпечного, комфортного та інтуїтивно зрозумілого простору сприяє гармонійній взаємодії під час терапії. Таким чином, формування адаптивного середовища у закладах реабілітації стає не лише питанням естетики, а й важливим компонентом успішного відновлення людини. Саме тому дослідження принципів і засобів дизайну інтер'єру як інструменту адаптації середовища до потреб реабілітації є актуальним і соціально значущим напрямом сучасного дизайну.

Аналіз останніх досліджень і публікацій.

Аналіз джерел дослідників щодо рівня конфортності пацієнтів закладів реабілітації показав, що що біофільний дизайн сприяє покращенню психічного здоров'я через підвищення рівня комфорту та зниження когнітивного навантаження та сприяє скороченню терміну їх реабілітації [25 – 26].

Біофільне середовище у медичних і соціальних установах впливає на фізіологічні показники користувачів – зокрема, знижує рівень кортизолу, стабілізує серцевий ритм і покращує якість сну. Автор дослідження також наголошує на необхідність інтеграції природніх матеріалів і кольорових схем, що нагадують природне середовище [18].

Дослідження деякіх авторів акцентують на поєднанні біофільного дизайну з принципами нейроархітектури. У практиці доведено, що просторові характеристики, такі як освітлення, акустика, пропорції приміщень і кольорові контрасти, здатні впливати на активність мозкових центрів, відповідальних за емоційну регуляцію [20–22].

Важливим доповненням до просторової терапії є анімалотерапія. Взаємодія людини з тваринами, особливо котами та собаками, сприяє зниженню рівня тривожності, стимулює вироблення серотоніну та окситоцину, а також покращує соціальну адаптацію пацієнтів у період психологічної реабілітації [19; 23; 24].

Проведено аналіз важливості адаптивного дизайну інтер'єру реабілітаційного центру на прикладі конкретного проєкту, у якому враховані фізіологічні, психологічні та емоційні потреби людини в процесі терапії, де було запропоновано рішення щодо зонування приміщень, вибору текстур і кольорових акцентів, створення безпечних зон для тварин і відвідувачів.

Аналіз літературних джерел і сучасних проєктних рішень дозволив визначити основні тенденції у формуванні реабілітаційного середовища в Україні та за кордоном [1 –7]. Метод спостереження застосовано для виявлення специфічних потреб користувачів таких просторів, а порівняльний аналіз – для зіставлення принципів організації інтер'єрів у вітчизняній та закордонній практиці.

В Україні подібних практик тільки почали розвиватись, а доступних медійних і наукових матеріалів майже не існує, що уповільнює розвиток цього напряму в архітектурному й психотерапевтичному контекстах. Водночас, у сучасному світі, а особливо в українських реаліях, дедалі зростає потреба у комплексних підходах до реабілітації людей, які перебувають у складних життєвих обставинах. Саме тому створення центрів анімалотерапії стає актуальним, соціально значущим і професійно відповідальним викликом, який має поєднувати естетику, функціональність та емпатію.

Мета і методи досліджень

Метою публікації є розробка пропозицій щодо дизайну центрів психологічної реабілітації із застосуванням методу анімалотерапії, визначення ролі дизайну інтер'єру як ефективного інструменту адаптації просторового середовища до потреб реабілітації та розробка принципів, що сприяють створенню психологічного й фізично комфортних умов для користувачів. Завдання включають: вивчення досвіду провідних країн світу, аналіз прикладів дизайну інтер'єрів закладів психологічної реабілітації, розробка пропозицій для забезпечення комфортності та інклюзивності центрів анімалотерапії.

У дослідженні застосовано аналітичний, порівняльний і проєктний методи. Аналіз і синтез використано для вивчення наукових джерел, нормативної бази та сучасних підходів до адаптивного дизайну інтер'єру. Порівняльний метод дозволив дослідити закордонні та українські приклади проєктування реабілітаційних просторів, зокрема з елементами анімалотерапії. Практична частина базується на авторському проєкті інтер'єру реабілітаційного центру, створеному з урахуванням принципів інклюзивності, ергономіки й емоційного комфорту.

Дослідження спрямоване на аналіз сучасних наукових підходів до формування реабілітаційного простору, виявлення взаємозв'язку між естетичними, функціональними та емоційними аспектами дизайну, а також визначення можливостей його застосування у терапевтичному контексті. Особлива увага приділяється питанням адаптації інтер'єру до специфічних потреб користувачів і терапевтичних процесів, зокрема із залученням тварин як складової реабілітації. Досягнення поставленої мети дозволить сформувати теоретичні та практичні засади проєктування адаптивного середовища, що

сприятиме подальшому розвитку напрямку інклюзивного та терапевтичного дизайну в архітектурно-дизайнерській практиці.

Результати та їх обґрунтування.

Центри психологічної реабілітації є спеціалізованими установами, призначеними для комплексної підтримки осіб із психоемоційними та фізичними порушеннями. Вони можуть мати різні профілі та масштаби роботи: від державних закладів, що надають широкий спектр послуг для різних категорій населення, до приватних центрів, які спеціалізуються на окремих напрямках терапії. Незалежно від типу, основною метою таких закладів є відновлення психоемоційного стану пацієнтів, формування навичок соціальної адаптації та підтримка загального функціонального стану особистості [11].

У сучасних умовах особливого значення набуває інноваційний підхід до терапії, який включає використання анімалотерапії. Ця форма психотерапевтичного впливу, що передбачає взаємодію людини з тваринами, демонструє високу ефективність у зниженні рівня тривожності, стабілізації емоційного стану, розвитку соціальних навичок та мотивації до участі у терапевтичних заходах. Анімалотерапія активно застосовується як доповнення до традиційних методів психологічної реабілітації, підвищуючи загальну ефективність комплексного відновлення [15; 17].

Важливо, щоб успішність терапії значною мірою залежить від організації простору центру. Інтер’єр має бути адаптивний до потреб як пацієнтів, так і тварин, забезпечуючи безпечні умови взаємодії та комфорт для всіх учасників процесу [8]. Це включає виділення спеціальних зон для тварин, які враховують їх фізіологічні поведінкові потреби, забезпечують оптимальні маршрути пересування та ізоляцію у разі необхідності [16]. Для пацієнтів створюють зони відпочинку, роботи з психологом та групової терапії, що дозволяє підтримувати концентрацію, приватність і психологічний комфорт [10; 14].

Організація такого простору вимагає продуманого функціонального зонування, вибору відповідних матеріалів та кольорової гами, що сприяє зниження стресу та підтримує емоційну стабільність. При цьому особливу увагу приділяють ергономіці меблів та обладнання, що забезпечує безпеку та зручність як для пацієнтів, так і для персоналу [12]. Біофільні елементи, такі як природне освітлення, рослини та натуральні матеріали, додатково покращують психологічний клімат у приміщеннях і сприяють створенню гармонійного середовища для відновлення.

Таким чином, сучасні центри психологічної реабілітації інтегрують традиційні та інноваційні методи терапії, серед яких анімалотерапія займає важливе місце. Ефективність таких центрів багато в чому визначається придуманим адаптивним дизайном інтер’єру, що враховує фізичні,

психологічні та емоційні потреби користувачів і сприяє максимальному результату від реабілітаційних заходів. Створення такого середовища є ключем завданням архітектурно-дизайнерської практики, оскільки воно поєднує функціональність, безпеку та психологічний комфорт в одному комплексі.

Проєктування інтер'єру реабілітаційного центру потребує врахування комплексу вимог, які забезпечують комфорт, безпеку та функціональність простору. Одним із ключових аспектів є об'ємно-просторове вирішення приміщень, яке передбачає раціональне зонування та оптимальне розташування меблів і обладнання. Відповідність об'ємно-просторових рішень ергономічним нормам забезпечує зручність користування та безпечне пересування пацієнтів і персоналу, а також ефективну організацію терапевтичних процесів [7].

Ергономіка та специфіка обладнання відіграє важливу роль у створенні комфортного середовища. Меблі та обладнання повинні відповідати фізичним можливостям пацієнтів, бути адаптивними для різних вікових груп і враховувати потреби осіб з обмеженими можливостями. Важливим є забезпечення достатнього простору для руху та проведення різних видів терапії, включно індивідуальною та груповою роботою, а також з анімалотерапією [12].

Вплив кольору та композиції інтер'єру на психологічний стан користувачів також маж велике значення. Гармонійне поєднання кольорів, освітлення та текстур сприяє зниженню рівня стресу, покращенню настрою та емоційного комфорту. Колірні рішення мають відповідати терапевтичним цілям: світлі та теплі відтінки стимулюють позитивні емоції, а контрастні елементи допомагають у зонуванні приміщень та виділенні функціональних секторів.

Вибір матеріалів і освітлення повинен поєднувати естетику та практичність. Використання безпечних, екологічних та легко очищувальних матеріалів сприяє підтриманню гігієни та довговічності інтер'єру. Природне та штучне освітлення має бути достатнім для виконання терапевтичних завдань, не створювати дискомфорту та враховувати потреби різних груп користувачів.

Особливості оформлення внутрішнього простору включають створення зон для відпочинку, терапевтичної взаємодії, навчання та соціальної активності, а також безпечних місць для тварин у випадку використання анімалотерапії [13].

Раціональне поєднання функціональності, естетики та психологічного комфорту забезпечує ефективність реабілітаційного процесу та сприяє позитивному сприйняттю простору користувачами.

Для реалізації проєкту обрано об'єкт у центральній частині міста Києва [9]. Метою стало створення Функціонального та безпечного інтер'єру центру

психологічної реабілітації, що враховує потреби пацієнтів і тварин та сприяє ефективному відновленню психоемоційного стану.

Простір центру було поділено на функціональні зони: терапевтичні кімнати для індивідуальної та групової роботи, консультативні кабінети, зони відпочинку та адміністративні приміщення. Особлива увага приділялася інтеграції зон для котів: створено безпечні маршрути пересування тварин, окремі місця для відпочинку та гри (рис. 1), а також простір для взаємодії з пацієнтами.

Конфігурація дозволяє поєднувати терапевтичні активності з потребами тварин, не порушуючи комфорту користувачів: меблі й покриття стійкі до подряпин, спеціально підібрані матеріали легко очищуються, а ігрові елементи та лежанки для котів розташовані так, щоб тварини не заважали руху людей. Мобільні перегородки забезпечують гнучке зонування приміщень, дозволяючи адаптувати простір під різні види занять.

Концепція дизайну поєднує стилі кантрі та прованс, що створює теплу, затишну атмосферу. Колористика ретельно підібрана: пастельні тони сприяють заспокоєнню та зниженню тривожності, акценти у вигляді більш насичених відтінків допомагають орієнтуватися у просторі та виділяють функціональні зони (рис. 2). Такий підхід дозволяє кожному користувачу відчувати себе комфортно, а психологічний ефект кольору підтримує процес відновлення емоційного стану [13].

Матеріали для обробки та меблі обиралися з урахуванням безпеки, довговічності та простоти догляду. Вони ергономічні, багатофункціональні та адаптовані як для пацієнтів, так і для тварин: наприклад, низькі полички та столики дозволяють комфортно взаємодіяти з котами (рис. 2), а при цьому не створюють перешкод для людей [14].



Рис. 1. Терапевтичні кімнати для індивідуальної та групової роботи. Автор Павленко А. П.



Рис. 2. Фрагмент котокафе. Автор Павленко А. П.\

Використання натуральних матеріалів і текстур, а також біофільних елементів формує відчуття природності, спокою та затишку, що сприяє психологічному відновленню. Загальна організація простору гарантує безпеку, зручність і комфорт для всіх: пацієнти відчувають спокій, персонал працює ефективно, а тварини мають свої окремі місця та свободу руху без ризику пошкодити інтер'єр або турбувати людей.

Висновки

Проаналізовано основні вимоги чинної законодавчої та нормативної документації, досвід створення реабілітаційних центрів, вплив дизайнерських рішень на процес реабілітації. Розроблено дизайн-проєкт центру психологічної реабілітації із застосуванням методу анімалотерапії шляхом адаптації приміщень в історичному середовищі м. Києва.

Представлено авторську концепцію інтер'єру центру, виконану з урахуванням функціонального зонування, емоційного комфорту, тактильної та візуальної стимуляції, а також створення окремих безпечних зон для потреб тварин. Опрацьовано пропозиції щодо просторової організації приміщень, підбір матеріалів та колірної гами, а також рішення щодо інклюзивності та безпечної взаємодії людей і тварин.

Робота підтвердила, що правильно організоване середовище може суттєво підвищити ефективність терапевтичних і позитивно впливати на стан пацієнтів.

Отримані результати підтверджують, що комплексний підхід до дизайну підвищує ефективність реабілітації. Проєкт може слугувати моделлю для інших центрів, інтегруючи природні методи підтримки психологічного здоров'я, а перспективи досліджень полягають у поглибленні взаємодії між архітектурним середовищем, психоемоційним станом людини та впливом біофільних елементів для створення більш ефективних, комфортних і гуманних просторів.

Наукова новизна полягає у створенні функціонального простору для анімалотерапії, що є актуальною проблемою сучасної архітектури та дизайну.

Практична значущість. Отримані результати можуть бути використані для створення реальних реабілітаційних центрів, що потребують гармонійного поєднання естетики, функціональності та інклюзивності. Розроблена модель простору може стати базою для подальших досліджень у сфері соціального та терапевтичного дизайну, а також прикладом для студентських і професійних проєктів, орієнтованих на людяність та емоційний комфорт користувача.

Список використаних джерел

1. Про затвердження Ветеринарно-санітарних вимог до утримання тварин у притулках : наказ Держ. ком. вет. медицини України від 15.10.2010 р. № 438 // Офіційний вісник України. 2010. № 85. 128 с.

2. Про затвердження Державних санітарних правил планування та забудови населених пунктів : наказ МОЗ України від 19.06.1996 р. № 173. Київ, 1996. 56 с.

3. ДБН В.2.2-10:2022. Заклади охорони здоров'я. Основні положення. Чинний від 26.12.2022. Вид. офіц. Київ, 2022. 83 с.

4. ДБН В.2.2-15:2019. Житлові будинки. Основні положення. Чинний від 26.03.2019. Вид. офіц. Київ, 2019. 58 с.

5. ДБН В.2.2-18:2007. Заклади соціального захисту населення. Чинний від 23.01.2007. Вид. офіц. Київ, 2007. 79 с.

6. ДБН В.2.2-40:2018. Інклюзивність будівель і споруд. Основні положення. Чинний від 30.11.2018. Вид. офіц. Київ, 2018. 102 с.

7. ДБН В.2.2-9:2018. Громадські будинки та споруди. Основні положення. Чинний від 28.09.2018. Вид. офіц. Київ, 2018. 49 с.

8. Гнатюк Л.Р., Шевель Ю. Засоби дизайну в формуванні інтер'єру реабілітаційних центрів // Актуальні проблеми сучасного дизайну : зб. матеріалів Міжнар. наук.-практ. конф. Київ : КНУТД, 2018. С. 141–143.

9. Гречина І., Кальницький М., Товстенко Т. Звід пам'яток історії та культури України : у 2 кн. Кн. 1 : Центральна частина. Київ : Наук. думка, 2003. С. 597–598.

10. Зінченко А.Г. та ін. Діти у складних життєвих обставинах: програми і методики соціально-психологічної реабілітації. Київ : ДІСМП, 2013. 284 с.

11. Мироненко В.П. Принципи формування архітектурного середовища реабілітаційних центрів // Науковий вісник будівництва. 2017. Т. 87, № 1. С. 46–49.

12. Олійник О.П., Коваль-Цепова А.В. Особливості дизайну меблів для дітей, що потребують соціальної реабілітації // Сучасні проблеми архітектури та містобудування. 2010. Вип. 24. С. 82–89.

13. Павленко А.О. Дизайн інтер'єру центру психологічної реабілітації : пояснювальна записка до кваліфікаційної роботи. Київ : КАІ, 2025. 66 с.

14. Попова І.І. Особливості дизайну інтер'єрів антикафе з присутністю тварин // Art and Design. 2022. С. 67–75.

15. Султанова Н.В. Реабілітаційні технології в системі соціально-педагогічної роботи з особливими дітьми : навч.-метод. посіб. Миколаїв, 2020. 102 с.

16. Шишлак В.О., Шишлак Г.В. Каністерапія. Бараниківка, 2018. 25 с.

17. Шмельова О., Талах В., Попович Ю., Самар О. Дизайн інтер'єру центрів соціально-психологічної допомоги мирному населенню // Актуальні проблеми сучасного дизайну : зб. матеріалів IV Міжнар. наук.-практ. конф. Київ : КНУТД, 2022. С. 246–248.

18. Al Khatib I., Samara F., Ndiaye M. A systematic review of the impact of therapeutical biophilic design on health and wellbeing of patients and care providers in healthcare services settings // *Frontiers in Built Environment*. 2024. DOI: https://doi.org/10.3389/fbuil.2024.1384457

19. Arsovski D. The Role of Animal Assisted Therapy in the Rehabilitation of Mental Health Disorders: A Systematic Literature Review // *Perspectives on Integrative Medicine*. 2024. P. 142–151. URL: https://www.sciencedirect.com/

20. Bulaj G., Forero M., Huntsman D. D. Biophilic design, neuroarchitecture and therapeutic home environments: Harnessing medicinal properties of intentionally-designed spaces to enhance digital health outcomes // *Frontiers in Medicine*. 2025. DOI: https://doi.org/10.3389/fmed.2025.1294532

21. Day C. Places of the Soul: Architecture and Environmental Design as a Healing Art. 2nd ed. Oxford : Architectural Press, 2004. 309 p.

22. Fine A.H. Handbook on Animal-Assisted Therapy: Theoretical Foundations and Guidelines for Practice. California : Cal Poly Academic Press, 2010. 553 p.

23. Hediger K., Meisser A., Beetz A. Effectiveness of animal-assisted interventions for children: A systematic review // *International Journal of Environmental Research and Public Health*. 2021. DOI: https://doi.org/10.3390/ijerph18094687

24. Pande R.P., Sharma N., Tiwari A. The role of animal-assisted therapy in rehabilitation: A systematic review and meta-analysis // *Journal of Rehabilitation Research*. 2024. P. 45–59.

25. Radha C.H. Biophilic design approach for improving human health in the built environment // *International Transaction Journal of Engineering, Management, & Applied Sciences & Technologies*. 2022. URL: https://tuengr.com/

26. Samir S. Biophilic design impact on healthcare facilities interior design in Egypt // *Journal of Design Sciences and Applied Arts*. 2021. P. 60–70. URL: https://jdsaa.journals.ekb.eg/

PhD in Engineering, Associate Professor **Zhydkova Tetyana,** ,
Pylypenko Nataliia, Pavlenko Anastasiia,
National Aviation University “Kyiv Aviation Institute”

INTERIOR DESIGN AS A TOOL FOR ADAPTING THE ENVIRONMENT TO REHABILITATION NEEDS

The article highlights one of the most pressing issues of today: psychological rehabilitation methods for victims of armed aggression.

The aim of this study is to develop proposals for the design of psychological rehabilitation centres using animal therapy. The tasks include: studying the experience of leading countries, analysing examples of interior design in psychological rehabilitation facilities, and developing proposals to ensure the comfort and inclusiveness of animal therapy centres.

Methodology. Theoretical research methods, analysis of global experience and generalisation of available bibliographic sources, observation, comparison and visual-graphic modelling methods were used.

Results. The main requirements of current legislative and regulatory documentation, experience in creating rehabilitation centres, and the impact of design decisions on the rehabilitation process were analysed. A design project for a psychological rehabilitation centre using animal therapy was developed by adapting premises in the historical environment of Kyiv.

The author's concept of the centre's interior is presented, taking into account functional zoning, emotional comfort, tactile and visual stimulation, as well as the creation of separate safe areas for the needs of animals. Proposals for the spatial organisation of the premises, the selection of materials and colour schemes, as well as solutions for inclusiveness and safe interaction between people and animals have been developed.

The scientific novelty lies in the creation of a functional space for animal therapy, which is a pressing issue in contemporary architecture and design.

Practical significance. The results obtained can be used to create real rehabilitation centres that require a harmonious combination of aesthetics, functionality, and inclusiveness. The developed space model can become the basis for further research in the field of social and therapeutic design, as well as an example for student and professional projects focused on humanity and the emotional comfort of the user.

Keywords: animal therapy; interior design; zootherapy; rehabilitation centre; functionality.

REFERENCES

1. Pro zatverdzhennia veterynarno-sanitarnykh vymoh do utrymannia tvaryn u prytulkakh [On approval of veterinary and sanitary requirements for keeping animals in shelters]. (2010). *Ofitsiinyi visnyk Ukrainy*, 85, 128. {in Ukranian}

2. Pro zatverdzhennia derzhavnykh sanitarnykh pravyl planuvannia ta zabudovy naselenykh punktiv [On approval of state sanitary rules for planning and development of settlements]. (1996). Kyiv. {in Ukranian}

3. DBN V.2.2-10:2022. (2022). Zaklady okhorony zdorovia. Osnovni polozhennia [Healthcare facilities. Basic provisions]. Kyiv. {in Ukranian}

4. DBN V.2.2-15:2019. (2019). Zhytlovi budynky. Osnovni polozhennia [Residential buildings. Basic provisions]. Kyiv. {in Ukranian}

5. DBN V.2.2-18:2007. (2007). Zaklady sotsialnoho zakhystu naselennia [Social protection institutions]. Kyiv. {in Ukranian}

6. DBN V.2.2-40:2018. (2018). Inkliuzyvnist budivel i sporud. Osnovni polozhennia [Inclusiveness of buildings and structures. Basic provisions]. Kyiv. {in Ukranian}

7. DBN V.2.2-9:2018. (2018). Hromadski budynky ta sporudy. Osnovni polozhennia [Public buildings and structures. Basic provisions]. Retrieved from https://dbn.co.ua/load/normativy/dbn/dbn_v_2_2_9_2018/1-1-0-1772 {in Ukranian}

8. Hnatiuk, L.R., & Shevel, Yu. (2018). Zasoby dyzainu v formuvanni interieru reabilitatsiinykh tsentriv [Design tools in shaping the interior of rehabilitation centers]. In *Aktualni problemy suchasnoho dyzainu*. Kyiv: KNUTD, 141–143. {in Ukranian}

9. Hrechyna, I., Kalnytskyi, M., & Tovstenko, T. (2003). Zvid pamiatok istorii ta kultury Ukrainy: Tsentralna chastyna [Register of historical and cultural monuments of Ukraine: Central part]. Kyiv: Naukova dumka, 597–598. {in Ukranian}

10. Zinchenko, A.H., et al. (2013). *Dity u skladnykh zhyttievykh obstavynakh* [Children in difficult life circumstances]. Kyiv: DISMP. {in Ukranian}

11. Myronenko, V.P. (2017). Pryntsypy formuvannia arkhitekturnoho seredovyshcha reabilitatsiinykh tsentriv [Principles of forming the architectural environment of rehabilitation centers]. *Naukovyi visnyk budivnytstva, 87*(1), 46–49. {in Ukranian}

12. Oliinyk, O.P., & Koval-Tsepova, A.V. (2010). Osoblyvosti dyzainu mebliv dlia ditei, shcho potrebuiut sotsialnoi reabilitatsii [Furniture design features for children requiring social

13. Pavlenko, A.O. (2025). *Dyzain interieru tsentru psykholohichnoi reabilitatsii* [Interior design of a psychological rehabilitation center] (Qualification work). Kyiv: KAI. {in Ukranian}

14. Popova, I.I. (2022). Osoblyvosti dyzainu interieriv antykafe z prysutnistiu tvaryn [Design features of anti-cafes with animals]. *Art and Design*, 67–75. {in Ukranian}

15. Sultanova, N.V. (2020). *Reabilitatsiini tekhnolohii v systemi sotsialno-pedahohichnoi roboty* [Rehabilitation technologies in socio-pedagogical work]. Mykolaiv. {in Ukranian}

16. Shyshlak, V.O., & Shyshlak, H.V. (2018). *Kanisterapiia* [Canis therapy]. Baranykivka. {in Ukranian}

17. Shmelova, O., Talakh, V., Popovych, Yu., & Samar, O. (2022). Dyzain interieru tsentriv sotsialno-psykholohichnoi dopomohy [Interior design of social and psychological support centers]. In *Aktualni problemy suchasnoho dyzainu*. Kyiv: KNUTD, 246–248. {in Ukranian}

18. Al Khatib, I., Samara, F., & Ndiaye, M. (2024). A systematic review of the impact of therapeutical biophilic design on health and wellbeing. *Frontiers in Built Environment*. https://doi.org/10.3389/fbuil.2024.1384457 {in English}

19. Arsovski, D. (2024). The role of animal-assisted therapy in the rehabilitation of mental health disorders. *Perspectives on Integrative Medicine*, 142–151. https://www.sciencedirect.com/ {in English}

20. Bulaj, G., Forero, M., & Huntsman, D. D. (2025). Biophilic design, neuroarchitecture and therapeutic environments. *Frontiers in Medicine*. https://doi.org/10.3389/fmed.2025.1294532 {in English}

21. Day, C. (2004). *Places of the soul: Architecture and environmental design as a healing art* (2nd ed.). Oxford: Architectural Press. [in English]

22. Fine, A.H. (2010). *Handbook on animal-assisted therapy*. California: Cal Poly Academic Press. {in English}

23. Hediger, K., Meisser, A., & Beetz, A. (2021). Effectiveness of animal-assisted interventions for children: A systematic review. *International Journal of Environmental Research and Public Health*. https://doi.org/10.3390/ijerph18094687 {in English}

24. Pande, R.P., Sharma, N., & Tiwari, A. (2024). The role of animal-assisted therapy in rehabilitation: A systematic review and meta-analysis. *Journal of Rehabilitation Research*, 45–59. {in English}

25. Radha, C.H. (2022). Biophilic design approach for improving human health. *International Transaction Journal of Engineering, Management, & Applied Sciences & Technologies*. https://tuengr.com/ {in English}

26. Samir, S. (2021). Biophilic design impact on healthcare facilities interior design in Egypt. *Journal of Design Sciences and Applied Arts*, 60–70. https://jdsaa.journals.ekb.eg/ {in English}

DOI: 10.32347/2076-815x.2026.93.447-459
УДК 69.05:658.51

Іщенко О.С.,
a.s.ischenko@gmail.com, ORCID: 0000-0003-0548-6081,
Національний Унівеситет «Запорізька Політехника»

ОРГАНІЗАЦІЙНО-ТЕХНОЛОГІЧНИЙ МЕХАНІЗМ РЕСУРСНОГО ПЛАНУВАННЯ ТА ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ БУДІВЕЛЬНИХ РОБІТ У СТИСНЕНИХ УМОВАХ МІСТА КИЄВА (ЖК CREATOR CITY)

Розглянуто організаційно-технологічний механізм ресурсного планування та забезпечення будівельних робіт у стиснених умовах міста Києва на прикладі виконання робіт будівництва ЖК «CREATOR CITY» 2020-2026 роки.

Ключові слова: стиснені умови будівництва; організаційно-технологічний механізм; ресурсне планування.

Вступ. Післявоєнне відновлення і модернізація будівельного фонду України, ущільнення міської забудови та реконструкція об’єктів на територіях діючих підприємств дедалі частіше потребують виконання будівельних робіт у стиснених умовах. Обмежений простір майданчика, жорстка технологічна послідовність, логістичні та безпекові обмеження істотно збільшують тривалість, ресурсомісткість і організаційно-технологічний ризик робіт. Тому підвищення організаційно-технологічної ефективності та керованості будівництва у стиснених умовах є актуальною прикладною задачею технології та організації будівельного виробництва.

Наявні методи ресурсного і календарного планування та матеріально-технічного забезпечення розроблено переважно для відкритих, нестиснених майданчиків. Вони враховують обмеження ресурсів, проте системно не зважають на взаємозумовлений (каскадний) характер просторових, технологічних, логістичних і безпекових обмежень стиснених умов і не пов’язують ресурсні календарі та постачання «точно вчасно» з пропускною здатністю майданчика і транспортно-монтажних вікон. Як наслідок, рішення, прийняті без такого врахування, виявляються нераціональними за тривалістю, ресурсомісткістю і надійністю. Це зумовлює потребу в організаційно-технологічному механізмі, який інтегрує класифікацію чинників стиснення, ресурсно-календарне планування і єдину критеріальну базу саме для стиснених умов.

Постановка проблеми. У світовій практиці організації будівництва споріднені умови, що їх позначають термінами обмеженого, перевантаженого або стисненого майданчика, є предметом активних досліджень з планування

розташування об’єктів будівельного господарства, оптимізації закупівлі і зберігання матеріалів за дефіциту простору, спільного планування розкладу робіт і постачання за обмеженого складського простору та керування безперервністю робіт за захватками.

Це підтверджує актуальність проблеми на міжнародному рівні; водночас закордонні моделі лишаються переважно оптимізаційними і не враховують вітчизняної традиції організаційно-технологічної надійності та нормативного контексту ДБН, що додатково обґрунтовує потребу в спеціально побудованому механізмі саме для стиснених умов.

Аналіз досліджень та публікацій. Розвиток міст України, ущільнення забудови центральних районів, потреба у добудові, реконструкції та технічному переоснащенні наявного фонду будівель, а за умов повоєнного відновлення й у відбудові пошкоджених об'єктів, формують стійкий попит на будівельні роботи у стиснених умовах. Такі роботи відрізняються від будівництва на вільних майданчиках сукупністю просторових, технологічних та організаційних обмежень, що впливають на склад і ритм процесів, потребу в ресурсах та спосіб їхнього постачання. Це зумовлює потребу окремого розгляду задачі організаційно-технологічного забезпечення і ресурсного планування будівельних робіт саме для стиснених умов.

Поняття стиснених умов будівництва не має єдиного унормованого визначення, проте у вітчизняній нормативній і науковій практиці воно тісно пов'язане з категорією умов ущільненої забудови. Відповідно до обох редакцій ДБН В.1.2-12 [1; 2] умовами ущільненої забудови вважають умови будівництва на забудованій території міста (селища) або діючого підприємства, за яких має місце принаймні один із чинників, а саме: зведення об'єкта впритул до наявних будівель, споруд та інженерних комунікацій; ризик негативного техногенного впливу будівництва на прилеглу забудову; ризик додаткових деформацій основ, фундаментів і несучих конструкцій сусідніх об'єктів унаслідок зміни напружено-деформованого стану та гідрогеологічних умов; транспортне обслуговування будівництва внутрішньоквартальними або внутрішньозаводськими проїздами обмеженої пропускної здатності [1]. Цей норматив оперує поняттям умов стиснення будівельного майданчика та розкриває просторово-технологічну природу явища. Із набуттям чинності оновленої редакції ДБН В.1.2-12 [2] базове розуміння стиснених умов збережено, водночас уточнено склад заходів безпеки та науково-технічного супроводу.

У дослідженні стиснені умови трактуються ширше за суто містобудівний контекст ущільненої забудови. До них віднесено й умови виконання будівельних та монтажних робіт на території діючого промислового

підприємства, де простір і режим робіт обмежені технологічними потоками виробництва, що не припиняються, діючими комунікаціями та вимогами промислової безпеки. Такий підхід узгоджується як з формулюваннями норм [1], що прямо згадують діюче підприємство, так і з практикою реконструкції, технічного переоснащення та відновлення об'єктів, дослідженою у працях здобувача [3; 4; 5; 6; 7]. Таким чином, стиснені умови розглядаються як інтегральна характеристика будівельного майданчика та його оточення, за якої наявні просторові, технологічні, екологічні, безпекові та організаційні обмеження істотно звужують множину допустимих організаційно-технологічних рішень.

Організація будівельного виробництва у стиснених умовах підпорядкована тим самим загальним принципам, що й на вільних майданчиках, проте їхня реалізація істотно обмежена чинниками, систематизованими у підрозділі 1.1. Згідно з ДБН А.3.1-5 [8] організаційно-технологічна підготовка передбачає розроблення проєкту організації будівництва та проєктів виконання робіт, обґрунтування методів зведення, календарне планування, проєктування будівельного генерального плану і визначення потреби в ресурсах. У стиснених умовах кожен із цих складників набуває специфічних рис, оскільки проєктні рішення формуються не з міркувань максимальної продуктивності, а з огляду на сумісність із наявним оточенням та з режимом його функціонування. Це особливо характерно для житлового будівництва в центральних районах міст, до якого ставляться вимоги [9].

Сучасні організаційно-технологічні рішення зведення і реконструкції будівель та споруд у складних і стиснених умовах, зокрема енергоефективної реконструкції, відновлення та зведення малоповерхових і доступних будівель, розвинуто у працях таких учених, як С. Аль-Машхадані [10], С.П. Броневицький [11], М.В. Горбач [12], Т.М. Дубельт [13], В.Б. Коваль [14], Т.С. Кравчуновська [15; 16] та багато інших.

Узагальнюючи, організація будівельного виробництва у стиснених умовах характеризується звуженим полем допустимих рішень з проєктування будгенплану, вимушеним застосуванням менш продуктивних методів робіт, посиленими заходами безпеки та моніторингу, режимом постачання «точно вчасно», щільним суміщенням процесів і високою часткою субпідряду. Спільною рисою цих особливостей є те, що вони одночасно підвищують потребу в точному ресурсному плануванні та знижують стійкість графіка до відхилень. Це безпосередньо підводить до розгляду теоретичних засад і методів ресурсного планування, розглянутих далі , та моделей матеріально-технічного

забезпечення як ключових складників шуканого організаційно-технологічного механізму.

Поряд із наведеними напрямами окремий і найдинамічніший пласт досліджень сформувався протягом 2024-2026 років і визначає сучасну повістку організаційно-технологічної науки; його ядром є цифровий супровід процесів організації будівництва та управління ресурсами за умов невизначеності (Приходько О.О. [17], Жалдак Р.Ю. [18].На світовому рівні цей напрям спирається на технології інформаційного моделювання і 4D-5D календарно-вартісного планування (Eastman C. [19], Hardin B. [20], які істотно підвищують надійність календарного графіка і передбачуваність вартості порівняно з традиційним детермінованим плануванням. Тим самим класичні методи потокового будівництва і організаційно-технологічної надійності що зберігають фундаментальне значення, доповнюються адаптивними цифровими та мультиагентними засобами, орієнтованими на роботу з невизначеністю і життєвим циклом об’єкта. Цей напрям підкріплюють сучасні вітчизняні роботи.

У дослідженнях В.І. Доненка запропоновано інструментарій удосконалення ресурсозабезпечення відновлення будівель із застосуванням штучного інтелекту [21], самонавчання інтелектуальних агентів і прийняття стратегічних рішень в умовах інформаційної невизначеності , а також оцінювання й моніторинг енергоадаптивності будівель на етапах їхньої реалізації. Інтелектуальні інформаційні інструменти моделювання організаційних структур в управлінні будівництвом розвинуто у колективній монографії за редакцією В.І. Савенка [22]. Шляхи модернізації організаційно-технологічного моделювання проєктів будівництва обґрунтовано у праці А.Б. Козака зі співавторами [23], а інтегровану реалізацію проєктів у складних умовах узагальнено в колективній монографії «Організаційно-технологічний девелопмент та інтегрована реалізація проєктів в будівництві» [24].

Метою статті є підвищення організаційно-технологічної ефективності та керованості будівельних робіт у стиснених умовах (зокрема скорочення тривалості та зниження ресурсомісткості) шляхом розроблення організаційно-технологічного механізму ресурсного планування та забезпечення цих робіт на прикладі ЖК CREATOR CITY

Основна частина. Уперше формалізовано поняття і розроблено структурно-функціональну модель організаційно-технологічного механізму ресурсного планування та забезпечення будівельних робіт у стиснених умовах з єдиною критеріальною базою за тривалістю, ресурсомісткістю та організаційно-технологічною надійністю, що дає цілісну основу для обґрунтування раціональних рішень зведення і реконструкції об’єктів у таких умовах.

Удосконалено класифікацію чинників стиснення будівельного майданчика, у якій обмеження впорядковано за п’ятьма групами (просторово-територіальні; технологічні (виробничі); екологічно-безпекові; соціально-економічні; організаційно-логістичні) за каскадним характером їх впливу, а також моделі і методи ресурсно-календарного планування та матеріально-технічного забезпечення робіт з урахуванням просторових, технологічних, логістичних і безпекових обмежень, режиму ресурсних календарів і постачання «точно вчасно».

Набули подальшого розвитку методи оцінювання і вибору раціональних організаційно-технологічних рішень за інтегральним критерієм ефективності з урахуванням організаційно-технологічної надійності та вагових коефіцієнтів особи, яка приймає рішення.

Зв'язок блоку аналізу умов з блоком планування реалізовано через залежність ресурсних і просторових лімітів від скоригованого вектора стиснення c*.

Функції лімітів мають задовольняти природну вимогу: за відсутності стиснення (c* = 0) ліміт дорівнює базовому, а зі зростанням інтенсивності відповідної групи чинників монотонно зменшується. Найпростішою формою, що відповідає цій вимозі, є мультиплікативне зниження від базового рівня:

$$A\_k(c^*) = A\_k(0) * (1 - \varphi\_k * c^*\_\{g(k)\}) \quad (1a)$$

$$V\_k(c^*) = V\_k(0) * (1 - \psi\_k * c^*\_\{g(k)\}) \quad (1b)$$

$$S\_скл(c^*) = S\_скл(0) * (1 - \sigma * c^*\_\{g\_s\}) \quad (1c)$$

де A_k(0), V_k(0), S_скл(0) - базові ліміти за відсутності стиснення; φ_k, ψ_k, σ - коефіцієнти чутливості лімітів до стиснення (значення в межах [0; 1]); c*_{g(k)} - компонента скоригованого вектора стиснення, релевантна для ресурсу k; g(k) - відображення ресурсу на групу чинників, що його обмежує.

Відображення g(k) формалізує параметризацію блоку P блоком C: воно вказує, яка група чинників стиснення лімітує кожен ресурс. Так, просторовий ресурс складування лімітується передусім просторово-територіальною групою (g = 1), пропускна здатність транспортних вікон, організаційно-логістичною (g = 5), а доступність продуктивних механізованих методів, технологічною і безпековою (g = 2, 3). Залежність лімітів від c* подано на рисунку 1.

Форма (1) є робочою заготовкою: за наявності даних спостережень її параметри (базові ліміти і коефіцієнти чутливості) калібрують, а саму форму за потреби уточнюють до нелінійної. Зокрема, для випадків, коли вплив стиснення набуває порогового характеру (пропускна здатність ТМВ обнуляється при

певному перевищенні навантаження на майданчик), доцільнішим є кусково-лінійна або експоненціальна форма:

$$V\_k(c^*) = V\_k(0) * exp(- \gamma * c^*\_\{g(k)\}) \quad (1d)$$

Принциповим є не конкретний аналітичний вираз, а сам механізм параметризації: класифікатор умов кількісно масштабує допустиму область задачі планування. Поточний вибір (1a)-(1c) у мультиплікативній формі прийнято за критерієм мінімального числа параметрів, що дає обґрунтоване перше наближення для дослідження поведінки моделі без переобтяження даними.

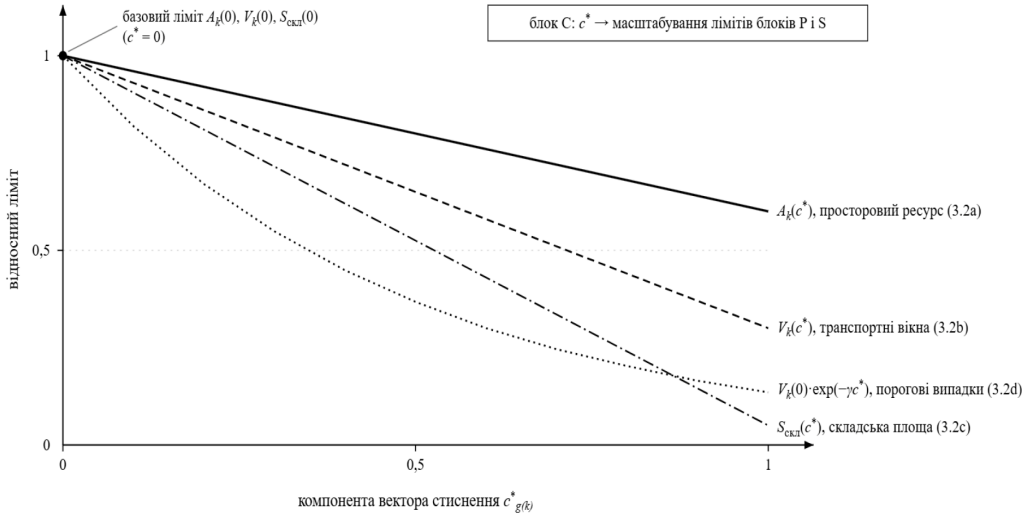


Рис. 1. Залежність ресурсних і просторових лімітів від вектора стиснення майданчика (*Джерело: розроблено автором).*

Згідно з канонічною класифікацією розрізняють п'ять груп чинників стиснення:

1) просторово-територіальні (g=1): обмежена площа і форма майданчика, близькість наявних будівель і мереж;

2) технологічні (виробничі) (g=2): обмеження зон роботи кранів, заборона окремих методів;

3) екологічно-безпекові (g=3): шум, вібрація, пил, захист прилеглої забудови, моніторинг основ і комунікацій;

4) соціально-економічні (g=4): присутність людей поряд, режим діючого підприємства, компенсаційні зобов'язання;

5) організаційно-логістичні (g=5): постачання JIT, вузькі транспортні вікна, суміщення робіт.

Кожна компонента c_g ∈ [0; 1]: 0 - відсутність обмеження, 1 - критичне стиснення.

За темою дисертації опубліковано 27 наукових праць, зокрема 13 статей у наукових фахових виданнях України (категорія Б) і 14 тез доповідей та матеріалів конференцій. Загалом здобувачем опубліковано 31 наукову працю.

Практичне значення одержаних результатів полягає у застосуванні розробленого механізму, моделей і методики вибору рішень під час підготовки проектів організації будівництва (ПОБ) і проектів виконання робіт (ПВР) для об’єктів у стиснених умовах. Результати впроваджено у виробничу практику ПрАТ «Дніпровський металургійний завод», ТОВ «Спец-Альянс Груп», ТОВ «МЕТПРОМБУД ІНВЕСТ» і ТОВ «Архінформ-проєкт» та ЖК «CREATOR CITY»(світлина 1): тривалість будівельно-монтажних робіт скорочено на 5,89-14,25 %, ресурсомісткість і витрати на матеріально-технічні ресурси знижено на 5,73-7,59 %, простої технічних ресурсів зменшено на 12,1-12,23 % за збереження нормативного рівня організаційно-технологічної надійності. Результати також використано у навчальному процесі Східноукраїнського національного університету імені Володимира Даля та Національного університету «Запорізька політехніка».



Світлина 1 Хід будівництва ЖК «CREATOR CITY»

Висновки. Апробація механізму підтвердила його працездатність і ефективність двома незалежними напрямами: тестовим кейсом робастної моделі та виробничим впровадженням за п'ятьма актами на об'єктах реконструкції діючих підприємств у стиснених умовах (за актами впровадження). Отримано скорочення тривалості робіт від 5,89 до 14,25 відсотка, зниження вартості від 5,73 до 7,59 відсотка, зменшення простоїв техніки до 12,23 відсотка і перевантажень ресурсів до 10,3 відсотка за

збереження нормативного рівня організаційно-технологічної надійності; сумарний підтверджений грошовий ефект становить 276,01 тис. грн. Результати дослідження також упроваджено у навчальний процес двох закладів вищої освіти. Тим самим робочу наукову гіпотезу дослідження підтверджено.

Перспективи подальших досліджень пов'язані з інтеграцією розробленого механізму з технологіями інформаційного моделювання будівель (4D/5D) і геоінформаційними системами логістики майданчика, а також з розширенням статистичної бази калібрування моделей надійності постачання за даними нових об'єктів.

Список використаних джерел

1. ДБН В.1.2-12:2008. Система надійності та безпеки в будівництві. Будівництво в умовах ущільненої забудови. Вимоги безпеки. Київ: Мінрегіонбуд України, 2008. 24 с.

2. ДБН В.1.2-12:2026. Будівництво в умовах ущільненої забудови. Вимоги безпеки. Київ: Мінрегіон, 2026. 12 с.

3. Іщенко О.С. Особливості зведення промислових будівель в умовах діючого металургійного підприємства: тези доп. наук.-практ. конф. «Тиждень науки». Запоріжжя: ЗНТУ, 2016.

4. Іщенко О.С. Система прийняття організаційно-технологічних рішень реконструкції діючих промислових підприємств: тези доп. наук.-практ. конф. «Тиждень науки». Запоріжжя: ЗНТУ, 2018. С. 655–656.

5. Іщенко О.С. Удосконалення організаційно-технологічних рішень реконструкції діючих промислових підприємств: тези доп. наук.-практ. конф. «Тиждень науки». Запоріжжя: ЗНТУ, 2017. С. 321–322.

6. Іщенко О.С., Кравченко Д.В. Технологія монтажу металоконструкцій в умовах діючого виробництва: тези доп. наук.-практ. конф. «Тиждень науки». Запоріжжя: ЗНТУ, 2015.

7. Іщенко О.С., Кулік М.В., Олійник О.С. Особливості формування вартості будівельно-монтажних робіт при реконструкції промислових підприємств. Шляхи підвищення ефективності будівництва в умовах формування ринкових відносин. Київ: КНУБА, 2018. Вип. 35. С. 120–126.

8. ДБН А.3.1-5:2016. Організація будівельного виробництва. Київ: Мінрегіон України, 2016. 49 с.

9. ДБН В.2.2-15:2019. Будинки і споруди. Житлові будинки. Основні положення. Київ: Мінрегіон України, 2019. 16 с.

10. Аль-Машхадані С.Ф.Р. Модернізація процесів організації будівництва в умовах Іраку: дис. ... канд. техн. наук: 05.23.08 / Київський національний університет будівництва і архітектури. Київ, 2018. 162 с.

11. Броневицький С.П. Розвиток організаційно-технологічних основ будівництва доступного житла з урахуванням містоформуючих особливостей територій великих міст: дис. ... д-ра техн. наук: 05.23.08 / Придніпровська державна академія будівництва та архітектури. Дніпро, 2016. 383 с.

12. Горбач М.В. Сучасний інструментарій організаційно-технологічного проектування будівництва на засадах енергозбереження: дис. ... канд. техн. наук: 05.23.08 / Київський національний університет будівництва і архітектури. Київ, 2015. 171 с.

13. Дубельт Т.М. Організаційно-технологічне моделювання реконструкції житлових будинків перших масових серій: дис. ... канд. техн. наук: 05.23.08 / Одеська державна академія будівництва та архітектури. Одеса, 2021. 406 с.

14. Коваль В.Б. Інновації в організації облаштування внутрішніх приміщень в промисловому та цивільному будівництві: дис. ... канд. техн. наук: 05.23.08 / Київський національний університет будівництва і архітектури. Київ, 2016. 154 с.

15. Кравчуновська Т.С. Комплексна реконструкція житлової забудови: організаційно-технологічні аспекти: монографія. Дніпропетровськ: Наука і освіта, 2010. 230 с.

16. Кравчуновська Т.С. Розвиток наукових основ організаційно-технологічного проектування комплексної реконструкції житлової забудови: дис. ... д-ра техн. наук: 05.23.08 / Придніпровська державна академія будівництва та архітектури. Дніпро, 2011. 392 с.

17. Приходько О.О. Комбінований інструментарій організаційно-технологічного та цифрового адміністрування проєктами будівництва: дис. ... д-ра філософії: 192 / Київський національний університет будівництва і архітектури. Київ, 2024. 333 с.

18. Жалдак Р.Ю. Функціонально-технологічне забезпечення надійності виконавців будівельних проєктів: дис. ... д-ра філософії: 192 / Київський національний університет будівництва і архітектури. Київ, 2024. 295 с.

19. Eastman C., Teicholz P., Sacks R., Liston K. BIM Handbook: A Guide to Building Information Modeling. 3rd ed. Hoboken: Wiley, 2018. 688 p.

20. Hardin B., McCool D. BIM and Construction Management: Proven Tools, Methods, and Workflows. 2nd ed. Indianapolis: Wiley, 2015.

21. Доненко В.І., Бобраков А.А., Іваненко Д.С. Удосконалення ресурсозабезпечення при відновленні будівель з використанням Artificial Intelligence. Шляхи підвищення ефективності будівництва в умовах формування ринкових відносин. Київ: КНУБА, 2023. № 52 (1). С. 62–72.

22. Дослідження і математичне моделювання організаційних структур та інтелектуальні інформаційні інструменти в організації і управлінні будівництвом: монографія / В.І. Савенко, С.І. Доценко, П.М. Куліков [та ін.] ; за заг. ред. В.І. Савенка. 2-ге вид., випр. і доп. Київ: Центр учбової літератури, 2022. 156 с.

23. Козак А.Б., Герасимчук Я.В., Стельмах О.В., Данілов С.Ю. Шляхи модернізації системи організаційно-технологічного моделювання проєктів будівництва в бік подолання можливих невизначеностей та загроз циклу проєктів будівельного девелопменту. Будівельне виробництво. 2024. № 77. С. 31–42.

24. Організаційно-технологічний девелопмент та інтегрована реалізація проєктів в будівництві: колективна монографія. Київ: КНУБА, 2025. 202 с.

Ishchenko Oleksiy,
National University "Zaporizhzhia Polytechnic"

ORGANIZATIONAL AND TECHNOLOGICAL MECHANISM OF RESOURCE PLANNING AND MANAGEMENT OF CONSTRUCTION WORKS IN CONFINED CONDITIONS OF THE CITY OF KYIV (CREATOR CITY RESIDENTIAL COMPLEX)

The article considers the organizational and technological mechanism for resource planning and provision of construction works under constrained urban conditions of Kyiv. The study was conducted on the practical example of the construction of the "CREATOR CITY" residential complex during 2020–2026. The specifics of material and technical supply, logistics constraints of dense urban

development, and resource utilization optimization during the implementation of large-scale construction projects are analyzed.

Post-war recovery and modernization of Ukraine's building stock, urban infill development, and reconstruction of facilities on the grounds of operating enterprises increasingly require construction work under congested conditions. Limited site space, strict technological sequencing, logistical, and safety constraints significantly increase the duration, resource intensity, and organizational-technological risk of operations. Therefore, enhancing the organizational and technological efficiency and controllability of construction under congested conditions represents an urgent applied task in construction production technology and management.

Testing of the mechanism confirmed its functionality and efficiency through two independent approaches: a robust model test case and industrial implementation under five adoption acts at reconstruction sites of operating enterprises under congested conditions (according to implementation acts). The achieved results include a reduction in work duration by 5.89% to 14.25%, a cost reduction from 5.73% to 7.59%, a decrease in equipment downtime up to 12.23%, and a reduction in resource overloads up to 10.3%, while maintaining the required level of organizational and technological reliability. The total confirmed financial effect amounts to 276.01 thousand UAH. Furthermore, the research findings have been integrated into the educational process of two higher education institutions. Thus, the working research hypothesis has been confirmed. Future research perspectives involve integrating the developed mechanism with Building Information Modeling (4D/5D) technologies and site logistics Geographic Information Systems (GIS), as well as expanding the statistical database for calibrating supply reliability models based on data from new construction sites.

Keywords: constrained construction conditions; organizational and technological mechanism; resource planning; construction works; urban development.

REFERENCES

1. DBN V.1.2-12:2008 *Systema nadiinosti ta bezpeky v budivnytstvi. Budivnytstvo v umovakh ushchilnenoi zabudovy. Vymohy bezpeky* [System of reliability and safety in construction. Construction in high-density urban areas. Safety requirements]. Kyiv: Minrehionbud Ukrainy. {in Ukrainian}.

2. DBN V.1.2-12:2026 *Budivnytstvo v umovakh ushchilnenoi zabudovy. Vymohy bezpeky* [Construction in high-density urban areas. Safety requirements]. Kyiv: Minrehion. {in Ukrainian}.

3. Ischenko O.S. (2016). Osoblyvosti zvedennya promyslovykh budivel v umovakh diiuchoho metalurhiinoho pidpryiemstva [Peculiarities of industrial

building erection in conditions of operating metallurgical enterprise]. *Tezy dopovidai naukovo-praktychnoi konferentsii «Tyzhden nauky»* [Abstracts of the Scientific and Practical Conference "Science Week"]. Zaporizhzhia: ZNTU. {in Ukrainian}.

4. Ischenko O.S. (2018). Systema pryiniattya orhanizatsijno-tekhnolohichnykh rishen rekonstruktsii diiuchykh promyslovykh pidpryiemstv [System of making organizational and technological decisions for the reconstruction of operating industrial enterprises]. *Tezy dopovidai naukovo-praktychnoi konferentsii «Tyzhden nauky»* [Abstracts of the Scientific and Practical Conference "Science Week"], pp. 655–656. Zaporizhzhia: ZNTU. {in Ukrainian}.

5. Ischenko O.S. (2017). Udoskonalennya orhanizatsijno-tekhnolohichnykh rishen rekonstruktsii diiuchykh promyslovykh pidpryiemstv [Improvement of organizational and technological solutions for the reconstruction of operating industrial enterprises]. *Tezy dopovidai naukovo-praktychnoi konferentsii «Tyzhden nauky»* [Abstracts of the Scientific and Practical Conference "Science Week"], pp. 321–322. Zaporizhzhia: ZNTU. {in Ukrainian}.

6. Ischenko O.S., & Kravchenko, D.V. (2015). Tekhnolohiya montazhu metalokonstruktsii v umovakh diiuchoho vyrobnytstva [Technology of steel structures assembly in conditions of operating production]. *Tezy dopovidai naukovo-praktychnoi konferentsii «Tyzhden nauky»* [Abstracts of the Scientific and Practical Conference "Science Week"]. Zaporizhzhia: ZNTU. {in Ukrainian}.

7. Ischenko O.S., Kulik, M.V., & Oliinyk, O.S. (2018). Osoblyvosti formuvannya vartosti budivelno-montazhnykh robit pry rekonstruktsii promyslovykh pidpryiemstv [Peculiarities of forming the cost of construction and assembly works during the reconstruction of industrial enterprises]. *Shliakhy pidvyshchennya efektyvnosti budivnytstva v umovakh formuvannya rynkovykh vidnosyn* [Ways to increase construction efficiency under market relations formation], issue 35, pp. 120–126. Kyiv: KNUBA. {in Ukrainian}.

8. DBN A.3.1-5:2016. *Orhanizatsiya budivelnoho vyrobnytstva* [Organization of construction production]. Kyiv: Minrehion Ukrainy. {in Ukrainian}.

9. DBN V.2.2-15:2019. *Budynky i sporudy. Zhytlovi budynky. Osnovni polozhennya* [Buildings and structures. Residential buildings. Main provisions]. Kyiv: Minrehion Ukrainy. {in Ukrainian}.

10. Al-Mashkhadani, S.F.R. (2018). *Modernizatsiya protsesiv orhanizatsii budivnytstva v umovakh Iraku* [Modernization of construction organization processes in Iraq] (Doctoral dissertation). Kyiv National University of Construction and Architecture, Kyiv. {in Ukrainian}.

11. Bronevytskyi, S.P. (2016). *Rozvytok orhanizatsijno-tekhnolohichnykh osnov budivnytstva dostupnoho zhytla z urakhuvannyam mistoformuiuchykh

osoblyvostei terytorii velykykh mist* [Development of organizational and technological foundations for affordable housing construction considering city-forming features of large cities] (Doctoral dissertation). Prydniprovska State Academy of Civil Engineering and Architecture, Dnipro. {in Ukrainian}.

12. Horbach M.V. (2015). *Suchasnyi instrumentarii orhanizatsijno-tekhnolohichnoho proektuvannya budivnytstva na zasadakh enerhoszberezhennya* [Modern toolkit of organizational and technological construction design based on energy saving] (Doctoral dissertation). Kyiv National University of Construction and Architecture, Kyiv. {in Ukrainian}.

13. Dubelt T.M. (2021). *Orhanizatsijno-tekhnolohichne modelyuvannya rekonstruktsii zhytlovykh budynkiv pershykh masovykh serii* [Organizational and technological modeling of reconstruction of first mass series residential buildings] (Doctoral dissertation). Odesa State Academy of Civil Engineering and Architecture, Odesa. {in Ukrainian}.

14. Koval V.B. (2016). *Innovatsii v orhanizatsii oblashtuvannya vnutrishnikh primishchen v promyslovomu ta tsyvilnomu budivnytstvi* [Innovations in organizing interior fit-outs in industrial and civil construction] (Doctoral dissertation). Kyiv National University of Construction and Architecture, Kyiv. {in Ukrainian}.

15. Kravchunovska T.S. (2010). *Kompleksna rekonstruktsiya zhytlovoi zabudovy: orhanizatsijno-tekhnolohichni aspekty* [Comprehensive reconstruction of residential areas: organizational and technological aspects]. Dnipropetrovsk: Nauka i osvita. {in Ukrainian}.

16. Kravchunovska T.S. (2011). *Rozvytok naukovykh osnov orhanizatsijno-tekhnolohichnoho proektuvannya kompleksnoi rekonstruktsii zhytlovoi zabudovy* [Development of scientific foundations of organizational and technological design of comprehensive residential area reconstruction] (Doctoral dissertation). Prydniprovska State Academy of Civil Engineering and Architecture, Dnipro. {in Ukrainian}.

17. Prykhodko O.O. (2024). *Kombinovanyi instrumentarii orhanizatsijno-tekhnolohichnoho ta tsyfrovoho administruvannya proiektamy budivnytstva* [Combined toolkit of organizational, technological, and digital administration of construction projects] (Doctoral dissertation). Kyiv National University of Construction and Architecture, Kyiv. {in Ukrainian}.

18. Zhaldak R.Yu. (2024). *Funktsionalno-tekhnolohichne zabezpechennya nadiinosti vykonavtsiv budivelnykh proiektiv* [Functional and technological reliability assurance of construction project contractors] (Doctoral dissertation). Kyiv National University of Construction and Architecture, Kyiv. {in Ukrainian}.

19. Eastman C., Teicholz, P., Sacks, R., & Liston, K. (2018). *BIM Handbook: A Guide to Building Information Modeling* (3rd ed.). Hoboken: Wiley.

20. Hardin, B., & McCool, D. (2015). *BIM and Construction Management: Proven Tools, Methods, and Workflows* (2nd ed.). Indianapolis: Wiley.

21. Donenko V.I., Bobrakov, A.A., & Ivanenko, D.S. (2023). Udoskonalennya resursozabezpechennya pry vidnovlenni budivel z vykorystannyam Artificial Intelligence [Improvement of resource management during building restoration using Artificial Intelligence]. *Shliakhy pidvyshchennya efektyvnosti budivnytstva v umovakh formuvannya rynkovykh vidnosyn* [Ways to increase construction efficiency under market relations formation], No. 52 (1), pp. 62–72. Kyiv: KNUBA. {in Ukrainian}.

22. Savenko V.I., Dotsenko, S.I., Kulikov, P.M. et al. (2022). *Doslidzhennya i matematychne modelyuvannya orhanizatsijnykh struktur ta intelektualni informatsiini instrumenty v orhanizatsii i upravlinni budivnytstvom* [Research and mathematical modeling of organizational structures and intelligent information tools in construction organization and management] (2nd ed.). Kyiv: Tsentr uchbovoi literatury. {in Ukrainian}.

23. Kozak A.B., Herasymchuk, Ya.V., Stelmakh, O.V., & Danilov, S.Yu. (2024). Shliakhy modernizatsii systemy orhanizatsijno-tekhnolohichnoho modelyuvannya proiektiv budivnytstva v bik podolannya mozhlyvykh nevysnazhenostei ta zahroz tsyklu proiektiv budivelnoho developmentu [Ways to modernize the system of organizational and technological modeling of construction projects towards overcoming potential uncertainties and threats in the construction development project cycle]. *Budivelne vyrobnytstvo* [Building production], No. 77, pp. 31–42. {in Ukrainian}.

24. KNUBA (2025). *Orhanizatsijno-tekhnolohichnyi development ta intehrovana realizatsiya proiektiv v budivnytstvi* [Organizational and technological development and integrated project delivery in construction]. Kyiv: KNUBA. {in Ukrainian}.

DOI: 10.32347/2076-815x.2026.93.460-472
УДК 69.003:005.5:519.87

к.т.н., доцент **Козак А.А.,**
kozak.aa@knuba.edu.ua, ORCID: 0000-0002-3192-1430,
Київський національний університет будівництва і архітектури

МОДЕЛЮВАННЯ ОРГАНІЗАЦІЙНО-УПРАВЛІНСЬКИХ ПРОЦЕСІВ У СИСТЕМІ ТРАНСФОРМАЦІЇ БУДІВЕЛЬНИХ ПІДПРИЄМСТВ

Трансформація будівельних підприємств в умовах цифровізації, посилення конкуренції та зростання складності інвестиційно-будівельних проєктів зумовлює необхідність удосконалення організаційно-управлінських процесів на основі сучасних методів моделювання. Ефективність функціонування підприємств дедалі більше визначається рівнем інтеграції стратегічного планування, організаційної структури, ресурсного забезпечення, інформаційних потоків і системи контролю в єдиному управлінському середовищі. Запропоновано концептуальний підхід до моделювання організаційно-управлінських процесів, що базується на системному поєднанні організаційної узгодженості, цифрової інтеграції, ресурсної збалансованості, управлінської оперативності та контрольованості процесів. Сформовано математичний інструментарій кількісного оцінювання трансформаційних змін із використанням системи часткових коефіцієнтів та інтегрального показника ефективності. Обґрунтовано можливість використання сценарного моделювання для визначення альтернативних варіантів розвитку організаційно-управлінської системи залежно від рівня цифрової трансформації підприємства.

Ключові слова: будівельні підприємства; організаційно-управлінські процеси; моделювання; цифрова трансформація; інтегральне оцінювання; управлінські рішення; організаційна ефективність; інформаційні системи.

Постановка проблеми: Сучасний етап розвитку будівельної галузі характеризується високою динамікою змін, посиленням конкуренції, цифровізацією виробничих процесів та зростанням вимог до ефективності управління будівельними підприємствами. Реалізація масштабних інвестиційно-будівельних проєктів супроводжується значною кількістю взаємопов'язаних організаційних, ресурсних, фінансових та інформаційних процесів, ефективна координація яких визначає результати діяльності підприємства. За таких умов традиційні організаційно-управлінські механізми, побудовані на функціональному розподілі повноважень і переважно адміністративних методах управління, дедалі частіше не забезпечують

необхідного рівня адаптивності, швидкості прийняття рішень та інформаційної узгодженості.

Метою статті є розроблення концептуальних засад моделювання організаційно-управлінських процесів у системі трансформації будівельних підприємств шляхом інтеграції організаційних, інформаційних, ресурсних та цифрових компонентів управління в єдину модель підтримки управлінських рішень. Досягнення поставленої мети передбачає обґрунтування структури організаційно-управлінської системи, формування математичного інструментарію комплексного оцінювання трансформаційної ефективності, розроблення інтегрального показника результативності та визначення можливостей практичного використання запропонованої моделі.

Аналіз останніх досліджень і публікацій: Проблематика моделювання організаційно-управлінських процесів посідає важливе місце у сучасних дослідженнях, присвячених трансформації систем управління будівельними підприємствами. Значна увага приділяється розвитку процесного підходу, удосконаленню організаційних структур, цифровізації управлінської діяльності, інтеграції інформаційних систем та використанню сучасних аналітичних інструментів підтримки прийняття управлінських рішень. Окремий напрям досліджень охоплює питання оптимізації бізнес-процесів, автоматизації документообігу, розвитку цифрових платформ, удосконалення систем контролю та моніторингу реалізації будівельних проєктів.

Виклад основного матеріалу: Організаційно-управлінські процеси будівельного підприємства формують внутрішній механізм узгодження ресурсів, виконавців, управлінських рішень, виробничих завдань і стратегічних цілей. У будівництві такі процеси мають особливе значення, оскільки діяльність підприємства пов’язана з високою проєктною складністю, тривалими інвестиційними циклами, значною кількістю учасників, залежністю від строків виконання робіт, вартості ресурсів, технічних умов, договірних зобов’язань і змін зовнішнього середовища.

У системі трансформації будівельного підприємства організаційно-управлінські процеси набувають нового змісту. Якщо традиційна модель управління переважно орієнтувалася на лінійно-функціональний розподіл обов’язків, формальне планування та постфактум-контроль виконання робіт, то трансформаційна модель передбачає гнучке управління, інтеграцію цифрових інструментів, посилення аналітичної складової та перехід до прогнозного прийняття рішень [1].

Рисунок 1 дозволяє показати, що трансформація підприємства не обмежується впровадженням окремих цифрових рішень або зміною

організаційної структури, а передбачає комплексне оновлення всієї системи управління.

Особливістю будівельного підприємства є те, що його організаційно-управлінські процеси реалізуються одночасно на декількох рівнях [2]. На стратегічному рівні визначаються напрями розвитку, інвестиційні пріоритети, ринкова поведінка та модель трансформації. На тактичному - формується система управління портфелем проєктів, розподілу ресурсів, договірної взаємодії, бюджетування та календарного планування [3].

Для будівельних підприємств моделювання організаційно-управлінських процесів має особливе значення, оскільки саме узгодженість управлінських процесів визначає здатність підприємства виконувати проєкти в установлені строки, контролювати витрати, забезпечувати якість робіт і підтримувати конкурентоспроможність у нестабільному ринковому середовищі [4].

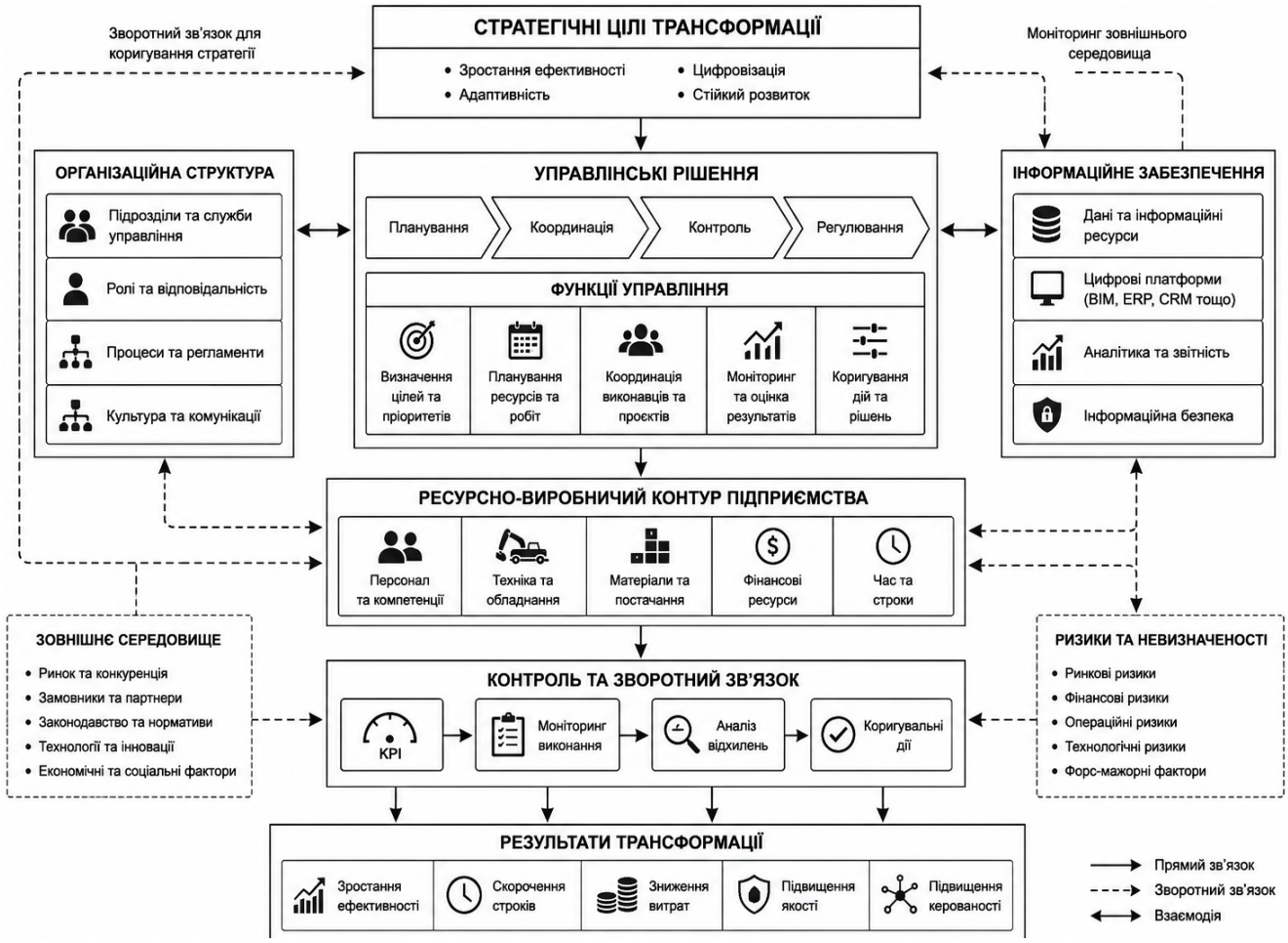


Рис. 1. Модель взаємодії організаційно-управлінських процесів у системі трансформації будівельного підприємства *(розроблено автором на основі [1])*

Формалізація організаційно-управлінських процесів у системі трансформації будівельного підприємства передбачає перехід від описового

аналізу до кількісного оцінювання стану управлінської системи. У будівельній сфері це особливо важливо, оскільки управлінські помилки безпосередньо впливають на строки виконання робіт, собівартість проєктів, якість будівництва та фінансові результати [5].

Для математичного моделювання організаційно-управлінських процесів доцільно використати систему часткових показників, які характеризують окремі сторони трансформації [10]. До таких показників належать коефіцієнт організаційної узгодженості, коефіцієнт цифрової інтеграції, коефіцієнт ресурсної збалансованості, коефіцієнт управлінської оперативності та коефіцієнт контрольованості процесів.

Для подальших розрахунків використаємо умовні вихідні дані, наведені в таблиці 1.

Першим елементом моделі є коефіцієнт організаційної узгодженості, який відображає частку управлінських рішень, прийнятих без конфлікту між підрозділами, дублювання функцій або повторного погодження:

$$K_{ou} = \frac{D_u}{D_z}, \quad (1)$$

де K_{ou}– коефіцієнт організаційної узгодженості, D_u– кількість узгоджених управлінських рішень, D_z– загальна кількість управлінських рішень.

Таблиця 1.

Вихідні дані для моделювання організаційно-управлінських процесів будівельного підприємства *(розроблено автором на основі [5])*

Показник	**До трансформації**	**Після трансформації**
Кількість узгоджених управлінських рішень	68	87
Загальна кількість управлінських рішень	100	100
Кількість цифровізованих процесів	9	17
Загальна кількість ключових процесів	20	20
Фактичні витрати ресурсів, тис. грн	12400	11350
Планові витрати ресурсів, тис. грн	11000	11000
Середній час прийняття рішення, год	42	26
Нормативний час прийняття рішення, год	24	24
Кількість процесів із регулярним контролем	11	18
Загальна кількість контрольованих процесів	20	20

До трансформації:

$$K_{ou1} = \frac{68}{100} = 0{,}68.$$

Після трансформації:

$$K_{ou2} = \frac{87}{100} = 0{,}87.$$

Отже, рівень організаційної узгодженості зріс на:
$\Delta K_{ou} = 0{,}87 - 0{,}68 = 0{,}19.$

Це свідчить про покращення координації між підрозділами та зменшення кількості управлінських неузгодженостей.

Другим показником є коефіцієнт цифрової інтеграції управлінських процесів:

$$K_{ci} = \frac{P_c}{P_z}, \quad (2)$$

де K_{ci}– коефіцієнт цифрової інтеграції, P_c– кількість цифровізованих процесів, P_z– загальна кількість ключових процесів підприємства.

До трансформації:

$$K_{ci1} = \frac{9}{20} = 0{,}45.$$

Після трансформації:

$$K_{ci2} = \frac{17}{20} = 0{,}85.$$

Приріст цифрової інтеграції становить 0,40. Такий результат означає суттєве посилення інформаційної основи управління, оскільки більшість ключових процесів після трансформації підтримуються цифровими інструментами.

Третім елементом є коефіцієнт ресурсної збалансованості. Його доцільно визначати як співвідношення планових і фактичних ресурсних витрат:

$$K_{rz} = \frac{R_p}{R_f}, \quad (3)$$

де K_{rz}– коефіцієнт ресурсної збалансованості, R_p– планові витрати ресурсів, R_f– фактичні витрати ресурсів.

До трансформації:

$$K_{rz1} = \frac{11000}{12400} = 0{,}887.$$

Після трансформації:

$$K_{rz2} = \frac{11000}{11350} = 0{,}969.$$

Отримане значення після трансформації є ближчим до одиниці, що свідчить про зменшення перевитрат ресурсів і підвищення точності планування.

Четвертим показником є коефіцієнт управлінської оперативності:

$$K_{uo} = \frac{T_n}{T_r}, \quad (4)$$

де K_{uo}– коефіцієнт управлінської оперативності, T_n– нормативний час прийняття рішення, T_r– фактичний середній час прийняття рішення.

До трансформації:

$$K_{uo1} = \frac{24}{42} = 0{,}571.$$

Після трансформації:

$$K_{uo2} = \frac{24}{26} = 0{,}923.$$

П’ятим показником є коефіцієнт контрольованості організаційно-управлінських процесів:

$$K_{kp} = \frac{K_c}{K_z}, \quad (5)$$

де K_{kp}– коефіцієнт контрольованості процесів, K_c– кількість процесів, охоплених регулярним контролем, K_z– загальна кількість процесів, що потребують контролю.

До трансформації:

$$K_{kp1} = \frac{11}{20} = 0{,}55.$$

Після трансформації:

$$K_{kp2} = \frac{18}{20} = 0{,}90.$$

Зростання показника контрольованості свідчить про посилення моніторингу виконання робіт, фінансового контролю, контролю строків і якості управлінських рішень.

На основі часткових коефіцієнтів можна розрахувати інтегральний показник трансформаційної ефективності організаційно-управлінської системи:

$$I_{te} = w_1 K_{ou} + w_2 K_{ci} + w_3 K_{rz} + w_4 K_{uo} + w_5 K_{kp}, \quad (6)$$

де I_{te}– інтегральний показник трансформаційної ефективності, w_1, w_2, w_3, w_4, w_5– вагові коефіцієнти значущості показників, K_{ou}– коефіцієнт організаційної узгодженості, K_{ci}– коефіцієнт цифрової інтеграції, K_{rz}– коефіцієнт ресурсної збалансованості, K_{uo}– коефіцієнт управлінської оперативності, K_{kp}– коефіцієнт контрольованості процесів.

Для розрахунку приймемо такі вагові коефіцієнти:

$w_1 = 0{,}20; w_2 = 0{,}25; w_3 = 0{,}20; w_4 = 0{,}20; w_5 = 0{,}15.$

До трансформації:

$$I_{te1} = 0{,}20 \cdot 0{,}68 + 0{,}25 \cdot 0{,}45 + 0{,}20 \cdot 0{,}887 + 0{,}20 \cdot 0{,}571 + 0{,}15 \cdot 0{,}55 = 0{,}6226$$

Після трансформації:

$$I_{te2} = 0{,}20 \cdot 0{,}87 + 0{,}25 \cdot 0{,}85 + 0{,}20 \cdot 0{,}969 + 0{,}20 \cdot 0{,}923 + 0{,}15 \cdot 0{,}90 = 0{,}8999$$

Абсолютний приріст інтегрального показника становить:

$\Delta I_{te} = 0{,}8999 - 0{,}6226 = 0{,}2773.$

Відносне зростання ефективності:

$$T_I = \frac{0{,}8999 - 0{,}6226}{0{,}6226} \cdot 100 = 44{,}54\%.$$

Отже, за результатами моделювання інтегральна ефективність організаційно-управлінської системи зросла на 44,54 %, що підтверджує результативність трансформаційних заходів.

Для узагальнення результатів розрахунків доцільно подати порівняльну таблицю 2 [6].

Найбільше зростання відбулося за показниками цифрової інтеграції, управлінської оперативності та контрольованості процесів [9].

Для поглиблення моделі можна використати модифікований показник ефективності, який враховує ризик управлінських відхилень:

$$I_{mte} = I_{te} \cdot (1 - R_o), \quad (7)$$

де I_{mte} – модифікований інтегральний показник ефективності з урахуванням ризику, I_{te} – базовий інтегральний показник трансформаційної ефективності, R_o – коефіцієнт організаційного ризику.

Таблиця 2.

Результати розрахунку показників організаційно-управлінської трансформації

(розроблено автором на основі [6])

Показник	**До трансформації**	**Після трансформації**	**Абсолютна зміна**
1	**2**	**3**	**4**
Коефіцієнт організаційної узгодженості	0,680	0,870	+0,190
Коефіцієнт цифрової інтеграції	0,450	0,850	+0,400
Коефіцієнт ресурсної збалансованості	0,887	0,969	+0,082

1	2	3	4
Коефіцієнт управлінської оперативності	0,571	0,923	+0,352
Коефіцієнт контрольованості процесів	0,550	0,900	+0,350
Інтегральний показник трансформаційної ефективності	0,623	0,900	+0,277

Припустимо, що до трансформації коефіцієнт організаційного ризику становив 0,18, а після трансформації – 0,07.

До трансформації:

$$I_{mte1} = 0{,}6226 \cdot (1 - 0{,}18) = 0{,}6226 \cdot 0{,}82 = 0{,}5105.$$

Після трансформації:

$$I_{mte2} = 0{,}8999 \cdot (1 - 0{,}07) = 0{,}8999 \cdot 0{,}93 = 0{,}8369.$$

Отже, з урахуванням ризику ефективність організаційно-управлінської системи зросла з 0,5105 до 0,8369, тобто на:

$$\Delta I_{mte} = 0{,}8369 - 0{,}5105 = 0{,}3264.$$

Такий результат показує, що трансформація не лише підвищує поточну результативність управління, а й знижує ймовірність організаційних збоїв, затримок, дублювання функцій і неузгодженості між виконавцями [7].

Для наочного представлення логіки формалізації доцільно подати рисунок 2.

Для наочного відображення взаємозалежності між ключовими параметрами моделі доцільно побудувати рисунок 3, який дозволяє оцінити характер зміни інтегрального показника залежно від рівня цифрової трансформації підприємства [8].

Результати моделювання підтверджують, що після досягнення рівня цифрової інтеграції близько 0,80–0,85 темпи зростання інтегрального показника поступово знижуються, що пояснюється ефектом насичення системи цифровими інструментами. На цьому етапі подальше підвищення ефективності можливе вже не стільки за рахунок впровадження нових інформаційних технологій, скільки шляхом оптимізації організаційної структури, удосконалення процедур прийняття рішень та розвитку компетентностей управлінського персоналу.

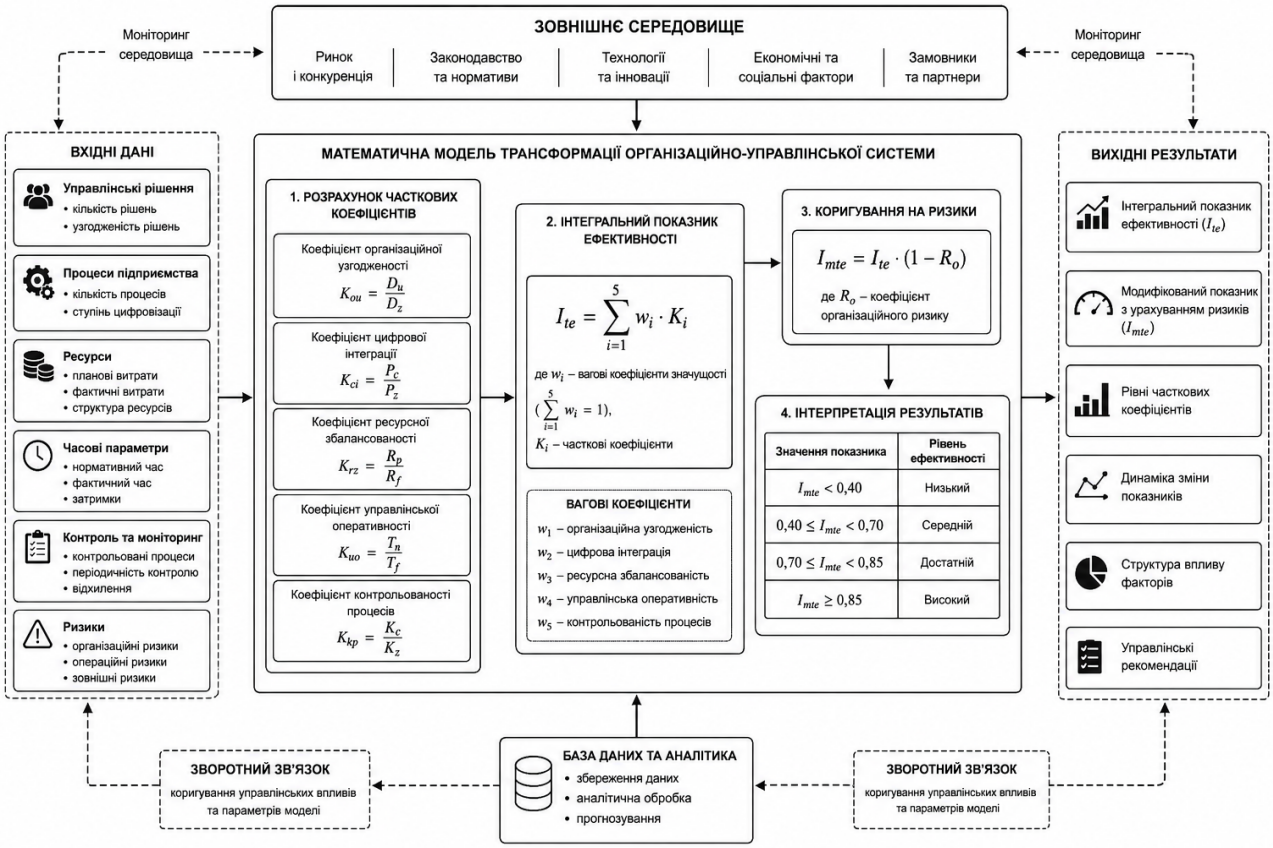


Рис. 2. Архітектура математичної моделі трансформації організаційно-управлінської системи *(розроблено автором на основі [7])*

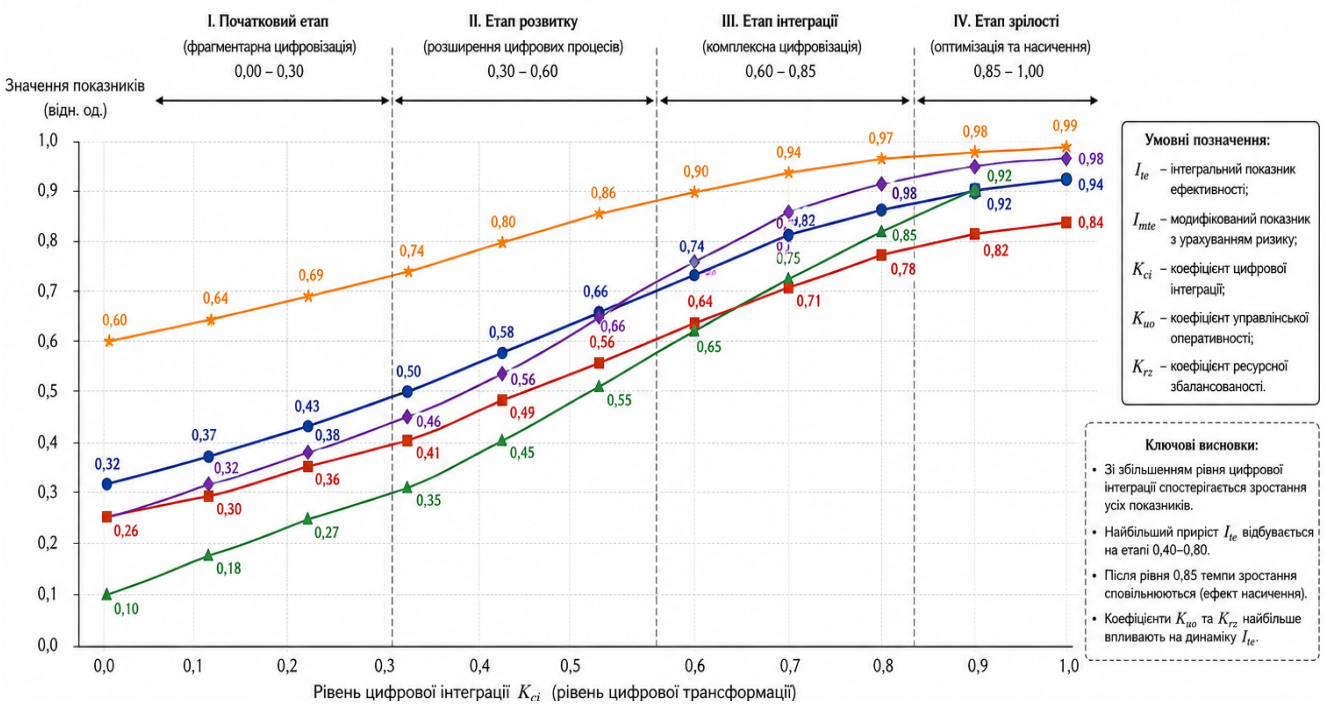


Рис. 3. Багатофакторна залежність інтегрального показника ефективності організаційно-управлінської системи від рівня цифрової трансформації *(розроблено автором на основі [8])*

Висновок

Запропонована інтегрована модель об'єднує всі ключові складові процесу трансформації в єдину систему, у межах якої кожен структурний елемент виконує визначену функцію та одночасно взаємодіє з іншими компонентами. Така архітектура дозволяє забезпечити безперервність інформаційних потоків, синхронізацію управлінських рішень, узгодженість використання ресурсів і своєчасне реагування на зміни внутрішнього та зовнішнього середовища.

Практичне застосування запропонованої моделі демонструє, що найбільший ефект досягається за умови комплексного впровадження організаційних, інформаційних та цифрових інструментів управління. Саме їх синергічна взаємодія забезпечує підвищення керованості будівельними проєктами, скорочення інформаційних втрат, оптимізацію використання ресурсів, підвищення якості управлінських рішень і зміцнення адаптивності підприємства до динамічних умов функціонування будівельної галузі. З

Література

1. Краєвська А., Яблонський Є. Процесне управління підприємством в системі менеджменту: теоретичні засади та перспективи // *Development Service Industry Management*. 2025. № 10(2). DOI: 10.31891/dsim-2025-10(2). [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://www.researchgate.net/publication/392651543_PROCESNE_UPRAVLINNA_PIDPRIEMSTVOM_V_SISTEMI_MENEDZMENTU_TEORETICNI_ZASADI_TA_PERSPEKTIVI

2. Баяк В.П. Особливості будівельного виробництва та їх вплив на побудову обліку і аудиту (на прикладі БУ «Житлобуд-2» ТОВ «Тернопільбуд») : кваліфікаційна робота на здобуття освітнього ступеня магістра, спец. 071 «Облік і оподаткування» / Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя. Тернопіль, 2022. 75 с. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://surl.li/mjguos

3. Павелко О.В., Власюк І.І., Попчук Д.О. Управлінський облік будівельних підприємств: характерні особливості організації та ведення // *Вісник Національного університету водного господарства та природокористування. Серія: Економічні науки*. 2022. № 2(98). С. 200–217. DOI: 10.31713/ve2202219. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://doi.org/10.31713/ve2202219

4. Вергал К.В., Іванов Ю. Моделювання та оптимізація бізнес-процесів управління замовленнями будівельної компанії за допомогою мобільних інформаційних систем // *Галицький економічний вісник*. 2025. № 5(96). С. 116–123. DOI: 10.33108/galicianvisnyk_tntu2025.05.116. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://elartu.tntu.edu.ua/bitstream/lib/51511/2/GEJ_2025v96n5_Verhal_K-Modeling_and_optimization_116-123.pdf

5. Чуприна , Х., Чуприна , Ю., , Кушнір , О., Черненко , М., & Юйтао, В.. Економіко-управлінські імперативи розвитку будівельного девелопменту в умовах цифрової трансформації операційних систем підприємств-стейкхолдерів. *Управління розвитком складних систем*, 2024, вип. 60, С. 209–220. https://doi.org/10.32347/2412-9933.2024.60.

6. CHUPRYNA , I.. Conceptual principles of knowledge management in integrated systems for the implementation of construction projects. *Ways to Improve Construction Efficiency*, 2025, вип. 2(56), С. 105–117. https://doi.org/10.32347/2707-501x.2025.56(2).

7. Системна модернізація економіки в контексті цілей сталого розвитку: виклики та стратегічні пріоритети : колективна монографія / за заг. ред. Т.В. Полозової. Харків :

Харківський національний університет радіоелектроніки, 2025. 396 с. DOI: 10.30837/EK.2025. ISBN 978-966-659-420-7. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://surl.li/jnoqoo

8. Біличенко М.М. Система економічної безпеки підприємства в умовах цифрової трансформації : дис. на здобуття наук. ступеня д-ра філософії за спец. 051 «Економіка», галузь знань 05 «Соціальні та поведінкові науки» / Державний університет «Київський авіаційний інститут». Київ, 2026. 280 с. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://vchenarada.nau.edu.ua/wp-content/uploads/2026/04/Bilichenko_MM_phd.pdf

9. Матковський О.Л. Удосконалення інформаційного супроводу діяльності органу державної влади : кваліфікаційна робота за спеціальністю 281 «Публічне управління та адміністрування», освітньо-професійна програма «Публічне управління та адміністрування» / Західноукраїнський національний університет. Тернопіль, 2025. 64 с. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://api.dspace.wunu.edu.ua/api/core/bitstreams/6cf41551-f717-41bc-a917-6a31cffb883a/content

10. Слободенюк О.В. Розвиток інструментарію інвестиційного проєктування реконструкції житлового фонду : дис. на здобуття наук. ступеня д-ра філософії за спец. 051 «Економіка», галузь знань 05 «Соціальні та поведінкові науки» / Київський національний університет будівництва і архітектури. Київ, 2025. 200 с. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://www.knuba.edu.ua/wp-content/uploads/2025/07/dyser-slobodenyuka.pdf

PhD in Technical Science **Kozak Andrii,**
Kyiv National University of Construction and Architecture, Kyiv

MODELING OF ORGANIZATIONAL AND MANAGERIAL PROCESSES IN THE TRANSFORMATION SYSTEM OF CONSTRUCTION ENTERPRISES

The transformation of construction enterprises under the conditions of digitalization, increasing market competition, and the growing complexity of investment and construction projects necessitates the improvement of organizational and managerial processes based on modern modeling methods. The operational efficiency of construction enterprises is increasingly determined by the degree of integration of strategic planning, organizational structure, resource management, information flows, and control systems within a unified management environment. A conceptual approach to modeling organizational and managerial processes is proposed, based on the systematic integration of organizational coherence, digital integration, resource balance, managerial responsiveness, and process controllability. A mathematical framework for the quantitative assessment of transformation changes has been developed using a system of partial coefficients and an integrated efficiency indicator. The feasibility of applying scenario-based modeling to identify alternative development pathways for the organizational and managerial system depending on the level of an enterprise's digital transformation is substantiated.

Keywords: construction enterprises; organizational and managerial processes; modeling; digital transformation; integrated assessment; managerial decision-making; organizational efficiency; information systems.

REFERENCES

1. Kraievska, A., & Yablonskyi, Ye. (2025). Process Management of an Enterprise within the Management System: Theoretical Foundations and Prospects. *Development Service Industry Management*, 10(2). https://doi.org/10.31891/dsim-2025-10(2). Available at: https://www.researchgate.net/publication/392651543_PROCESNE_UPRAVLINNA_PIDPRIEMSTVOM_V_SISTEMI_MENEDZMENTU_TEORETICNI_ZASADI_TA_PERSPEKTIVI {in Ukrainian}.

2. Baiak, V.P. (2022). *Specific Features of Construction Production and Their Influence on the Organization of Accounting and Auditing (Based on the Example of the Construction Unit "Zhytlobud-2" LLC "Ternopilbud")*. Master's Qualification Thesis in Specialty 071 "Accounting and Taxation". Ivan Puluj Ternopil National Technical University, Ternopil, Ukraine. 75 p. Available at: https://surl.li/mjguos {in Ukrainian}.

3. Pavelko, O.V., Vlasiuk, I.I., & Popchuk, D.O. (2022). Management Accounting at Construction Enterprises: Specific Features of Organization and Implementation. *Bulletin of the National University of Water and Environmental Engineering. Series: Economic Sciences*, 2(98), 200–217. https://doi.org/10.31713/ve2202219 {in Ukrainian}.

4. Verhal, K., & Ivanov, Yu. (2025). Modeling and Optimization of Construction Company Order Management Business Processes Using Mobile Information Systems. *Galician Economic Bulletin*, 5(96), 116–123. https://doi.org/10.33108/galicianvisnyk_tntu2025.05.116. Available at: https://elartu.tntu.edu.ua/bitstream/lib/51511/2/GEJ_2025v96n5_Verhal_K-Modeling_and_optimization_116-123.pdf {in Ukrainian}.

5. Shpak, R.M. (2021). *Analysis and Modeling of Organizational Structures of Management Processes at Construction Enterprises*. Master's Qualification Thesis in Specialty 192 "Construction and Civil Engineering". Zaporizhzhia National University, Zaporizhzhia, Ukraine. 113 p. Available at: https://dspace.znu.edu.ua/jspui/bitstream/12345/5681/1/%D0%A8%D0%BF%D0%B0%D0%BA.pdf {in Ukrainian}.

6. Kazmin, I.O., & Myronova, O.M. (2024). Determining Managerial Decisions on Appropriate Directions for Organizational Transformations of Enterprises. *Scientific Innovations and Advanced Technologies*, 8(36), 859–868. https://doi.org/10.52058/2786-5274-2024-8(36)-859-868. Available at:

https://repository.hneu.edu.ua/jspui/bitstream/123456789/34782/1/%D0%A1%D1%82%D0%B0%D1%82%D1%82%D1%8F%201.pdf {in Ukrainian}.

7. Polozova, T.V. (Ed.). (2025). *Systemic Modernization of the Economy in the Context of Sustainable Development Goals: Challenges and Strategic Priorities*. Collective Monograph. Kharkiv: Kharkiv National University of Radio Electronics. 396 p. https://doi.org/10.30837/EK.2025. ISBN 978-966-659-420-7. Available at: https://surl.li/jnoqoo {in Ukrainian}.

8. Bilychenko, M.M. (2026). *Enterprise Economic Security System under Digital Transformation*. PhD Dissertation in Specialty 051 "Economics", Field of Knowledge 05 "Social and Behavioral Sciences". State University "Kyiv Aviation Institute", Kyiv, Ukraine. 280 p. Available at: https://vchenarada.nau.edu.ua/wp-content/uploads/2026/04/Bilichenko_MM_phd.pdf {in Ukrainian}.

9. Matkovskyi, O.L. (2025). *Improvement of Information Support for the Activities of a Public Authority*. Qualification Thesis in Specialty 281 "Public Management and Administration". West Ukrainian National University, Ternopil, Ukraine. 64 p. Available at: https://api.dspace.wunu.edu.ua/api/core/bitstreams/6cf41551-f717-41bc-a917-6a31cffb883a/content {in Ukrainian}.

10. Slobodeniuk, O.V. (2025). *Development of Tools for Investment Design of Residential Housing Reconstruction*. PhD Dissertation in Specialty 051 "Economics", Field of Knowledge 05 "Social and Behavioral Sciences". Kyiv National University of Construction and Architecture, Kyiv, Ukraine. 200 p. Available at: https://www.knuba.edu.ua/wp-content/uploads/2025/07/dyser-slobodenyuka.pdf {in Ukrainian}.

11. Kremen, V.H., Nychkalo, N.H., Lukianova, L.B., & Lazarenko, N. I. (Eds.). (2024). *Education for Digital Transformation of Society*. Vol. 1. Monograph. Kyiv: Yurka Liubchenka LLC. 526 p. ISBN 978-617-8295-54-7. Available at: https://lib.iitta.gov.ua/id/eprint/742488/1/%D0%9C%D0%BE%D0%BD%D0%BE%D0%B3%D1%80%D0%B0%D1%84%D1%96%D1%8F_%D1%821_%D0%B5%D0%BB.pdf {in Ukrainian}.

DOI: 10.32347/2076-815x.2026.93.473-487
УДК 69.003:005.8:620.9

Козак Т.В.,
kozak_tv-2024@knuba.edu.ua, ORCID: 0009-0002-1800-0239,
Київський національний університет будівництва і архітектури

КОНЦЕПТУАЛЬНІ ПІДХОДИ ДО ОЦІНЮВАННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ОРГАНІЗАЦІЙНО-ТЕХНОЛОГІЧНИХ МОДЕЛЕЙ УПРАВЛІННЯ У СФЕРІ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОГО БУДІВНИЦТВА

Зростання вимог до енергоефективності будівель, цифрової трансформації будівельної галузі та впровадження принципів сталого розвитку актуалізує необхідність удосконалення організаційно-технологічних моделей управління будівельними проєктами. Ефективне поєднання організаційних, технологічних, інформаційних та енергетичних компонентів формує передумови для підвищення результативності реалізації інвестиційно-будівельних процесів упродовж повного життєвого циклу об'єкта. Запропоновано концептуальний підхід до комплексного оцінювання ефективності організаційно-технологічних моделей управління, який базується на інтеграції організаційних, технологічних та енергетичних критеріїв у межах єдиної аналітичної системи. Обґрунтовано систему взаємозв'язків між цифровими технологіями, інформаційним моделюванням будівель, енергетичним менеджментом та процесами прийняття управлінських рішень. Сформовано інтегральний показник ефективності, що поєднує коефіцієнти організаційної ефективності, технологічної результативності та індекс енергоефективності із застосуванням вагового агрегування. Практичне застосування запропонованого підходу підтверджує можливість кількісного визначення резервів підвищення ефективності управління, оцінювання впливу цифровізації на результати реалізації будівельних проєктів і порівняння альтернативних організаційно-технологічних моделей. Концептуальна модель забезпечує формування замкненого циклу управління, у межах якого результати моніторингу використовуються для оперативного коригування організаційних і технологічних процесів.

Ключові слова: енергоефективне будівництво; організаційно-технологічні моделі; управління будівельними проєктами; оцінювання ефективності; цифровізація будівництва; BIM-технології; інтегральний показник; енергетичний менеджмент.

Постановка проблеми: Сучасний розвиток будівельної галузі характеризується посиленням вимог до енергоефективності будівель,

раціонального використання матеріальних і енергетичних ресурсів, цифровізації процесів управління та забезпечення сталого розвитку інвестиційно-будівельної діяльності. За таких умов традиційні організаційно-технологічні моделі, орієнтовані переважно на контроль вартості, строків виконання робіт і використання виробничих ресурсів, уже не забезпечують необхідного рівня адаптивності та комплексної результативності. Управління сучасними енергоефективними будівельними проєктами потребує інтеграції організаційних, технологічних, інформаційних та енергетичних процесів у межах єдиного цифрового середовища, що забезпечує координацію діяльності всіх учасників будівництва та своєчасне прийняття управлінських рішень. Разом із тим у науковій і прикладній площині залишається недостатньо опрацьованим питання комплексного оцінювання ефективності організаційно-технологічних моделей управління.

Метою статті є формування концептуальних підходів до оцінювання ефективності організаційно-технологічних моделей управління у сфері енергоефективного будівництва на основі інтеграції організаційних, технологічних, інформаційних та енергетичних складових у єдину систему підтримки управлінських рішень.

Аналіз останніх досліджень і публікацій: Проблематика формування організаційно-технологічних моделей управління енергоефективними будівельними проєктами набуває дедалі більшої актуальності у зв'язку з поширенням цифрових технологій, розвитком інформаційного моделювання будівель та необхідністю підвищення енергоефективності об'єктів будівництва. Значна частина сучасних наукових праць присвячена вдосконаленню організаційних механізмів реалізації будівельних проєктів, інтеграції BIM-технологій у процеси управління, розвитку систем енергетичного менеджменту та впровадженню концепції оцінювання життєвого циклу будівель. У сучасних наукових роботах значна увага приділяється розвитку інтегрованих організаційно-технологічних моделей, які забезпечують комплексне поєднання управлінських, технологічних та інформаційних процесів.

Виклад основного матеріалу: Підвищення вимог до раціонального використання енергетичних ресурсів, скорочення експлуатаційних витрат будівель та зменшення негативного впливу будівельної діяльності на навколишнє середовище обумовлює необхідність перегляду традиційних підходів до організації та управління будівельними проєктами. У зв'язку з цим особливого значення набуває формування організаційно-технологічних моделей, здатних забезпечити комплексну координацію процесів планування, проєктування, будівництва й подальшої експлуатації об'єктів із врахуванням вимог енергоефективності та принципів сталого розвитку [1].

Економічна сутність організаційно-технологічної моделі управління полягає у створенні інтегрованої системи взаємодії між учасниками інвестиційно-будівельного процесу, технологічними рішеннями, ресурсним забезпеченням та інформаційними потоками, яка дозволяє досягати визначених техніко-економічних і енергетичних показників із мінімальними витратами часу та ресурсів. Така модель не обмежується лише побудовою організаційної структури підприємства чи календарного плану виконання робіт, а охоплює механізми прийняття управлінських рішень, алгоритми взаємодії між усіма стейкхолдерами та систему контролю результативності реалізації проєкту [2].

З позиції системного аналізу організаційно-технологічна модель являє собою багаторівневу структуру, що поєднує організаційні, технологічні, інформаційні та економічні компоненти в єдиному управлінському середовищі. Її функціонування ґрунтується на принципах координації, адаптивності, безперервного інформаційного обміну та оптимізації ресурсних потоків. При цьому ефективність реалізації будівельного проєкту визначається не окремими локальними рішеннями, а узгодженістю функціонування всіх складових системи [4].

Особливістю енергоефективного будівництва є необхідність інтеграції енергетичних критеріїв у процес прийняття організаційних і технологічних рішень.

Управління енергоефективним будівництвом необхідно розглядати як інтегровану систему, що об'єднує стратегічне планування, організацію виробничих процесів, технологічне забезпечення, цифрове моделювання та енергетичний моніторинг. Відповідно, організаційно-технологічна модель виступає центральним елементом такої системи, забезпечуючи взаємозв'язок між управлінськими рішеннями, технологіями будівництва, ресурсним забезпеченням та результатами реалізації проєкту [5].

Важливим напрямом розвитку організаційно-технологічних моделей є інтеграція принципів енергетичного менеджменту відповідно до міжнародного стандарту ISO 50001. Використання такого підходу забезпечує безперервне вдосконалення процесів управління енергоспоживанням, створює основу для оцінювання результативності прийнятих управлінських рішень та сприяє формуванню системи контролю енергетичних показників протягом усього життєвого циклу будівлі [5].

Значний вплив на розвиток організаційно-технологічних моделей здійснює також концепція оцінювання життєвого циклу будівель (Life Cycle Assessment), яка передбачає комплексний аналіз екологічних та енергетичних характеристик об'єкта від етапу видобутку сировини до завершення експлуатації та утилізації конструкцій. Поєднання LCA-аналізу з

інформаційним моделюванням будівель дозволяє отримати інтегровані показники ефективності та сформувати більш обґрунтовані управлінські рішення.

Результати аналізу існуючих наукових підходів дозволяють стверджувати, що найбільшого поширення набули чотири базові типи організаційно-технологічних моделей, які відрізняються рівнем інтеграції цифрових інструментів, організаційною структурою та можливостями забезпечення енергоефективності. Для систематизації їх ключових характеристик сформовано порівняльну таблицю, що наведена у таблиці 1.

З урахуванням проведеного аналізу доцільно сформувати авторську структурну модель взаємозв'язку основних елементів управління енергоефективним будівельним проєктом. Вона відображає інтеграцію організаційної, технологічної, інформаційної та енергетичної складових і демонструє систему прямих та зворотних зв'язків між ними. Відповідну концепцію представлено на рисунку 1.

Запропонована концептуальна модель ґрунтується на принципі безперервної взаємодії між стратегічним управлінням, цифровими технологіями, технологічними процесами будівництва та системою моніторингу енергетичних показників. На відміну від традиційних підходів вона враховує необхідність оперативного коригування управлінських рішень на основі інформації, що надходить із цифрового середовища проєкту, забезпечуючи тим самим адаптивність організаційно-технологічної системи та підвищення її результативності.

Формування методичного інструментарію оцінювання ефективності організаційно-технологічних моделей управління виступає одним із визначальних етапів удосконалення системи реалізації енергоефективних будівельних проєктів. Незважаючи на значну кількість наукових досліджень у сфері будівельного менеджменту, більшість існуючих підходів зосереджена на аналізі окремих економічних, виробничих або технологічних показників, що не дозволяє сформувати цілісне уявлення про результативність функціонування організаційно-технологічної системи [7].

Комплексне оцінювання повинно базуватися на принципі багатокритеріальності, відповідно до якого рівень ефективності визначається не окремим показником, а сукупністю взаємопов'язаних характеристик, що відображають якість управління будівельним проєктом. При цьому особливу увагу доцільно приділяти рівню виконання організаційних функцій, дотриманню технологічних регламентів, ефективності використання ресурсів та досягненню встановлених показників енергоефективності [5].

Таблиця 1.

Порівняльна характеристика сучасних організаційно-технологічних моделей управління енергоефективними будівельними проєктами

(розроблено автором на основі [5])

Тип моделі	**Організаційна основа**	**Технологічне забезпечення**	**Основні переваги**	**Обмеження**
Традиційна функціональна	Ієрархічна структура управління	Послідовне виконання процесів	Простота реалізації	Низька гнучкість та відсутність цифрової інтеграції
Процесно-орієнтована	Управління бізнес-процесами	Координація виробничих етапів	Скорочення втрат часу	Потребує високого рівня координації
BIM-орієнтована	Єдиний інформаційний простір	Інформаційне моделювання будівель	Висока точність планування	Значні витрати на впровадження
Інтегрована енергоефективна	Комплексна взаємодія всіх учасників	BIM + LCA + енергоменеджмент	Максимізація енергоефективності та якості управління	Високі вимоги до цифрової зрілості підприємства

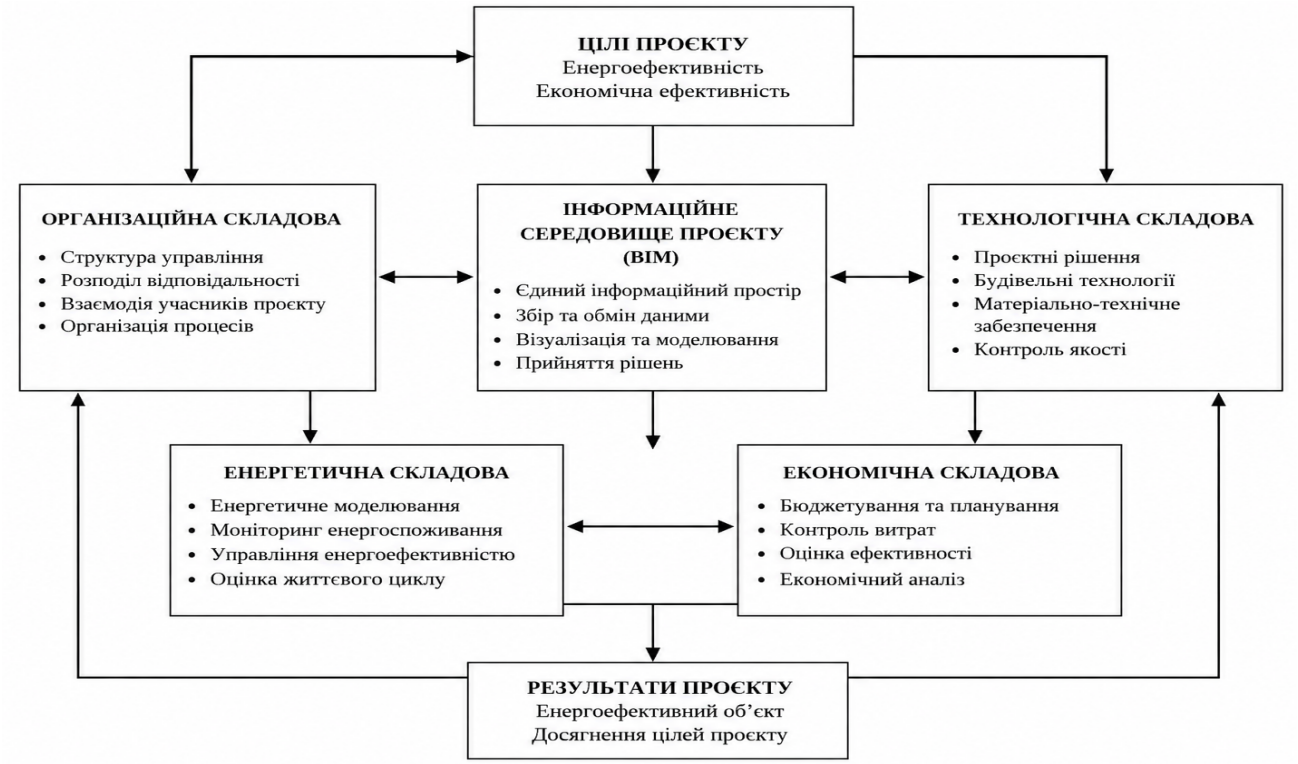


Рис. 1. Концептуальна схема взаємодії організаційних та технологічних складових управління енергоефективним будівельним проєктом.
(*розроблено автором на основі [1, 2]*)

На основі проведеного аналізу пропонується сформувати систему критеріїв оцінювання, яка включає три основні групи показників: організаційну

ефективність, технологічну результативність та енергетичну ефективність. Організаційна складова характеризує ступінь досягнення запланованих управлінських параметрів і відображає якість координації діяльності учасників будівельного процесу [3].

Для кількісної оцінки організаційної складової пропонується використовувати коефіцієнт організаційної ефективності:

$$K_{org} = \frac{P_f}{P_p}, \quad (1)$$

де: P_f – фактичне значення організаційного показника; P_p – його планове значення.

Даний коефіцієнт характеризує ступінь виконання встановлених організаційних цілей та дозволяє оцінити ефективність функціонування системи управління. Якщо його значення дорівнює одиниці, це свідчить про повне досягнення запланованих результатів, тоді як менші значення вказують на існування організаційних резервів підвищення ефективності.

Для оцінювання технологічної складової пропонується застосовувати коефіцієнт технологічної результативності:

$$K_{tech} = \frac{T_p}{T_f}, \quad (2)$$

де: T_p – планова тривалість виконання будівельних робіт; T_f – фактична тривалість реалізації проєкту.

Запропонований показник відображає ефективність технологічної організації виробництва та ступінь дотримання календарного графіка. Його зростання свідчить про скорочення термінів виконання робіт і, відповідно, підвищення продуктивності організаційно-технологічної системи.

Третім базовим індикатором виступає індекс енергоефективності проєкту:

$$I_{en} = \frac{E_b - E_p}{E_b}, \quad (3)$$

де: E_b – базове значення питомого енергоспоживання; E_p – значення енергоспоживання після реалізації заходів.

Цей показник характеризує відносне скорочення енергетичних витрат та дозволяє оцінити результативність упровадження енергоощадних технологій.

Оскільки наведені показники характеризують різні аспекти функціонування організаційно-технологічної моделі, доцільним є їх інтегрування в єдиний комплексний індекс. Для цього пропонується використовувати інтегральний показник ефективності:

$$I_{int} = w_1 K_{org} + w_2 K_{tech} + w_3 I_{en}, \quad (4)$$

де: w_1, w_2, w_3 – вагові коефіцієнти окремих складових, причому:
$w_1 + w_2 + w_3 = 1.$

Запропонований математичний апарат дозволяє адаптувати модель до особливостей конкретного будівельного проєкту шляхом зміни питомої ваги окремих критеріїв.

Для демонстрації практичного застосування методики розглянемо умовний приклад оцінювання ефективності організаційно-технологічної моделі.

Припустимо, що фактичне виконання організаційних показників становило 97%, тоді як планове дорівнювало 100 %. У такому випадку коефіцієнт організаційної ефективності становитиме:

$$K_{org} = \frac{97}{100} = 0{,}97.$$

Далі припустимо, що планова тривалість реалізації будівельного проєкту складала 24 місяці, а фактична – 25 місяців. Відповідно:

$$K_{tech} = \frac{24}{25} = 0{,}96.$$

На наступному етапі визначається індекс енергоефективності. Якщо базове питоме енергоспоживання дорівнювало 200 кВт·год/м² на рік, а після реалізації проєкту скоротилося до 140 кВт·год/м², отримаємо:

$$I_{en} = \frac{200 - 140}{200} = 0{,}30.$$

Для інтегральної оцінки приймемо вагові коефіцієнти:

w_1=0,35; w_2=0,35; w_3=0,30.

Тоді інтегральний показник ефективності становитиме:

$$I_{int} = 0{,}35 \times 0{,}97 + 0{,}35 \times 0{,}96 + 0{,}30 \times 0{,}30,$$

$$I_{int} = 0{,}3395 + 0{,}3360 + 0{,}0900 = 0{,}7655.$$

Отриманий результат свідчить про достатньо високий рівень ефективності досліджуваної організаційно-технологічної моделі, хоча окремі напрями управління залишають потенціал для подальшого вдосконалення [9].

Для перевірки стійкості запропонованої моделі проведено аналіз чутливості інтегрального індексу. Припустимо, що завдяки впровадженню BIM-технологій та автоматизованого планування фактична тривалість будівництва скоротилася до 22 місяців.

У цьому випадку коефіцієнт технологічної результативності становитиме:

$$K_{tech} = \frac{24}{22} = 1{,}091.$$

Інтегральний показник набуде значення:

$$I_{int} = 0{,}35 \times 0{,}97 + 0{,}35 \times 1{,}091 + 0{,}30 \times 0{,}30,$$

$$I_{int} = 0{,}3395 + 0{,}3819 + 0{,}0900 = 0{,}8114.$$

Порівняння результатів показує, що скорочення лише одного параметра – тривалості виконання робіт – забезпечує підвищення інтегрального показника з 0,766 до 0,811, тобто майже на 6 %. Це підтверджує високу чутливість запропонованої методики до технологічної складової та свідчить про доцільність впровадження цифрових інструментів управління будівельними процесами [10].

Практична апробація запропонованого методичного підходу доцільно виконана на прикладі діяльності ПрАТ «Холдингова компанія «Київміськбуд», яке реалізує масштабні девелоперські проєкти житлового та громадського призначення та активно впроваджує сучасні цифрові технології управління будівництвом [10].

Перший етап практичного оцінювання передбачав аналіз існуючої організаційно-технологічної моделі управління, у межах якого було досліджено рівень виконання календарних планів, ступінь цифровізації управлінських процесів, ефективність використання ресурсів та показники енергоспоживання об'єктів. Отримані результати свідчать про достатньо високий рівень організації виробництва, проте виявляють наявність резервів, пов'язаних із підвищенням рівня інтеграції інформаційних потоків, автоматизацією контролю виконання робіт та удосконаленням координації між учасниками проєкту [11].

Для наочного відображення змін інтегрального показника ефективності до та після впровадження запропонованих заходів сформовано рисунок 2, який демонструє позитивну тенденцію зростання узагальнюючого індексу в результаті реалізації комплексу організаційно-технологічних рішень [4].



Рис. 2. Динаміка інтегрального показника ефективності організаційно-технологічної моделі в умовах впровадження заходів з енергоефективності (*розроблено автором на основі [4])*

Порівняння питомої ваги окремих факторів доцільно представити у вигляді рисунку 3, що забезпечує наочне відображення їх внеску в загальний рівень ефективності.

У процесі практичної апробації також виконано серію проміжних розрахунків, які включали визначення абсолютних і відносних відхилень між фактичними та прогнозними показниками, обчислення темпів приросту інтегрального індексу та оцінювання чутливості моделі до зміни окремих параметрів [8]. Проведений аналіз підтвердив, що впровадження цифрових механізмів управління та автоматизації координації виробничих процесів дозволяє забезпечити прогнозне підвищення інтегрального показника ефективності на 5–8 %, а скорочення тривалості реалізації будівельних робіт — до 10 % без додаткового збільшення ресурсних витрат.

Результати теоретичного дослідження та практичної апробації підтверджують необхідність переходу від локального вдосконалення окремих управлінських процедур до формування цілісної концептуальної моделі, орієнтованої на підвищення ефективності організаційно-технологічного управління енергоефективними будівельними проєктами. Основною особливістю запропонованого підходу є інтеграція організаційних, технологічних, інформаційних та енергетичних компонентів у межах єдиного

цифрового середовища, що забезпечує узгодженість управлінських рішень та їх адаптацію до змін внутрішніх і зовнішніх умов реалізації проєкту [9].

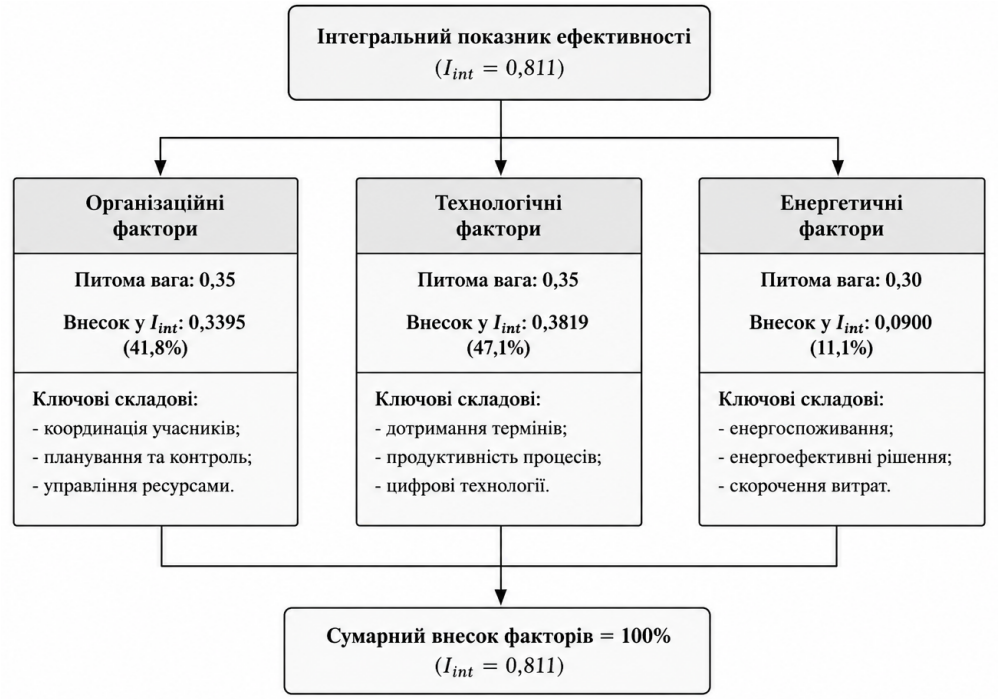


Рис. 3. Порівняння внеску організаційних, технологічних та енергетичних факторів у загальний інтегральний показник (*розроблено автором на основі [10])*

Концептуальна модель ґрунтується на принципах системності, цифрової трансформації, безперервного моніторингу та адаптивного управління. Її функціонування передбачає поєднання інструментів інформаційного моделювання будівель (BIM), систем енергетичного менеджменту, засобів аналітичної обробки даних і механізмів оцінювання ефективності в єдиному контурі підтримки управлінських рішень.

На основі проведених досліджень запропоновано авторську концептуальну модель підвищення ефективності організаційно-технологічного управління, яка поєднує чотири взаємопов'язані блоки: стратегічне управління проєктом, цифрове інформаційне забезпечення, організаційно-технологічне планування та систему оцінювання інтегральної ефективності [8]. Взаємодія зазначених блоків формує замкнений цикл управління, у якому результати моніторингу використовуються для постійного вдосконалення прийнятих управлінських рішень. Запропоновану структуру доцільно представити на рисунку 4.

Практична реалізація концептуальної моделі передбачає послідовне впровадження цифрових платформ управління, автоматизацію процесів збору та аналізу інформації, інтеграцію показників енергоефективності до системи

моніторингу проєкту та використання інтегрального індексу як інструменту підтримки управлінських рішень.

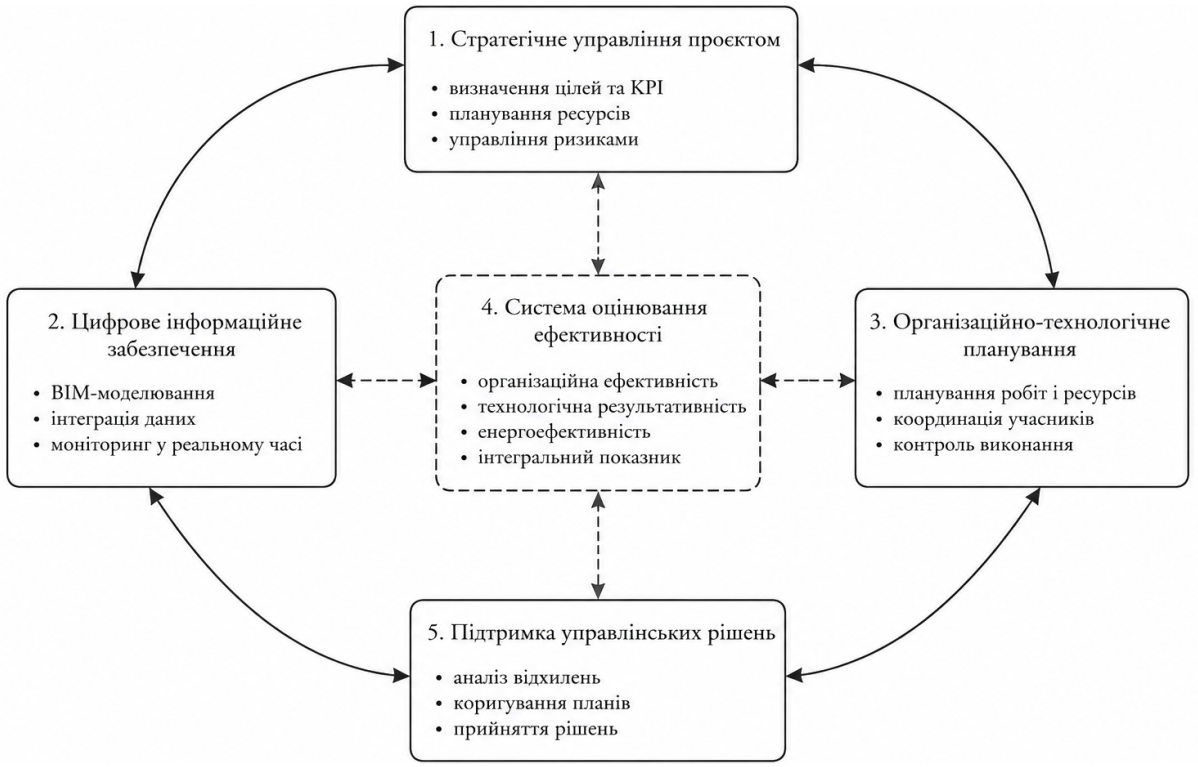


Рис. 4. Концептуальна модель оцінювання та підвищення ефективності організаційно-технологічного управління енергоефективними будівельними проєктами *(розроблено автором на основі [11])*

Висновок

За результатами прогнозного оцінювання очікується, що комплексне впровадження запропонованої концепції дозволить забезпечити скорочення тривалості реалізації будівельних проєктів на 8–12 %, зниження питомого енергоспоживання будівель на 15–20 %, а також підвищення інтегрального показника ефективності організаційно-технологічної моделі в середньому на 7–10 % залежно від рівня цифрової зрілості підприємства. При цьому найбільший позитивний ефект досягається за рахунок синергетичної взаємодії організаційних і технологічних факторів, що підтверджує доцільність використання комплексного підходу до управління енергоефективними будівельними проєктами.

Отже, запропонована концептуальна модель створює науково-практичне підґрунтя для вдосконалення організаційно-технологічного управління у сфері енергоефективного будівництва та забезпечує можливість інтегрованого оцінювання результативності управлінських рішень на основі поєднання організаційних, технологічних, цифрових та енергетичних критеріїв. Її використання сприятиме підвищенню конкурентоспроможності будівельних

підприємств, ефективнішому використанню ресурсів та досягненню стратегічних цілей сталого розвитку галузі.

Література

1. Pastukhova S., Arutiunian I., Azhazha M. Improvement of organizational and technological solutions considering energy efficiency principles and sustainable development in civil construction // *Ways to Improve Construction Efficiency*. 2025. Vol. 2, No. 55. P. 189–198. DOI: https://doi.org/10.32347/2707-501x.2025.55(2).189-198.

2. Герасюта К.А. Удосконалення розробки та реалізації управлінських рішень на підприємстві : кваліфікаційна робота на здобуття ОС «Бакалавр» за спеціальністю 073 «Менеджмент» / наук. керівник О.В. Лебеденко: Дніпровський державний аграрно-економічний університет. Дніпро, 2025. 72 с. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://dspace.dsau.dp.ua/handle/123456789/12814

3. Приходько О.Д. *Інноваційний розвиток організації в умовах післявоєнної перебудови України* : кваліфікаційна робота за спеціальністю 073 «Менеджмент» / наук. керівник І.М. Труш; Західноукраїнський національний університет. Тернопіль, 2025. 46 с. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://api.dspace.wunu.edu.ua/api/core/bitstreams/7d6b5882-7596-40cb-bf86-c6836827acc4/content

4. Halushko D. Conceptual formation of a system-integrated organizational and technological model of energy-efficient construction // *Ways to Improve Construction Efficiency*. 2025. Vol. 1, No. 56. P. 123–131. DOI: https://doi.org/10.32347/2707-501x.2025.56(1).123-131.

5. Цапура Р.В. *Облік, контроль і аналіз процесу виробництва продукції (товарів, робіт, послуг) / Accounting, Control and Analysis of the Production Process* : кваліфікаційна робота за спеціальністю 071 «Облік і оподаткування» / Західноукраїнський національний університет, Вінницький навчально-науковий інститут економіки, кафедра економіки, обліку та оподаткування. Вінниця, 2025. 47 с. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://api.dspace.wunu.edu.ua/api/core/bitstreams/7463a80f-c4e8-4380-952f-e39fc74f25da/content

6. Касьяненко В.О. *Інноваційний потенціал економіки України: теорія та практика формування, оцінювання і використання* : монографія. Суми : Вид-во Сумського державного університету, 2013. 602 с. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: http://essuir.sumdu.edu.ua/handle/123456789/31082

7. Герлянд Т.М., Гоменюк Д.В., Дрозіч І.А., Каленський А.А., Пащенко Т.М., Пятничук Т.В. *Формування енергоефективної компетентності майбутніх кваліфікованих робітників будівельної галузі* : методичний посібник. Київ : Інститут професійної освіти НАПН України, 2025. 176 с. ISBN 978-617-8167-29-5. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://lib.iitta.gov.ua/id/eprint/747399/1/%D0%9C%D0%B5%D1%82%D0%BE%D0%B4%D0%B8%D1%87%D0%BD%D0%B8%D0%B9%20%D0%BF%D0%BE%D1%81%D1%96%D0%B1%D0%BD%D0%B8%D0%BA_.pdf

8. Клименко Є.В. *Аналіз та оцінювання фінансового стану й перспектив економічного розвитку підприємства* : кваліфікаційна робота на здобуття ступеня бакалавра за спеціальністю 072 «Фінанси, банківська справа та страхування» / наук. кер. Т. В. Касьяненко. Суми : Сумський державний університет, 2024. 66 с. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://essuir.sumdu.edu.ua/handle/123456789/95882

9. Мельник О.Г., Логвиненко Ю.Л. Індикатори оцінювання ефективності зовнішньоекономічної діяльності підприємства // *Вісник Національного університету «Львівська політехніка». Серія: Менеджмент та підприємництво в Україні: етапи становлення і проблеми розвитку*. 2007. № 599. С. 124–130. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://ena.lpnu.ua/handle/ntb/35536

10. ПрАТ «Холдингова компанія «Київміськбуд». Офіційний сайт. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://kmb.ua/ua/

11. Чуприна Ю.А. Методологія когнітивно-інтеграційного управління організаційно-технологічною складністю будівельних систем // Містобудування та територіальне планування. 2026. № 91. С. 518–530. DOI: https://doi.org/10.32347/2076-815x.2026.91.518-530. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://doi.org/10.32347/2076-815x.2026.91.518-530

12. Алексєєнко В.О., Чуприна Ю.А. Побудова інтегрованої концепції цифрового реінжинірингу організаційних структур управління будівельними підприємствами // Формування ринкових відносин в Україні. 2026. № 4 (299). С. 64–76. DOI: https://doi.org/10.66416/2522-1620.4.2026.64-76.

Kozak Taras,
Kyiv National University of Construction and Architecture, Kyiv

CONCEPTUAL APPROACHES TO ASSESSING THE EFFECTIVENESS OF ORGANIZATIONAL AND TECHNOLOGICAL MANAGEMENT MODELS IN THE FIELD OF ENERGY-EFFICIENT CONSTRUCTION

Increasing requirements for the energy efficiency of buildings, the digital transformation of the construction industry, and the implementation of sustainable development principles necessitate the improvement of organizational and technological management models for construction projects. The effective integration of organizational, technological, informational, and energy-related components creates the foundation for enhancing the performance of investment and construction processes throughout the entire life cycle of a facility. A conceptual approach to the comprehensive assessment of the effectiveness of organizational and technological management models is proposed, based on the integration of organizational, technological, and energy-related criteria within a unified analytical framework. A system of interrelationships between digital technologies, Building Information Modeling (BIM), energy management, and managerial decision-making processes is substantiated. An integrated efficiency indicator is developed by combining the organizational efficiency coefficient, technological performance coefficient, and energy efficiency index using a weighted aggregation approach. The practical application of the proposed methodology confirms its capability to quantitatively identify management efficiency reserves, assess the impact of digitalization on construction project performance, and compare alternative organizational and technological management models. The conceptual model ensures the establishment of a closed-loop management cycle in which monitoring results are continuously used to promptly adjust organizational and technological processes. The implementation of the integrated approach provides a sound basis for improving the validity of

managerial decisions, reducing construction project implementation time, decreasing energy consumption, and strengthening the competitiveness of construction enterprises under the conditions of the industry's digital transformation.

Keywords: energy-efficient construction, organizational and technological models, construction project management, efficiency assessment, construction digitalization, Building Information Modeling (BIM), integrated efficiency indicator, energy management.

REFERENCES

1. Pastukhova S., Arutiunian I., Azhazha M. Improvement of organizational and technological solutions considering energy efficiency principles and sustainable development in civil construction. *Ways to Improve Construction Efficiency*. 2025. Vol. 2, No. 55. P. 189–198. DOI: https://doi.org/10.32347/2707-501x.2025.55(2).189-198. {in English}

2. Herasiuta K.A. *Improvement of the Development and Implementation of Managerial Decisions at an Enterprise*: Bachelor's Qualification Thesis in Specialty 073 "Management" / Scientific supervisor O.V. Lebedenko; Dnipro State Agrarian and Economic University. Dnipro, 2025. 72 p. [Electronic resource]. Available at: https://dspace.dsau.dp.ua/handle/123456789/12814 {in Ukrainian}

3. Prykhodko O.D. *Innovative Development of an Organization under the Conditions of Ukraine's Post-War Reconstruction*: Qualification Thesis in Specialty 073 "Management" / Scientific supervisor IM. Trush; West Ukrainian National University. Ternopil, 2025. 46 p. [Electronic resource]. Available at: https://api.dspace.wunu.edu.ua/api/core/bitstreams/7d6b5882-7596-40cb-bf86-c6836827acc4/content {in Ukrainian}

4. Halushko D. Conceptual formation of a system-integrated organizational and technological model of energy-efficient construction. *Ways to Improve Construction Efficiency*. 2025. Vol. 1, No. 56. P. 123–131. DOI: https://doi.org/10.32347/2707-501x.2025.56(1).123-131. {in English}

5. Tsapura R.V. *Accounting, Control and Analysis of the Production Process (Goods, Works and Services) / Accounting, Control and Analysis of the Production Process*: Qualification Thesis in Specialty 071 "Accounting and Taxation"; West Ukrainian National University, Vinnytsia Educational and Scientific Institute of Economics, Department of Economics, Accounting and Taxation. Vinnytsia, 2025. 47 p. [Electronic resource]. Available at: https://api.dspace.wunu.edu.ua/api/core/bitstreams/7463a80f-c4e8-4380-952f-e39fc74f25da/content {in Ukrainian and English}

6. Kasianenko V.O. *Innovative Potential of the Economy of Ukraine: Theory and Practice of Formation, Assessment and Utilization*: Monograph. Sumy:

Sumy State University Publishing House, 2013. 602 p. [Electronic resource]. Available at: http://essuir.sumdu.edu.ua/handle/123456789/31082 {in Ukrainian}

7. Herliand T.M., Homeniuk D.V., Drozich I.A., Kalenskyi A.A., Pashchenko T.M., Piatnychuk T. V. *Development of Energy Efficiency Competence of Future Skilled Workers in the Construction Industry*: Methodological Guide. Kyiv: Institute of Vocational Education of the National Academy of Educational Sciences of Ukraine, 2025. 176 p. ISBN 978-617-8167-29-5. [Electronic resource]. Available at: https://lib.iitta.gov.ua/id/eprint/747399/1/%D0%9C%D0%B5%D1%82%D0%BE%D0%B4%D0%B8%D1%87%D0%BD%D0%B8%D0%B9%20%D0%BF%D0%BE%D1%81%D1%96%D0%B1%D0%BD%D0%B8%D0%BA_.pdf {in Ukrainian}

8. Klymenko Ye.V. *Analysis and Assessment of the Financial Condition and Prospects for Economic Development of an Enterprise*: Bachelor's Qualification Thesis in Specialty 072 "Finance, Banking and Insurance" / Scientific supervisor T. V. Kasianenko. Sumy: Sumy State University, 2024. 66 p. [Electronic resource]. Available at: https://essuir.sumdu.edu.ua/handle/123456789/95882 {in Ukrainian}

9. Melnyk O.H., LohvynenkoYu. L. Indicators for Assessing the Efficiency of Foreign Economic Activity of an Enterprise. *Bulletin of Lviv Polytechnic National University. Series: Management and Entrepreneurship in Ukraine: Stages of Formation and Problems of Development*. 2007. No. 599. P. 124–130. [Electronic resource]. Available at: https://ena.lpnu.ua/handle/ntb/35536 {in Ukrainian}

10. PJSC Kyivmiskbud Holding Company. Official website. [Electronic resource]. Available at: https://kmb.ua/ua/ {in Ukrainian}

11. Chupryna Yu.A. Methodology of Cognitive-Integrated Management of the Organizational and Technological Complexity of Construction Systems. *Urban Planning and Territorial Planning*. 2026. No. 91. P. 518–530. DOI: https://doi.org/10.32347/2076-815x.2026.91.518-530. [Electronic resource]. Available at: https://doi.org/10.32347/2076-815x.2026.91.518-530 {in Ukrainian}

12. Aleksieienko V.O., Chupryna Yu.A. Development of an Integrated Concept of Digital Reengineering of Organizational Management Structures of Construction Enterprises. *Formation of Market Relations in Ukraine*. 2026. No. 4 (299). P. 64–76. DOI: https://doi.org/10.66416/2522-1620.4.2026.64-76. {in Ukrainian}

DOI: 10.32347/2076-815x.2026.93.488-501
УДК 624.04

к.т.н., доцент **Корнеєва І.Б.,**
ikorneeva@odaba.edu.ua, ORCID: 0000-0002-0104-6938,
к.т.н., доцент **Нєутов С.П.,**
neutov.stepan@odaba.edu.ua, ORCID: 0000-0002-0132-124X,
д.т.н., професор **Сур'янінов М.Г.,**
sng@odaba.edu.ua, ORCID: 0000-0003-2592-5221,
Одеська державна академія будівництва та архітектури

ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ТРІЩИНОСТІЙКОСТІ ПОЛОГИХ ОБОЛОНОК

Роботу присвячено експериментальним дослідженням та порівнянню тріщиностійкості залізобетонної та фібробетонної пологих оболонок. Питання несучої здатності, деформативності та тріщиностійкості бетонних і сталефібробетонних пологих оболонок давно привертають увагу вчених, але виявляються дуже складними, оскільки фібробетон – композиційний матеріал. У зв'язку з цим особлива увага приділяється експериментальним методам дослідження та комп'ютерного моделювання з наступним чисельним аналізом. Однак публікацій, які відображають результати таких досліджень, дуже мало. Для проведення досліджень розроблена конструкція стенду для випробувань пологої оболонки, що створює можливость визначення несучої здатності оболонки, дозволяє вимірювати деформації в різних частинах поверхні оболонки й відстежувати процес утворення та розвитку тріщин на всіх етапах навантаження з можливістю вимірювання ширини їхнього розкриття. Навантаження, відповідне початку тріщиноутворення залізобетонної пологої оболонки, склало 50,0 кН, а сталефібробетонної – 70,0 кН , тобто збільшення становить 40%. Перша тріщина у залізобетонної пологої оболонки з'явилася на 10 ступені завантаження при значенні 50,0 кН, а у фібробетонної пологої оболонки – на 14 ступені завантаження при значенні 70,0 кН.

Кінцева ширина розкриття тріщин виявилася більшою для фібробетонної оболонки в 2,4 рази. Загалом до втрати несучої здатності у бетонній оболонці утворилося вісімнадцять тріщин, а у фібробетонній – двадцять дев'ять тріщин. Отримані результати показують переваги фібробетону і доводять доцільність його застосування для виготовлення пологих оболонок..

Ключові слова: пологa оболонка; стенд; бетон; сталефібробетон; експеримент; тріщиноутворення; несуча здатність.

Вступ. Пологі оболонки на прямокутному плані дуже широко застосовуються в будівництві (спортивні споруди, заводські цехи, ангари, аеропорти та ін.), оскільки внаслідок напружено-деформованого стану, що виникає в них, відкривається можливість перекривати великі протранства без встановлення проміжних опор. Така конструкція працює переважно на стиск, а згинальні моменти в центральній її частині практично відсутні. Звідси – мінімальна витрата матеріалів.

Аналіз літературних джерел показує суперечності теоретичних робіт та експериментальних даних, незначну кількість робіт, присвячених вивченню тріщиностійкості залізобетонних і фібробетонних пологих оболонок, що сприяє проведенню нових досліджень. Отже, тема роботи є актуальною.

Аналіз попередніх досліджень. Основний внесок у розробку теорії розрахунку пологих оболонок зробили вітчизняні та зарубіжні вчені В.З. Власов, А.Л. Гольденвейзер, А.Р. Ржаніцин, В.В. Новожилов, І.Н. Слєзінгер, Г.В. Колосов, Н.І. Мусхелішвілі, Л.Г. Доннелл, Дж. Оден, Albert Marguerre, Eric Reissner, William Prager, Warner T. Koiter та ін.

Подальший розвиток теорія отримала на роботах С.О. Амбарцумяна, І.Я. Аміро, В.А. Баженова, В.В. Болотіна, Д. Бушнелла, О.С. Вольміра, І.І. Воровича, К.З. Галімова, О.Я. Григоренка, О.М. Гузя, В.О. Заруцького, П.П. Лізунова, Х.М. Муштарі, В.Г. Піскунова, С.П. Тимошенка, В.М. Трача та ін.

Дослідження у цьому напрямі особливо посилилися з появою нових матеріалів. Розглянемо деякі сучасні роботи. У роботі [1] наведено способи підвищення несучої здатності пологих залізобетонних оболонок змінної кривизни з попередньо напруженим контуром і закріплених зверху горизонтальними арматурами двох протилежних контурних елементів. Визначення напружено-деформованого стану та розрахунок композитних оболонок здійснено у [2]. У статті [3] розглянуто напружено-деформований стан товстостінної пологої оболонки за умов стисливості матеріалу та нелінійного закону зміцнення. Використовуючи рівняння зв'язку між напруженнями та деформаціями за методом змінних параметрів пружності, отримано інтегральне рівняння сумісності логарифмічних деформацій. Чисельно досліджено напружено-деформований стан пологої залізобетонної оболонки від'ємної подвійної кривизни Гауса у роботі [4].

У [5, 6] представлено експериментальні та числові дослідження поведінки напруження-деформації та несучої здатності пологої сферичної бетонної оболонки, виготовленої за допомогою 3D-друку методом екструзії. Для створення нелінійної теорії повзучості у [6] вихідна оболонка замінюється суцільною еквівалентною пружною оболонкою. Для визначення напружено-деформованого стану конструкції виводяться рівняння нелінійної повзучості та

росту тріщин, а також створюється деформаційна модель перерізу. Вплив різних факторів на параметри руйнування, кути початку тріщин та пластичні зони пологих оболонок з тріщинами досліджено у [7]. У роботі [8] представлено нову методологію аналізу надійності на втому з використанням методу неявного диференціювання на основі методу подвійних граничних елементів у пологих оболонкових конструкціях. Авторами [9] досліджено задачу про розтяг підсиленої покриттям циліндричної оболонки з поздовжньою тріщиною.

У [10] розглянуто експлуатаційні характеристики пологих залізобетонних оболонок з шарнірними опорами по периметру. У роботі [11] формулюється динамічна теорія пологих оболонок, яка потім зводиться до одного вирішального інтегро-диференціального рівняння.

На жаль практично відсутні дослідження пологих фібробетонних оболонок. Відмітимо тільки роботу [12], де досліджується використання волокнисто-армованих полімерів (FRP), зокрема базальтового FRP (BFRP), а також статті [13-16], у яких розглядаються деякі проблеми, пов'язані з фібробетонними пологими оболонками.

Мета. Метою роботи було експериментальне дослідження та порівняння тріщиностійкості залізобетонної та фібробетонної пологих оболонок.

Матеріали та методи дослідження. Навантаження прикладалось невеликими ступенями для детального вивчення процесу деформування оболонки. На кожній ступені двічі фіксувалися показання приладів, а також, починаючи з моменту утворення першої тріщини, вимірювалася ширина розкриття тріщин. Як вимірювальні прилади використовувалися індикатори годинного типу, прогиноміри і трубка Брінелля. Випробування проводились у лабораторії кафедри будівельної механіки ОДАБА.

Результати та обговорення.

Випробувальний стенд та методика проведення експериментів

Для дослідження пологих оболонок було запроектовано та виготовлено спеціальний стенд. Основна ідея при проєктуванні стенду полягала у створенні можливості визначення несучої здатності оболонки. При цьому ставилося завдання забезпечити рівномірний розподіл навантаження по всій поверхні, що відповідає реальним умовам роботи. Передбачалася блокова система навантаження, яка дозволяє вимірювати не тільки деформації в різних частинах поверхні оболонки, а й відстежувати процес утворення та розвитку тріщин на всіх етапах навантаження з можливістю вимірювання ширини їхнього розкриття.

Стенд, схему якого представлено на рис. 1, складається з чотирьох опорних стійок 7, на які спирається силова рама 8.

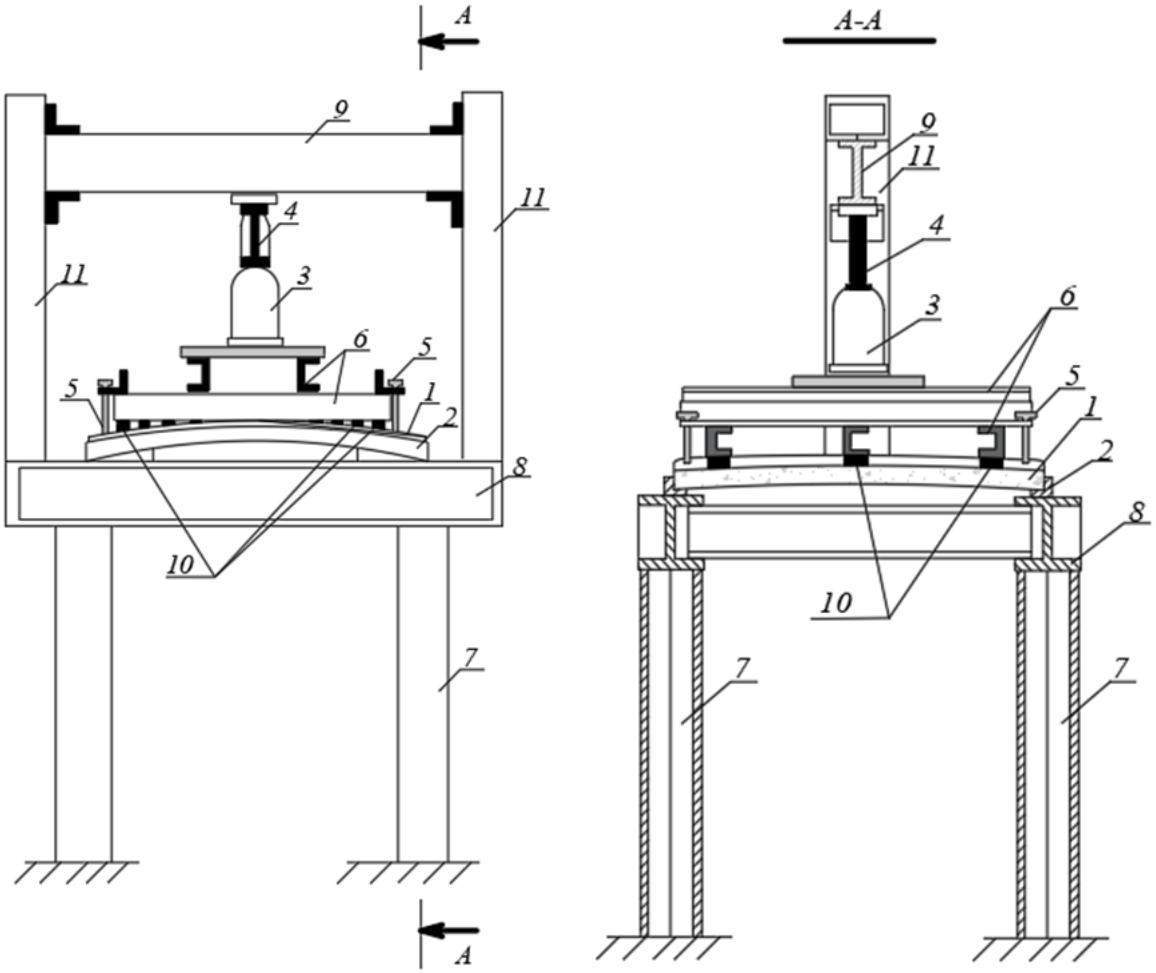


Рис. 1. Схема випробувального стенду: 1 – полога оболонка; 2 – металева рама, що виконує роль шарнірно-нерухомої опори; 3 – домкрат; 4 – зразковий динамометр; 5 – монтажні болти; 6 – дворівнева перехресно-балкова система; 7 – опорні стійки; 8 – металева силова рама; 9 – верхня балка навантаження; 10 – добірні елементи; 11 – стійки навантаження.

Досліджувана оболонка малої кривизни 1 по всьому периметру спирається, а практично втоплена, в жорсткій металевій рамі 2, виконаної з рівнобічного кутика 50х50х2мм. Рама 2, що приварена до силової рами 8, повністю повторює обрис торцевої поверхні оболонки та виконує роль шарнірно-нерухомої опори. На верхню поверхню оболонки встановлюють дворівневу перехресно-балкову систему 6. За допомогою чотирьох болтів 5 дворівнева система встановлюється в горизонтальне положення. Після цієї процедури в зазори між балками перехресно-балкової системи і поверхнею оболонки встановлюють металеві добірні елементи 10, які передають навантаження з балок на криволінійну поверхню оболонки. Навантаження оболонки здійснюється за допомогою гідравлічного домкрата 3. Рівень навантаження контролюється зразковим 500 кН динамометром 4, який упирається у верхню балку навантаження 9. Балка навантаження 9 за допомогою зварювання з'єднана з силовими стійками 11.

Виготовлені та випробувані дві пологі оболонки, одна бетонна, друга — зі

сталефібробетону. Розміри оболонок в плані 900х900 мм, товщина 50 мм (рис.2). Позначення оболонок: з бетону **– ПОБ,** зі сталефібробетону **– ПОФБ.**

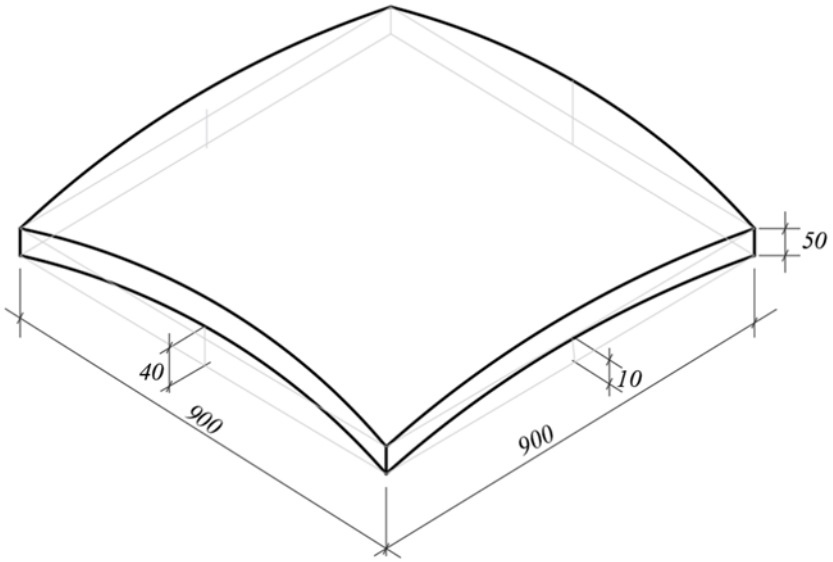


Рис. 2. Досліджувана оболонка.

Отримані в результаті експерименту руйнівне навантаження і навантаження початку тріщиноутворення в табл. 1.

Таблиця 1

Руйнівне навантаження і навантаження початку тріщиноутворення

Конструкція	Навантаження на початку тріщиноутворення, кН	Несуча здатність, кН
ПОБ	50	120
ПОФБ	70	170

Тріщиностійкість

Характер тріщиноутворення оболонок наведено на рис. 3, 4.

Маркером на від'ємній поверхні оболонки відмічалися тріщини, римською цифрою номер ступеню навантаження, арабською – номер тріщини. За допомогою трубки Брінелля фіксувалася ширина розкриття тріщин. В процесі тріщиноутворення тензодатчики, наклеєні на верхню поверхню оболонки, поступово виходили з ладу. Тензодатчик 5, наклеєний в розтягнутій зоні на сталефібробетонну оболонку вийшов з ладу через перерізавшу його тріщину.

Дані про тріщиноутворення зведені до табл. 2, 3.

Перша тріщина на ПОБ з'явилася на 10 ступені завантаження при значенні 50,0 кН, на ПОФБ – на 14 ступені завантаження при значенні 70,0 кН, з чого можна зробити висновок що полога оболонка з фіброю витримує на 40 % більше навантаження до появи тріщин. Після збільшення навантаження, на

Наступній, 11 ступені, у бетонній оболонці з'явилися ще дві тріщини, а у фібробетонній – ще чотири тріщини. Наочно це показано на рис. 7.19-7.20.

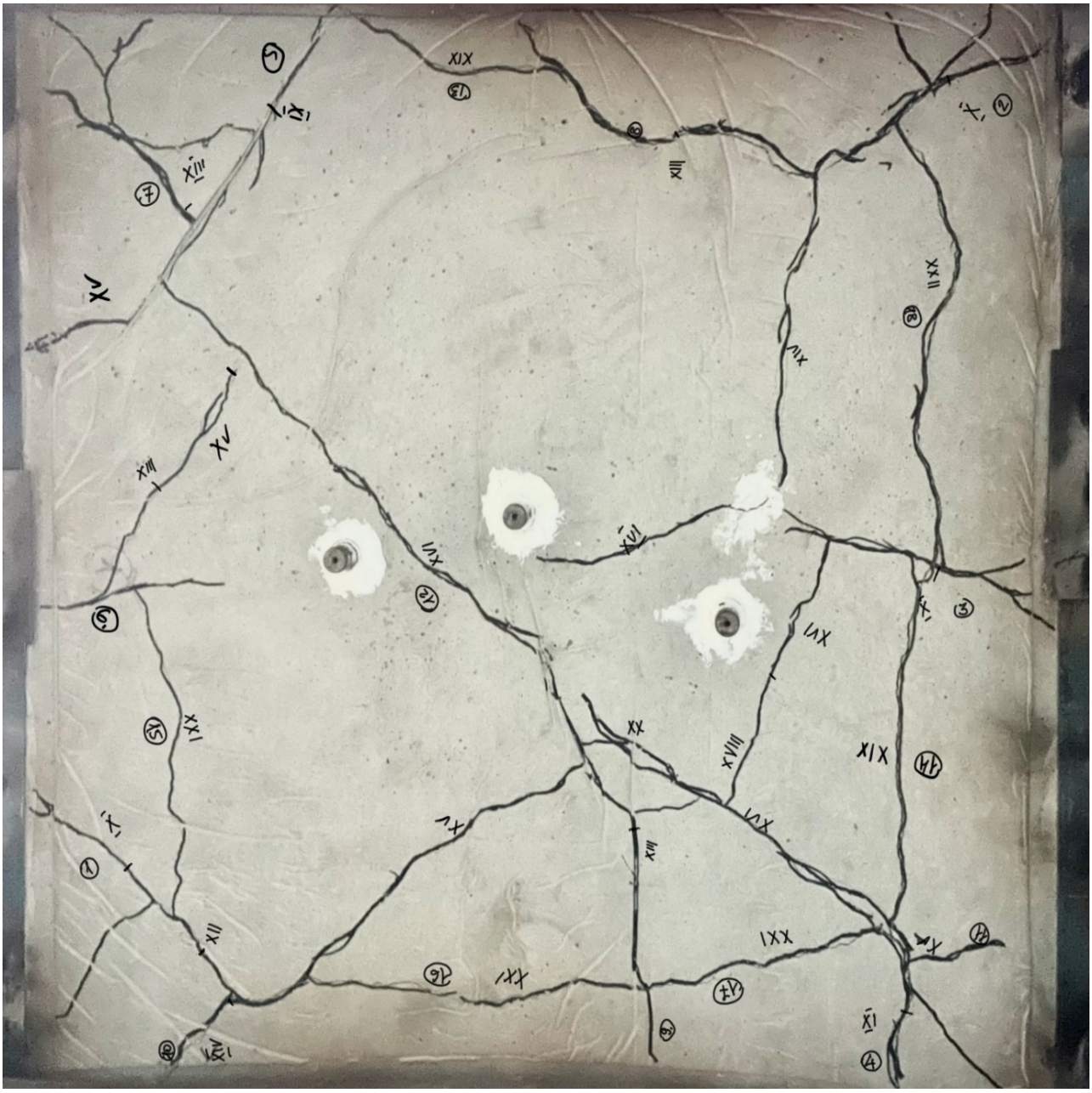


Рис. 3. Тріщини на ПОБ, вид знизу

Кінцева ширина розкриття тріщин виявилася більшою для фібробетонної оболонки в 2,4 рази (тріщина 6 у ПОФБ – 6,0 мм, тріщина 7 у ПОБ – 2,5 мм). Загалом до втрати несучої здатності у бетонній оболонці утворилося вісімнадцять тріщин, а у фібробетонній – двадцять дев'ять тріщин.

Процес тріщиноутворення у фібробетонній оболонці починається при більш високих навантаженнях, ніж у залізобетонній. Початкова ширина розкриття більшості тріщин у фібробетонній оболонці значно (майже на

порядок) менша, ніж у залізобетонній а кінцева ширина розкриття всіх тріщин у залізобетонній оболонці суттєво нижча, ніж уфібробетонній.



Рис. 4. Тріщини на ПОФБ, вид знизу.

Проведені експериментальні дослідження свідчать, що дисперсне армування пологих оболонок сталевою фіброю призводить до їх вищої тріщиностійкості.

Таблиця 2

Фіксування тріщин у ПОБ та ПОФБ

Номер ступеню навантаження		Навантаження, кН		Номер тріщини	
ПОБ	ПОФБ	ПОБ	ПОФБ	ПОБ	ПОФБ
1	1	5	5		
2	2	10	10		
3	3	15	15		
4	4	20	20		
5	5	25	25		
6	6	30	30		
7	7	35	35		
8	8	40	40		
9	9	45	45		
10	10	50	50	1-3	
11	11	55	55	4, 5	
12	12	60	60		
13	13	65	65	6-9	
14	14	70	70	10	1, 2
15	15	75	75	11	3-6
16	16	80	80	12	7-9
17	17	85	85		
18	18	90	90		10, 11
19	19	95	95	13, 14	12
20	20	100	100		13, 14
21	21	105	105	15-17	15
22	22	110	110	18	
23	23	115	115		16-19
24	24	120	120		20
	25		125		21, 22
	26		130		
	27		135		23, 24
	28		140		
	29		145		25, 26
	30		150		27, 28
	31		155		
	32		160		29
	33		165		
	34		170		

Таблиця 3

Розкриття тріщин у ПОБ та ПОФБ

Номер тріщини		Навантаження, кН		Початкова ширина розкриття, мм		Кінцева ширина розкриття, мм	
ПОБ	ПОФБ	ПОБ	ПОФБ	ПОБ	ПОФБ	ПОБ	ПОФБ
1	1	50	70	0,1	0,02	0,2	1,0
2	2	50	70	0,1	0,02	0,5	0,1
3	3	50	75	0,1	0,03	0,3	6,0
4	4	55	75	0,05	0,02	2,5	0,05
5	5	55	75	0,03	0,03	0,25	0,2
6	6	65	75	0,1	0,03	0,1	0,1
7	7	65	80	0,05	0,02	0,3	0,1
8	8	65	80	0,1	0,02	3,0	0,1
9	9	65	80	0,05	0,02	0,3	0,5
10	10	70	90	0,05	0,03	1,5	0,6
11	11	75	90	0,03	0,03	0,2	0,9
12	12	80	95	0,05	0,02	1,0	0,07
13	13	95	100	0,03	0,02	0,6	5,0
14	14	95	100	0,05	0,02	2,5	0,5
15	15	105	105	0,05	0,02	0,5	0,6
16	16	105	115	0,1	0,02	1,6	0,05
17	17	105	115	0,1	0,02	1,7	0,5
18	18	110	115	0,1	0,02	2,0	0,05
	19		115		0,03		0,4
	20		120		0,02		0,6
	21		125		0,03		0,5
	22		125		0,02		0,7
	23		135		0,025		0,06
	24		135		0,02		0,5
	25		145		0,025		0,9
	26		145		0,03		1,0
	27		150		0,03		1,5
	28		150		0,025		0,5
	29		160		0,025		0,6

Висновки

1. Дослідження українських та іноземних вчених наочно доводять переваги сталефібробетону, який має істотно кращі фізико-механічні властивості, ніж звичайний бетон. Проте область застосування сталефібробетону в Україні в силу деяких чинників поки що достатньо обмежена.

2. Питання несучої здатності, деформативності та тріщиностійкості сталефібробетонних пологих оболонок давно привертають увагу вчених, але виявляються дуже складними, оскільки фібробетон – композиційний матеріал. У зв'язку з цим особлива увага приділяється експериментальним методам дослідження та комп'ютерного моделювання з наступним чисельним аналізом. Однак публікацій, які відображають результати таких досліджень, дуже мало.

3. Розроблена конструкція стенду для випробувань пологої оболонки створює можливость визначення несучої здатності оболонки, дозволяє вимірювати не тільки деформації в різних частинах поверхні оболонки, а й відстежувати процес утворення та розвитку тріщин на всіх етапах навантаження з можливістю вимірювання ширини їхнього розкриття.

4. Навантаження, відповідне початку тріщиноутворення залізобетонної пологої оболонки, дорівнює 50,0 кН, а сталефібробетонної – 70,0 кН , тобто збільшення становить 40%.

5. Перша тріщина у залізобетонної пологої оболонки з’явилася на 10 ступені завантаження при значенні 50,0 кН, а у фібробетонної пологої оболонки – на 14 ступені завантаження при значенні 70,0 кН.

6. Кінцева ширина розкриття тріщин виявилася більшою для фібробетонної оболонки в 2,4 рази. Загалом до втрати несучої здатності у бетонній оболонці утворилося вісімнадцять тріщин, а у фібробетонній – двадцять дев’ять тріщин.

Отримані результати показують переваги фібробетону і доводять доцільність його застосування для виготовлення пологих оболонок.

Список літератури

1. Seyfullaev H.K., Dzhebrailova G.Kh. Methods for increasing the bearing capacity of shallow reinforced concrete shells with a rectangular contour. International Journal for Computational Civil and Structural Engineering, vol. 20, no. 1, 2024, pp. 81-87.

2. Шваб’юк В.І., Ротко С.В.. Лінійне деформування, міцність і стійкість композитних оболонок середньої товщини: монографія / В.І. Шваб‘юк, С.В. Ротко. Луцьк: РВВ Луцького НТУ, 2015. 264 с.

3. Andrianov I.K., Feoktistov S.I. Bearing capacity of spherical thick-walled shell taking into account compressibility and nonlinear plasticity. Materials Physics and Mechanics. 2022;50(3): 410-419. DOI: 10.18149/MPM.5032022_5.

4. Lukin, M., Popova, M., Reva, D., Abdikarimov, R. (2022). Reinforced Concrete Shallow Shell of Negative Double Gaussian Curvature Built on the Basis of a Four-Lobed Hyperbolic Paraboloid. In: Vatin, N., Roshchina, S., Serdjuks, D. (eds) Proceedings of MPCPE 2021. Lecture Notes in Civil Engineering, vol 182. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-030-85236-8_49

5. Petrova O, Petrenko D, Tenesesku V, Buldakov O. Stress-Strain State Analysis of a Shallow Spherical Shell Fabricated Using 3DCP. Academic journal Industrial Machine Building Civil Engineering. 2025;2(65):35-45. doi:10.26906/znp.2025.65.4210

6. Mussabayev, T.T.; Nuguzhinov, Z.S.; Nemova, D.; Kayupov, T.; Tolkynbaev, T.A.; Akmakanova, A.Z.; Khafizova, G.S. Creep of Concrete in Shell Structures: Nonlinear Theory Materials 2023, 16, 587. https://doi.org/10.3390/ma16165587

7. Yue, F., & Wu, Z. (2021). Fracture Mechanical Analysis of Thin-Walled Cylindrical Shells with Cracks. Metals, 11(4), 592. https://doi.org/10.3390/met11040592

8. Mengke Zhuang, Llewellyn Morse, Zahra Sharif Khodaei, M.H. Aliabadi, Reliability analysis of fatigue crack growth in shallow shell structures using the Dual Boundary Element Method, Theoretical and Applied Fracture Mechanics, Volume 131, 2024, 104403, https://doi.org/10.1016/j.tafmec.2024.104403.

9. Шацький І.П., Маковійчук М. В., Щербій А. Б. Вплив гнучкого покриття на міцність пологої циліндричної оболонки з поздовжньою тріщиною // Мат. методи та фіз.-мех. поля. 2016. 59, № 4. С. 135–141.

10. Duissenbekov B.K., Yerimbetov B.T., Dossaliyev K.S., Chalabayev B.M., Bychkov A.Y., Botabayev N.E., Kunanbayeva Y.B., Aubakirova F.K. Stress-strain state and stability of hinged-supported constructions along the boundary of shallow reinforced concrete shells // Construction Materials and Products. 2026. Vol. 9. N. 1. P. 7-17. doi: 10.58224/2618-7183-2026-9-1-7

11. V.A. Gracheva, Yu.S. Naishtu. Predicting the Loss of Bearing Capacity of Shallow Convex Shells Based on Nonlinear Oscillation Analysis. Computer Research and Modeling, 2023, vol. 15, no. 5, pp. 1189–1205. 10.20537/2076-7633-2023-15-5-1189-1205.

12. Camps Mayorga, M. (2025). Optimal design of FRP reinforcement for concrete shells (J. J. Pérez González) [Projecte Final de Màster Oficial, UPC, Escola Tècnica Superior d'Enginyeria Industrial de Barcelona, Departament d'Enginyeria Química]. 66 p.

13. Jepsen, M.S., Lambertsen, S.H., & Damkilde, L. (2013). Design of Ultra High Performance Fiber Reinforced Concrete Shells. In A. Logg, K.-A. Mardal, & A. Massing (Eds.), Proceedings of the 26th Nordic Seminar on Computational Mechanics (pp. 96-99). Simula Research Laboratory, Norway. http://nscm26.org/

14. Danieli, M.A., & Varon, Y.J. (2015). A study of thin reinforced concrete shallow shells and their strengthening. Civil-Comp Proceedings, 108.

15. Jo, S.S., Phan, T.D., Lee, D.H. et al. Ultra-High-Strength Lightweight Fiber-Reinforced Concrete: A Review. Int J Concr Struct Mater 20, 3 (2026). https://doi.org/10.1186/s40069-025-00877-y

16. Marco Carlo Rampini, Giulio Zani, Matteo Colombo, Marco di Prisco, Advancing construction techniques: Textile reinforced concrete shells and high-performance fiber-reinforced concrete beams for partially prefabricated elevated slabs, Structures, Volume 70, 2024, 107710, ISSN 2352-0124, https://doi.org/10.1016/j.istruc.2024.107710.

PhD **Irina Korneeva,** PhD **Stepan Neutov**,
Doctor of Science, Professor **Mykola Surianinov**,
Odesa State Academy of Civil Engineering and Architecture, Odesa

EXPERIMENTAL STUDIES ON THE CRACK RESISTANCE OF FLAT SHELLS

The work is devoted to experimental research and comparison of crack resistance of reinforced concrete and fiber concrete hollow shells. The issues of load-bearing capacity, deformability and crack resistance of concrete and steel fiber concrete hollow shells have attracted the attention of scientists for a long time, but they turn out to be very difficult, since fiber concrete is a composite material. In this regard, special attention is paid to experimental methods of research and computer modeling followed by numerical analysis. However, there are very few publications that reflect the results of such studies. For conducting research, the structure of the hollow shell test stand was developed, which creates the possibility of determining the load-bearing capacity of the shell, allows measuring deformations in different parts of the surface of the shell and monitoring the process of formation and development of cracks at all stages of loading with the possibility of measuring the width of their opening. The load corresponding to the beginning of cracking of the reinforced concrete hollow shell was 50.0 kN, and that of steel fiber concrete was 70.0 kN, that is, the increase is 40%. The first crack in the reinforced concrete hollow shell appeared at the 10th stage of loading at a value of 50.0 kN, and at the 14th stage of loading at a value of 70.0 kN in the fiber concrete hollow shell.

The final crack opening width was 2.4 times greater for the fiber concrete shell. In total, before the loss of bearing capacity, eighteen cracks were formed in the concrete shell, and twenty-nine cracks were formed in the fiber concrete shell. The obtained results show the advantages of fiber concrete and prove the expediency of its use for the manufacture of hollow shells.

Keywords: soft shell; stand; concrete; steel fiber concrete; experiment; cracking; bearing capacity.

REFERENSES

1. Seyfullaev H.K., Dzhebrailova G.Kh. Methods for increasing the bearing capacity of shallow reinforced concrete shells with a rectangular contour. International Journal for Computational Civil and Structural Engineering, vol. 20, no. 1, 2024, pp. 81-87. {in English}

2. Shvabyuk V.I., Rotko S.V. Linear deformation, strength and stability of composite shells of medium thickness: monograph / V.I. Shvabyuk, S.V. Rotko. Lutsk: RVV Lutsk National Technical University, 2015. 264 p. {in Ukrainian}

3. Andrianov I.K., Feoktistov S.I. Bearing capacity of spherical thick-walled shell taking into account compressibility and nonlinear plasticity. Materials Physics and Mechanics. 2022;50(3): 410-419. DOI: 10.18149/MPM.5032022_5. {in English}

4. Lukin, M., Popova, M., Reva, D., Abdikarimov, R. (2022). Reinforced Concrete Shallow Shell of Negative Double Gaussian Curvature Built on the Basis of a Four-Lobed Hyperbolic Paraboloid. In: Vatin, N., Roshchina, S., Serdjuks, D. (eds) Proceedings of MPCPE 2021. Lecture Notes in Civil Engineering, vol 182. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-030-85236-8_49. {in English}

5. Petrova O, Petrenko D, Tenesesku V, Buldakov O. Stress-Strain State Analysis of a Shallow Spherical Shell Fabricated Using 3DCP. Academic journal Industrial Machine Building Civil Engineering. 2025;2(65):35-45. doi:10.26906/znp.2025.65.4210. {in English}

6. Mussabayev, T.T.; Nuguzhinov, Z.S.; Nemova, D.; Kayupov, T.; Tolkynbaev, T.A.; Akmakanova, A.Z.; Khafizova, G.S. Creep of Concrete in Shell Structures: Nonlinear Theory Materials 2023, 16, 587. https://doi.org/10.3390/ma16165587. {in English}

7. Yue, F., & Wu, Z. (2021). Fracture Mechanical Analysis of Thin-Walled Cylindrical Shells with Cracks. Metals, 11(4), 592. https://doi.org/10.3390/met11040592. {in English}

8. Mengke Zhuang, Llewellyn Morse, Zahra Sharif Khodaei, M.H. Aliabadi, Reliability analysis of fatigue crack growth in shallow shell structures using the Dual Boundary Element Method, Theoretical and Applied Fracture Mechanics, Volume 131, 2024, 104403, https://doi.org/10.1016/j.tafmec.2024.104403.

9. Shatsky I.P., Makoviychuk M.V., Shcherbiy A.B. The influence of a flexible coating on the strength of a shallow cylindrical shell with a longitudinal crack // Mat. Methods and Phys.-Mechan. Fields. 2016. 59, No. 4. Pp. 135–141. {in Ukrainian}

10. Duissenbekov B.K., Yerimbetov B.T., Dossaliyev K.S., Chalabayev B.M., Bychkov A.Y., Botabayev N.E., Kunanbayeva Y.B., Aubakirova F.K. Stress-strain state and stability of hinged-supported constructions along the boundary of shallow reinforced concrete shells // Construction Materials and Products. 2026. Vol. 9. N. 1. P. 7-17. doi: 10.58224/2618-7183-2026-9-1-7. {in English}

11. V.A. Gracheva, Yu.S. Naishtu. Predicting the Loss of Bearing Capacity of Shallow Convex Shells Based on Nonlinear Oscillation Analysis. Computer Research and Modeling, 2023, vol. 15, no. 5, pp. 1189–1205. 10.20537/2076-7633-2023-15-5-1189-1205. {in English}

12. Camps Mayorga, M. (2025). Optimal design of FRP reinforcement for concrete shells (J. J. Pérez González) [Projecte Final de Màster Oficial, UPC, Escola Tècnica Superior d'Enginyeria Industrial de Barcelona, Departament d'Enginyeria Química]. 66 p. {in English}

13. Jepsen, M.S., Lambertsen, S.H., & Damkilde, L. (2013). Design of Ultra High Performance Fiber Reinforced Concrete Shells. In A. Logg, K.-A. Mardal, & A. Massing (Eds.), Proceedings of the 26th Nordic Seminar on Computational Mechanics (pp. 96-99). Simula Research Laboratory, Norway. http://nscm26.org/. {in English}

14. Danieli, M. A., & Varon, Y. J. (2015). A study of thin reinforced concrete shallow shells and their strengthening. Civil-Comp Proceedings, 108. {in English}

15. Jo, S.S., Phan, T.D., Lee, D.H. et al. Ultra-High-Strength Lightweight Fiber-Reinforced Concrete: A Review. Int J Concr Struct Mater 20, 3 (2026). https://doi.org/10.1186/s40069-025-00877-y. {in English}

16. Marco Carlo Rampini, Giulio Zani, Matteo Colombo, Marco di Prisco, Advancing construction techniques: Textile reinforced concrete shells and high-performance fiber-reinforced concrete beams for partially prefabricated elevated slabs, Structures, Volume 70, 2024, 107710, ISSN 2352-0124, https://doi.org/10.1016/j.istruc.2024.107710. {in English}

DOI: 10.32347/2076-815x.2026.93.502-511
УДК 711.553.4

д.т.н., професор **Линник І Е.,**
linnik.xnugx@gmail.com, ORCID: 0000-0002-8972-3250,
Королькова А.В.,
Alina.Korolkova@kname.edu.ua, ORCID: 0009-0005-5055-7901,
Харківський національний університет
міського господарства ім. О.М. Бекетова

ГЕНДЕРНИЙ МЕЙНСТРІМІНГ У ПЛАНУВАННІ, РОЗВИТКУ ТА ПОСТВОЄННОМУ ВІДНОВЛЕННІ ГРОМАДСЬКИХ ПРОСТОРІВ УКРАЇНИ

Проаналізовано інструменти реалізації гендерного мейнстримінгу під час проєктування та реконструкції міських парків у країнах ЄС. Сформульовано принципи гендерно-чутливої реконструкції громадських просторів. Визначено основні проблеми, що існують у багатьох країнах світу під час проєктування громадських просторів без урахування гендерного мейнстримінгу. Обґрунтовано доцільність інтеграції гендерно-чутливої реконструкції у процеси планування, розвитку та поствоєнного відновлення міського середовища в Україні.

Ключові слова: гендерний мейнстримінг; безбар'єрність; інклюзивність; громадський простір; міський парк.

Постановка проблеми. Сучасна урбаністична модель здебільшого орієнтується на концепт середньостатистичного жителя, під яким зазвичай мається на увазі чоловік із лінійним щоденним маршрутом «дім – робота – дім». Такий підхід повністю ігнорує значно складніші та багатовекторні практики життєдіяльності жінок. Останні змушені постійно поєднувати професійну зайнятість із проблемами домашнього господарства та турботою про близьких (супровід дітей і літніх родичів, візити до лікарень, освітніх установ, закупівля продуктів тощо). Як наслідок, значна частина міської інфраструктури стає некомфортною, а подекуди й небезпечною для жінок [1].

Гендерний мейнстримінг – це системна стратегія забезпечення рівності, що полягає в інтеграції потреб, інтересів та специфічного досвіду як жінок, так і чоловіків на всіх етапах формування, реалізації та моніторингу політики, програм і управлінських рішень у будь-яких сферах суспільного життя.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Генеза гендерного мейнстримінгу в містобудівній практиці

У міжнародному політичному дискурсі концепція гендерного мейнстримінгу утвердилася наприкінці XX століття. Перші концептуальні обговорення відбулися під час Всесвітньої конференції ООН з питань жінок у Найробі (1985 р.), а офіційне закріплення підходу як базової стратегії досягнення рівності в межах державної політики відбулося в Пекінській платформі дій 1995 року [2–5].

В урбаністику цей інструмент прийшов через дослідження повсякденної мобільності громадян. Вивчення транспортної поведінки продемонструвало суттєві відмінності у використанні міського простору різними статями. Зокрема, австрійські транспортні дослідження засвідчили, що чоловіки значно частіше обирають приватний автомобіль, тоді як жінки переважно пересуваються пішки і здійснюють велику кількість коротких пов'язаних маршрутів [6]. Це зумовлено тим, що саме на жінок традиційно покладається більша частина неоплачуваної праці з догляду за родиною.

Такі особливості пересування диктують специфічні вимоги до міського середовища. Наявність широких і якісних тротуарів, логічних пішохідних зв'язків, безпечного вуличного освітлення та розвиненої соціальної інфраструктури в кроковій доступності від житла суттєво полегшують життя людям, які балансують між роботою та сімейними обов'язками [6].

Одним із перших міст, де ці виклики почали вирішувати системно на муніципальному рівні, став Відень. У 1991 році за ініціативи урбаністки Єви Кайль було організовано знакову виставку «Кому належить публічний простір – жіноче повсякденне життя в місті» (*«Wem gehört der öffentliche Raum – Frauenalltag in der Stadt»*). Експозиція наочно продемонструвала повсякденні маршрути жінок і довела, що тогочасна міська структура повністю ігнорувала їхні базові потреби [6].

Вже у 1992 році у структурі віденського муніципалітету з'явився спеціалізований Жіночий офіс (*Frauenbüro*), який розпочав комплексну експертизу міської політики крізь призму гендерної рівності. Першим масштабним практичним кроком нової стратегії став запуск житлового комплексу *Frauen-Werk-Stadt*, завершеного у 1997 році [6]. Параметрами комплексу Frauen-Werk-Stadt є: 360 квартир, інтегрованих в єдину інфраструктуру; дитячий садок, медичні кабінети та комерційні об'єкти безпосередньо в кварталі; розширені сходи та спеціальні зони для зберігання дитячих візків на кожному поверсі; просторі спільні зони для комунікації мешканців.

Згодом гендерно-чутливий підхід було масштабовано на транспортне планування, будівництво житла та реновацію громадських просторів. У 2002 році район *Mariahilf* став полігоном для тестування нових рішень: там облаштували зручні пандуси на складних ділянках рельєфу, модернізували систему вуличного освітлення та встановили ліфти для полегшення руху маломобільних груп [6].

Однією з країн, де гендерний мейнстримінг досяг найвищого рівня розвитку, є Швеція. Уже з початку 1970-х років гендерну рівність у цій країні було визнано окремим напрямком політики. Відтоді Швеція зробила великий крок уперед у забезпеченні рівності між чоловіками та жінками в різних сферах, таких як освіта, охорона здоров'я та економіка. Серед ключових інструментів досягнення цієї мети можна виділити гендерно-чутливе бюджетування, запровадження програми гендерного мейнстримінгу в урядових установах, а також деякі інноваційні підходи, наприклад, криміналізацію придбання, а не надання сексуальних послуг [7].

Гендерний мейнстримінг має спільну логіку з інклюзивністю. Обидва підходи спрямовані на аналіз того, як різні групи користуються міським простором, та на усунення бар'єрів, які обмежують їхню участь у міському житті.

В Україні тема гендерного мейнстримінгу в урбаністиці активно досліджується та впроваджується на нормативному рівні. Зокрема ДБН В.2.2-40 «Інклюзивність будівель і споруд» [8] вимагає встановлювати обов'язкові пандуси, понижені бордюри та тактильну навігацію, що полегшує пересування жінкам із візками та маломобільним групам.

«Національна стратегія створення безбар'єрного простору в Україні» [9] ініційована першою леді Оленою Зеленською напряму пов'язана з поствоєнним відновленням громадських просторів, враховуючи потреби жінок, сімей із дітьми, людей з інвалідністю та поранених військових.

Окремі українські міста (наприклад, Житомир, Львів, Вінниця), які підписали «Європейську хартію рівності жінок і чоловіків у житті місцевих громад» [10], проводять власні гендерні аудити безпеки та інфраструктури (освітлення вулиць, безпечні переходи біля шкіл тощо).

Українські аналітичні центри (зокрема, Cedos) неодноразово проводили дослідження безпеки міст для жінок, доступності громадського транспорту та комфорту публічних просторів [11–13].

Дослідження архітектурних та урбаністичних рішень крізь призму гендерної рівності в українських реаліях (особливо в контексті внутрішньо переміщених осіб та ветеранів/ветеранок) проводяться фахівцями жіночої

інформаційно-комунікаційної платформи «Простір гендерної культури та жіночої історії» [14].

Мета статті. Проаналізувати інструменти та базові принципи реалізації гендерного мейнстримінгу під час проєктування та реконструкції міських парків у країнах ЄС, а також обґрунтувати доцільність інтеграції цих підходів у процеси планування, розвитку та поствоєнного відновлення міського середовища в Україні.

Виклад основного матеріалу дослідження.

Гендерний мейнстримінг у проєктуванні парків

Міські зелені зони стали одним із головних об’єктів для впровадження гендерно-орієнтованого планування. У 1990-х роках дослідження публічних просторів Відня зафіксували вражаючий дисбаланс: серед відвідувачів міських парків хлопців було приблизно у п’ять разів більше, ніж дівчат [15].

Соціологічні опитування виявили тенденцію: дівчата віком 10–13 років масово припиняли ходити до парків. Головна причина полягала в самій структурі простору – левову частину території займали великі закриті майданчики для футболу чи баскетболу, які монополізували хлопці [16].

Зважаючи на це, у 1999 році влада Відня ініціювала перший у Європі конкурс на гендерно-чутливу модернізацію паркових зон з метою створення інклюзивного середовища для всіх груп населення [15]. Пілотним проєктом став *Einsiedlerpark* у п’ятому районі міста, який після реконструкції 2001 року отримав неофіційний статус «парку для дівчат» [17].

В межах проєкту було реалізовано низку просторових трансформацій:

– зонування великих майданчиків: єдині масштабні спортивні зони розділили на менші локації, що дозволило різним групам користувачів перебувати там одночасно;

– поліфункціональність полів: на футбольному полі створили мультиспортивну розмітку, а також облаштували зони для волейболу, катання на роликах та вільного відпочинку;

– соціальні локації: у парку встановили зручні лави, столи для пікніків та місця для камерного спілкування;

– безпеку: було проріджено щільні чагарники, що закривали огляд, та суттєво покращено яскравість і якість нічного освітлення [6].

Ключовим фактором успіху стало залучення безпосередніх користувачів до проектування: урбаністи проводили інтерв’ю з підлітками та спостерігали за реальними поведінковими паттернами відвідувачів [16]. Аналогічні принципи, поєднані з вимогами універсального дизайну (пандуси, безбар’єрні дитячі зони, багатофункціональні майданчики), згодом застосували під час оновлення інших об'єктів, наприклад, *Schubertpark* [18].

Принципи гендерно-чутливої реконструкції

На основі європейського досвіду можна виділити дев'ять ключових принципів створення інклюзивних громадських просторів (табл. 1):

Сучасні глобальні аналітичні дані доводять, що більшість міст світу досі проєктуються без урахування гендерного мейнстримінгу. Зокрема, у спільному звіті Програми розвитку ООН, консалтингової компанії *Arup* та Ліверпульського університету виокремлено чотири критичні вектори, які потребують змін [17, 19]:

Таблиця 1

Принципи створення інклюзивного публічного простору

Принцип	Практична реалізація та ефект
1. Комплексність	Формування системи комунікацій на всіх рівнях міського середовища. Створення зон, які можуть паралельно використовувати різні групи. Це блокує спроби привласнення простору лише однією групою
2. Декомпозиція великих зон	Подрібнення масштабних локацій на менші сегменти. Це нівелює просторові конфлікти між різними віковими та гендерними групами
3. Диференціація видів активностей, цільова спрямованість	Пріоритетна спрямованість на певну категорію осіб. Інтеграція зон для альтернативних видів спорту (бадмінтон, ролики, спонтанні ігри без інвентарю). Останні є особливо популярними серед дівчат
4. Безпечність	Розширення пішохідних шляхів для кращої видимості, ліквідація «сліпих» зон шляхом кронування кущів, якісне освітлення. Відсутність темних кутів безпосередньо стимулює жінок частіше користуватися простором. Різноманітне обладнання, інформаційні вивіски, дошки оголошень тощо розташовуються в зоні доступності, але не перекривають огляд інфраструктури
5. Розвиток соціальної інфраструктури	Встановлення лав, столів, облаштування зон для малюків із місцями відпочинку для батьків/доглядачів поруч
6. Партисипація (участь користувачів)	Проведення інтерв'ю та польових спостережень перед початком робіт. До процесу можливо залучати соціологів, експертів із планування, що дозволяє врахувати реальні життєві сценарії
7. Універсальна доступність	Поєднання гендерного підходу з принципами безбар'єрності. Урахування вимог осіб з інвалідністю та інших маломобільних груп населення до безбар'єрності громадських просторів
8. Естетичність	Обладнання має бути ув'язане з художнім рішенням інтер'єру чи екстер'єру
9. Економічність	Інфраструктура громадського простору повинна функціонувати на безоплатній або максимально бюджетній основі

1) безпека та захищеність;

2) справедливість і рівні стартові можливості;
3) здоров’я та загальне благополуччя;
4) культурний розвиток і самореалізація.

У цих напрямах фіксуються найбільш гострі проблеми: відсутність безпеки у громадському транспорті та вечірньому місті, дефіцит чистих і доступних публічних туалетів, низький рівень представництва жінок в органах міського управління та топоніміці.

Для подолання цих викликів необхідний комплексний підхід: системний збір даних про користування містом, залучення жінок до прийняття архітектурних рішень та цільові інвестиції в безпечну інфраструктуру. Досвід Європейських країн доводить, що орієнтація на потреби жінок автоматично робить місто безпечнішим і зручнішим для всього соціуму.

Перспективи застосування в Україні

Для українського контексту ці підходи мають критичне значення під час модернізації прибудинкових територій, реновації шкільних подвір’їв та районних скверів. На етапі передпроєктних досліджень необхідно впроваджувати практику короткострокових поведінкових спостережень та консультацій із підлітками різної статі. Отримані дані дозволять раціонально розподіляти бюджетні кошти, уникаючи ризику створення просторів, які після відкриття будуть експлуатуватися лише однією обмеженою групою мешканців.

Дослідження та адаптація успішного досвіду інших країн у сфері гендерної рівності є важливою основою для ефективної роботи в цьому напрямку в Україні.

Висновок. Гендерно-орієнтоване планування є фундаментальним інструментом сталого розвитку сучасного міста. Для України, яка наразі стоїть перед викликом масштабної модернізації та поствоєнного відновлення урбаністичного простору, впровадження таких практик є ключем до створення комфортного, справедливого та безпечного середовища для всіх громадян. Інтеграція гендерного аналізу в архітектурне проєктування перетворює публічний простір на ефективний ресурс соціальної інтеграції. Приклади європейських міст доводять, що грамотні планувальні зміни здатні гармонізувати поведінку користувачів без створення штучних ізольованих зон для окремих груп.

Список використаних джерел

1. Foran C. How to design a city for women. Bloomberg, 16.09.2013. URL: https://www.bloomberg.com/news/articles/2013-09-16/how-to-design-a-city-for-women.

2. Beijing Declaration and Platform for Action : Fourth World Conference on

Women. Beijing, China, 1995. New York : United Nations, 1996.

3. Марценюк Т. Гендерна політика Європейського Союзу: загальні принципи та найкращі практики. Міжнародний центр перспективних досліджень (МЦПД). Київ. 2015. 44 с. URL: https://web.archive.org/web/20160803233912/http://icps.com.ua/assets/uploads/files/gender_block_20150518_interactive_stronger_together.pdf.

4. Пекінська декларація. 1995. URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/995_507#Text.

5. Основні міжнародні документи у сфері забезпечення гендерної рівності та запобігання насильству щодо жінок, що підписала та ратифікувала Україна. URL: https://www.genderculturecentre.org/wp-content/uploads/2016/08/documents3.pdf.

6. Stadtplanung ist nie geschlechtsneutral // ORF. 2021. URL: https://orf.at/stories/3204407/.

7. Капко М. Політика гендерного мейнстримінгу: досвід Швеції. 19.12.2024. URL: https://jurfem.com.ua/polityka-hendernoho-meynstryminhu-shvetsiia/.

8. Будинки і споруди. Інклюзивність будівель і споруд. Основні положення : ДБН В.2.2-40:2018. [Електрон. ресурс]. – Чинний від 01.04.2019 р. – Київ, Мінрегіонбуд України, 2018. – 64 с. – Електрон. дані. – (Державні будівельні норми України). – Режим доступу : https://dbn.co.ua/load/normativy/dbn/dbn_v_2_2_40/1-1-0-1832, вільний (дата звернення: 16.11.2022). – Назва з екрана.

9. Національна стратегія створення безбар'єрного простору в Україні до 2030 року. 2021. 24 с. URL: https://mindev.gov.ua/storage/app/sites/1/uploaded-files/554-vooz-katalog-24-stor-0611.pdf.

10. Європейська хартія рівності жінок і чоловіків у житті місцевих громад. 2006. URL: https://ips.ligazakon.net/document/MU06302.

11. Назаренко Ю., Сирбу О., Філіпчук Л., Хассай Є. Дослідження дозвілля і культурних потреб міської молоді в Україні. 136 с. URL: https://cedos.org.ua/wp-content/uploads/doslidzhennya_dozvillya_i_kulturnyh_potreb_miskoi%CC%88_molodi_v_ukrai%CC%88ni.pdf.

12. Сацук О., Онищук Я., Хелашвілі А. Простір, що творить спільноту: дослідження функціонування центрів спільнототворення. 2025. 58 с. URL: https://cedos.org.ua/wp-content/uploads/prostir-shho-tvoryt-spilnotu.-doslidzhennya-funkczionuvannya-czentriv-spilnototvorennya-1.pdf.

13. Гендерна рівність і розвиток: погляд у контексті Європейської стратегії України. 2016. 244 с. https://razumkov.org.ua/upload/Gender-FINAL-

S.pdf.

14. Простір гендерної культури та жіночої історії. URL: https://www.genderculture.space//

15. Mädchenprojekte im öffentlichen Raum // Stadt Wien. URL: https://www.wien.gv.at/frauen/maedchenprojekte-im-oeffentlichen-raum.

16. Gruber S. Soziologische Nutzungsanalyse des Einsiedlerplatzes und des Bruno-Kreisky-Parks in Wien Margareten. Wien, 2002. URL: https://www.sonjagruber.at/projekte/117-soziologische-nutzungsanalyse-des-einsiedlerplatzes-und-des-bruno-kreisky-parks-in-wien-margareten.html.

17. Einsiedlerpark // Stadt Wien. URL: https://www.wien.gv.at/freizeit/einsiedlerpark.

18. Gender-Mainstreaming im Schubertpark // Vienna Online. URL: https://www.vienna.at/gender-mainstreaming-im-schubertpark/2567263

19. Designing cities that work for women. 2022. URL: https://www.arup.com/globalassets/downloads/insights/cities-alive-designing-cities-that-work-for-women.pdf.

Doctor of Technical Sciences, Professor **Lynnyk Iryna,**
Korolkova Alina,
O.M. Beketov National University of Municipal Economy in Kharkiv

GENDER MAINSTREAMING IN THE PLANNING, DEVELOPMENT AND POST-WAR RECONSTRUCTION OF PUBLIC SPACES IN UKRAINE

The main problems in the formation of public spaces are identified, taking into account the equality of needs, interests and specific experience of both women and men. The global and European experience of implementing a gender-sensitive approach in transport planning, housing construction and renovation of public spaces is analyzed. Some regulatory documents and scientific studies of Ukraine on gender mainstreaming in urban planning are analyzed. The tools for implementing gender mainstreaming during the design and reconstruction of city parks in EU countries are analyzed. The principles of gender-sensitive reconstruction of public spaces are formulated: complexity; decomposition of large areas; differentiation of types of activities, target orientation; safety; development of social infrastructure; participation (user participation); universal accessibility; aesthetics; cost-effectiveness. The main problems that exist in many countries of the world when designing public spaces without taking into account gender mainstreaming are identified. The feasibility of integrating gender-sensitive reconstruction into the processes of planning, development and post-war restoration of the urban

environment in Ukraine is substantiated. Gender-oriented planning is a fundamental tool for the sustainable development of a modern city. For Ukraine, which is currently facing the challenge of large-scale modernization and post-war restoration of urban space, the implementation of such practices is the key to creating a comfortable, fair and safe environment for all citizens. The integration of gender analysis into architectural design turns public space into an effective resource for social integration. Examples of European cities prove that competent planning changes are able to harmonize user behavior without creating artificial isolated zones for individual groups.

Keywords: gender mainstreaming; accessibility; inclusivity; public space; city park.

REFERENCES

1. Foran C. How to design a city for women. Bloomberg, 16.09.2013. URL: https://www.bloomberg.com/news/articles/2013-09-16/how-to-design-a-city-for-women. {in English}.

2. Beijing Declaration and Platform for Action : Fourth World Conference on Women. Beijing, China, 1995. New York : United Nations, 1996. {in English}.

3. Martseniuk T. Henderna polityka Yevropeiskoho Soiuzu: zahalni pryntsypy ta naikrashchi praktyky. Mizhnarodnyi tsentr perspektyvnykh doslidzhen (MTsPD). Kyiv. 2015. 44 s. URL: https://web.archive.org/web/20160803233912/http://icps.com.ua/assets/uploads/files/gender_block_20150518_interactive_stronger_together.pdf. {in Ukrainian}.

4. Pekinska deklaratsiia. 1995. URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/995_507#Text. {in Ukrainian}.

5. Osnovni mizhnarodni dokumenty u sferi zabezpechennia hendernoi rivnosti ta zapobihannia nasylstvu shchodo zhinok, shcho pidpysala ta ratyfikuvala Ukraina. URL: https://www.genderculturecentre.org/wp-content/uploads/2016/08/documents3.pdf. {in Ukrainian}.

6. Stadtplanung ist nie geschlechtsneutral // ORF. 2021. URL: https://orf.at/stories/3204407/. {in German}.

7. Kapko M. Polityka hendernoho meinstryminhu: dosvid Shvetsii. 19.12.2024. URL: https://jurfem.com.ua/polityka-hendernoho-meynstryminhu-shvetsiia/. {in Ukrainian}.

8. Budynky i sporudy. Inkliuzyvnist budivel i sporud. Osnovni polozhennia : DBN V.2.2-40:2018. [Elektron. resurs]. – Chynnyi vid 01.04.2019 r. – Kyiv, Minrehionbud Ukrainy, 2018. – 64 s. – Elektron. dani. – (Derzhavni budivelni normy Ukrainy). – Rezhym dostupu : https://dbn.co.ua/load/normativy/dbn/dbn_v_2_2_40/1-1-0-1832, vilnyi (data

zvernennia: 16.11.2022). – Nazva z ekrana. {in Ukrainian}.

9. Natsionalna stratehiia stvorennia bezbariernoho prostoru v Ukraini do 2030 roku. 2021. 24 s. URL: https://mindev.gov.ua/storage/app/sites/1/uploaded-files/554-vooz-katalog-24-stor-0611.pdf. {in Ukrainian}.

10. Ievropeiska khartiia rivnosti zhinok i cholovikiv u zhytti mistsevykh hromad. 2006. URL: https://ips.ligazakon.net/document/MU06302. {in Ukrainian}.

11. Nazarenko Yu., Syrbu O., Filipchuk L., Khassai Ye. Doslidzhennia dozvillia i kulturnykh potreb miskoi molodi v Ukraini. 136 s. URL: https://cedos.org.ua/wp-content/uploads/doslidzhennya_dozvillya_i_kulturnyh_potreb_miskoi%CC%88_molodi_v_ukrai%CC%88ni.pdf. {in Ukrainian}.

12. Satsuk O., Onyshchuk Ya., Khelashvili A. Prostir, shcho tvoryt spilnotu: doslidzhennia funktsionuvannia tsentriv spilnototvorennia. 2025. 58 s. URL: https://cedos.org.ua/wp-content/uploads/prostir-shho-tvoryt-spilnotu.-doslidzhennya-funkczionuvannya-czentriv-spilnototvorennya-1.pdf. {in Ukrainian}.

13. Henderna rivnist i rozvytok: pohliad u konteksti Yevropeiskoi stratehii Ukrainy. 2016. 244 s. https://razumkov.org.ua/upload/Gender-FINAL-S.pdf. {in Ukrainian}.

14. Prostir hendernoi kultury ta zhinochoi istorii. URL: https://www.genderculture.space//. {in Ukrainian}.

15. Mädchenprojekte im öffentlichen Raum // Stadt Wien. URL: https://www.wien.gv.at/frauen/maedchenprojekte-im-oeffentlichen-raum. {in German}.

16. Gruber S. Soziologische Nutzungsanalyse des Einsiedlerplatzes und des Bruno-Kreisky-Parks in Wien Margareten. Wien, 2002. URL: https://www.sonjagruber.at/projekte/117-soziologische-nutzungsanalyse-des-einsiedlerplatzes-und-des-bruno-kreisky-parks-in-wien-margareten.html. {in German}.

17. Einsiedlerpark // Stadt Wien. URL: https://www.wien.gv.at/freizeit/einsiedlerpark. {in German}.

18. Gender-Mainstreaming im Schubertpark // Vienna Online. URL: https://www.vienna.at/gender-mainstreaming-im-schubertpark/2567263. {in German}.

19. Designing cities that work for women. 2022. URL: https://www.arup.com/globalassets/downloads/insights/cities-alive-designing-cities-that-work-for-women.pdf. {in English}.

DOI: 10.32347/2076-815x.2026.93.512-521
УДК 711.11

к.т.н., доцент **Лісниченко С.В.**,
dosssent@ukr.net, ORCID: 0000-0003-1054-1129,
к.е.н., доцент **Денисенко Н.О.,**
denysenko.no@knuba.edu.ua, ORCID: 0000-0001-5490-2972,
Київський національний університет будівництва і архітектури

ПОКАЗНИКИ ВЛАСТИВОСТЕЙ ТЕХНІЧНОЇ БЕЗПЕКИ ДОПОМІЖНИХ ПРИМІЩЕНЬ ЗАГАЛЬНОГО КОРИСТУВАННЯ БАГАТОКВАРТИРНОГО ЖИТЛОВОГО БУДИНКУ

На підставі аналізу нормативної документації в галузі будівництва, нормативно-правових актів та експертної оцінки, визначено чисельні значення і обґрунтування характеристик бракувальних, еталонних та базових показників простих властивостей зовнішньої та внутрішньої технічної безпеки приміщень загального користування багатоквартирного житлового будинку.

Ключові слова: експертна оцінка; допоміжні приміщення багатоквартирного житлового будинку; технічне оснащення багатоквартирного житлового будинку; еталонні; бракувальні; базові значення; відсотковий; документальний; експертний методи визначення показників; технічний стан; фізичний знос; пожежна безпека, технічні приміщення.

Постановка проблеми: відповідно до загального алгоритму першого теоретичного етапу, представленого на рис. 1 [1], розробленні основні принципи формулювання еталонних, базових і бракувальних значень показників властивостей містобудівної якості життя та їх категорій відповідно до вимог нормативної документації в галузі будівництва і результатів експертних оцінок [2], які в свою чергу надають можливість визначення чисельних значень і обґрунтування характеристик бракувальних, еталонних та базових показників простих властивостей функціональності житлового будинку, зокрема зовнішньої та внутрішньої технічної безпеки приміщень загального користування багатоквартирного житлового будинку.

Аналіз останніх досліджень і публікацій: нормативною документацією [4] передбачені наступні терміни та визначення стосовно показників якості продукції в будівництві:

- базовий показник якості продукції - значення показника якості продукції,

яке прийняте за основу при порівняльній оцінці її якості;

- відносне значення показника якості продукції - відношення значення показника якості продукції, що оцінюється, до відповідного базового показника;
- регламентоване значення показника якості продукції – значення показника якості продукції, що встановлене нормативною документацією;
- номінальне значення показника якості продукції - значення показника якості продукції, яке відповідає певним середнім або фіксованим умовам і приймається за початок відліку допусків;
- граничне значення показників якості продукції - максимально або мінімально допустиме значення показника якості продукції;
- оптимальне значення показника якості продукції - значення показника якості продукції, при якому досягається найбільше відношення ефекту до втрат;
- рівень якості продукції - відносна характеристика якості продукції, побудована на порівнянні значень показників якості оцінюваної продукції з базовими значеннями;
- технічний рівень продукції - відносна характеристика якості продукції, побудована на порівнянні значень показників, які характеризують технічну досконалість оцінюваної продукції, з базовими значеннями відповідних показників;
- оцінка технічного рівня продукції - сукупність операцій, в яку входить вибір номенклатури показників, які характеризують технічну досконалість оцінюваної продукції, визначення значень цих показників і зіставлення їх з базовими;
- брак - продукція, передача якої споживачу неприпустима через наявність дефектів.

Мета статті: визначення чисельних значень і обґрунтування характеристик бракувальних, еталонних та базових показників простих властивостей зовнішньої та внутрішньої технічної безпеки приміщень загального користування багатоквартирного житлового будинку відповідно до вимог нормативної документації в галузі будівництва і результатів експертних оцінок.

Методи дослідження базуються на використанні системного аналізу, загальнонаукового емпіричного (спостереження, порівняння) та теоретичного методів (аналіз, синтез, формалізація), а також математичних моделей теорії кваліметрії.

Основний зміст дослідження: категорії та методи визначення бракувальних, базових та еталонних показників житлових багатоквартирних будинків згідно змісту відповідних властивостей діляться на [2]:

- без фізичних одиниць виміру та регламентації нормативною документацією;
- без фізичних одиниць виміру (або з комплексними одиницями виміру) з регламентацією нормативною документацією;
- з фізичними одиницями виміру без регламентації нормативною документацією;
- з фізичними одиницями виміру та регламентацією нормативною документацією.

Згідно вимог нормативної документації в галузі будівництва [8] передбачені терміни «допоміжні приміщення багатоквартирного житлового будинку» та «приміщення технічні» та визначені позначені ними поняття:

«п.п. 3.7 допоміжні приміщення багатоквартирного житлового будинку

Приміщення, призначені для забезпечення експлуатації будинку та побутового обслуговування його мешканців (колясочні, комори, сміттєзбірні камери, горища, підвали, шахти і машинні відділення ліфтів, вентиляційні камери та інші технічні приміщення).

3.38 приміщення технічні

Приміщення для розміщення обладнання теплових пунктів, електрощитових, венткамер, комутаторів, радіовузлів, машинних відділень ліфтів, холодильних установок».

Статтею 382 Цивільного кодексу України [13] щодо приміщень загального користування багатоквартирного житлового будинку визначено:

«Квартира як об'єкт права власності

1. Квартирою є ізольоване помешкання в житловому будинку, призначене та придатне для постійного у ньому проживання.

2. Усі власники квартир та нежитлових приміщень у багатоквартирному будинку є співвласниками на праві спільної сумісної власності спільного майна багатоквартирного будинку. Спільним майном багатоквартирного будинку є приміщення загального користування (у тому числі допоміжні), несучі, огороджувальні та несуче-огороджувальні конструкції будинку, механічне, електричне, сантехнічне та інше обладнання всередині або за межами будинку, яке обслуговує більше одного житлового або нежитлового приміщення, а також будівлі і споруди, які призначені для задоволення потреб усіх співвласників багатоквартирного будинку та розташовані на прибудинковій території, а також права на земельну ділянку, на якій розташований багатоквартирний будинок та його прибудинкова територія, у разі державної реєстрації таких прав».

Згідно нормативної документації в галузі будівництва та нормативно-правових актів до допоміжних приміщень багатоквартирного житлового будинку відносяться технічні приміщення (теплові пункти, електрощитові, венткамери, комутатори, радіовузли, машинні відділення ліфтів, холодильних установок) та приміщення загального користування (сходові клітки, коридори, вестибюлі, холи, колясочні, комори тощо).

Відповідно до вище наведених категорій і методів, а також на підставі аналізу нормативної документації в галузі будівництва, нормативно-правових актів, документальних даних та експертної оцінки, визначено наступні чисельні значення і обґрунтування характеристик бракувальних, еталонних та базових показників простих властивостей зовнішньої та внутрішньої технічної безпеки приміщень загального користування багатоквартирного житлового будинку, згідно розробленого кола властивостей містобудівної якості життя [3]:
кліматичний вплив:

- вітрові навантаження (*i=193*) - входить до складної властивості технічної зовнішньої безпеки приміщень загального користування багатоквартирного житлового будинку та характеризується стійкістю конструкцій до вітрових навантажень. Документальний відсотковий метод визначення показника відповідно до п. 9 [5]: не забезпечення стійкості несучих та/або огороджуючих конструктивних елементів - $q^{бр}=0\%;$ забезпечення стійкості - $q^{em}=100\%$;
- підтоплення (*i=194*) - входить до складної властивості технічної зовнішньої безпеки приміщень загального користування багатоквартирного житлового будинку та характеризується гідроізоляційним захистом несучих та огороджуючих конструктивних елементів будинку. Документальний відсотковий метод визначення показника відповідно до п. 4.1 [6]: не забезпечення захисту будівельних конструкцій від проникнення і шкідливої дії води та/або інших рідин - $q^{бр}=0\%;$ забезпечення захисту - $q^{em}=100\%$;

геологічний вплив:

- землетрус (*i=195*) - входить до складної властивості технічної зовнішньої безпеки приміщень загального користування багатоквартирного житлового будинку та характеризується сейсмічною стійкістю. Документальний відсотковий метод визначення показника відповідно до п. 7.1.1 [7]: не забезпечення сейсмічної стійкості - $q^{бр}=0\%,$ забезпечення - $q^{em}=100\%$;
- зсув ґрунту (*i=196*) - входить до складної властивості технічної зовнішньої безпеки приміщень загального користування багатоквартирного житлового будинку, пов’язаної з геологічним впливом та характеризується стійкістю до зсувів. Документальний відсотковий метод визначення показника

відповідно до п. 12.11 [9]: не забезпечення стійкості до зсувів - $q^{бр}=0\%$, забезпечення - $q^{ет}=100\%$;

технічний стан:

- інженерні мережі (*i=197, 198, 200*) - входить до складної властивості технічної внутрішньої безпеки приміщень загального користування багатоквартирного житлового будинку, пов'язаної з технічним станом і характеризується фізичним зносом інженерних систем електропостачання, електроосвітлення, опалення, сміттєпроводів. Документальний метод визначення показника відповідно до Таблиці 5.1 [12]: $q^{баз}<41\%$, $q^{ет}<21\%$, $q^{бр}>40\%$. При відмінних показниках зносу q визначається пропорційно питомій вазі елементів видів інженерних мереж;
- несучі конструкції (*i=201*) - входить до складної властивості технічної внутрішньої безпеки приміщень загального користування багатоквартирного житлового будинку, пов'язаної з технічним станом та характеризується фізичним зносом несучих конструкцій (фундаментів, стін, перекриття, даху). Документальний метод визначення показника відповідно до Таблиці 5.1 [12]: $q^{баз}<41\%$, $q^{ет}<21\%$, $q^{бр}>40\%$. При відмінних показниках зносу q визначається пропорційно питомій вазі конструктивних елементів;
- опорядження, покриття, отвори (*i=202*) - входить до складної властивості технічної внутрішньої безпеки приміщень загального користування багатоквартирного житлового будинку, пов'язаної з технічним станом і характеризується фізичним зносом опорядження стін, стелі, покриття підлоги, заповнення віконних та дверних отворів. Документальний метод визначення показника відповідно до Таблиці 5.1 [12]: $q^{баз}<41\%$, $q^{ет}<21\%$, $q^{бр}>40\%$. При відмінних показниках зносу q визначається пропорційно питомій вазі конструктивних елементів;

пожежна безпека:

- вогнестійкість (*i=203*) - входить до складної властивості технічної внутрішньої безпеки приміщень загального користування багатоквартирного житлового будинку і характеризується вогнестійкістю міжсекційних ненесучих стін в межах протипожежного відсіку і перегородок, що відокремлюють загальні коридори від інших приміщень. Документальний метод визначення показника відповідно до п. 8.2 [8]: клас вогнестійкості міжсекційних ненесучих стін в межах протипожежного відсіку і перегородок, що відокремлюють загальні коридори від інших приміщень в будинках I ступеня вогнестійкості (EI 60): $q^{баз}=q^{ет}>59хв.$, $q^{бр}<60хв.;$ в будинках II й III ступенів вогнестійкості (EI 45): $q^{баз}=q^{ет}>44хв.$, $q^{бр}<45хв.$;
- сповіщення (*i=204*) - входить до складної властивості технічної внутрішньої безпеки приміщень загального користування багатоквартирного

житлового будинку і характеризується системою пожежної сигналізації. Документальний відсотковий (базові показники відповідно до Додатку А [10]) та експертний відсотковий (еталонні та бракувальні показники) метод визначення: наявність в позаквартирних коридорах та ліфтових холах будинків з умовною висотою 26,5 м і вище пожежних сповіщувачів $q^{баз}=100\%$; наявність в позаквартирних коридорах та ліфтових холах всіх будинків пожежних сповіщувачів $q^{ет}=100\%$; відсутність в позаквартирних коридорах та ліфтових холах всіх будинків пожежних сповіщувачів $q^{бр}=0\%$;

- евакуація ($i=205$) - входить до складної властивості технічної внутрішньої безпеки приміщень загального користування багатоквартирного житлового будинку і характеризується розмірами евакуаційного виходу (дверей) з приміщень загального користування багатоквартирного житлового будинку. Документальний метод визначення показника відповідно до п. 7.2.7 [11]: Розміри у просвіті евакуаційних виходів: висота - $q^{баз}=q^{ет}>1,94м$, $q^{бр}<2,0м$; ширина - $q^{баз}=q^{ет}>0,74м$, $q^{бр}<0,8м$. При значенні хоча б одного з розмірів, що відповідає $q^{бр}$, загальний показник властивості $q=0\%$.

Подальші дослідження будуть зосереджені на визначені чисельних значень і обґрунтуванні характеристик решти бракувальних, еталонних та базових показників простих властивостей елементів житлового будинку та зовнішнього середовища, відповідно до розробленого кола властивостей містобудівної якості життя [3].

Висновок. На підставі аналізу нормативної документації в галузі будівництва, нормативно-правових актів та експертної оцінки визначено конкретні чисельні значення, обґрунтування характеристик і методи визначення бракувальних, еталонних та базових показників простих властивостей зовнішньої та внутрішньої технічної безпеки приміщень загального користування багатоквартирного житлового будинку.

Література:

1. Лісниченко С.В. Загальні принципи визначення вагомості показників властивостей містобудівної якості життя. - В зб. «Містобудування та територіальне планування», вип. 58. - К., КНУБА, 2015. - С. 266-272.

2. Лісниченко С.В. Еталонні та бракувальні значення показників властивостей містобудівної якості життя. - В зб. «Містобудування та територіальне планування», вип. 60. - Київ, КНУБА, 2016. - С. 214-219.

3. Лісниченко С.В. Коло властивостей містобудівної якості життя. – В зб. «Містобудування та територіальне планування», вип. 53. – К., КНУБА, 2014. – С. 297-301.

4. ДСТУ Б А.1.1-11-94 «Система стандартизації та нормування в

будівництві. Показники якості і методи оцінки рівня якості продукції. Терміни та визначення». – К.: Держстандарт України, 1994. – 39 с.

5. ДБН В.1.2-2:2006 «Система забезпечення надійності та безпеки будівельних об`єктів. Навантаження і впливи. Норми проектування». К.: Укрархбудинформ, 2006. – 79 с.

6. ДСТУ 9253:2023 «Настанова з проєктування гідроізоляції підземних будівельних конструкцій». – К.: Мінрегіон, 2023. – 46 с.

7. ДБН В.1.1-12:2025 «Будівництво у сейсмічних районах. Основні положення». - Київ: Міністерство розвитку громад та територій України, 2025. – 108 с.

8. ДБН В.2.2-15:2019 «Будинки і споруди. Житлові будинки. Основні положення». - К.: Мінрегіонбуд, 2019. – 47 с.

9. ДБН Б.2.2-12:2019. «Планування і забудова територій». – К.: Мінрегіон, 2019. – 177 с.

10. ДБН В.2.5-56:2014 «Системи протипожежного захисту». – К.: Мінрегіонбуд, 2014. – 97 с.

11. ДБН В.1.1-7:2016 «Пожежна безпека об`єктів будівництва. Загальні вимоги». - К.: Мінрегіонбуд, 2017. – 35 с.

12. СОУ ЖКГ 75.11 – 35077234.0015:2009. «Правила визначення фізичного зносу жилих будинків». К.: НДІпроектреконструкція, ДНДІАСБ, Укртехінвентаризація, 2009. – 50 с.

13. Цивільний кодекс України: Закон України від 16.01.2003 № 435-IV. Відомості Верховної Ради України. 2003. № 40-44. Ст. 356. URL: rada.gov.ua (дата звернення: 29.07.2026).

14. ДСТУ 9273:2024. «Настанова щодо обстеження будівель і споруд для визначення та оцінювання їхнього технічного стану. Механічний опір та стійкість» - Київ: ДП «УкрНДНЦ», 2024. - 78 с.

15. ДСТУ EN 13501-2:2023. «Пожежна класифікація будівельних виробів і будівельних конструкцій. Частина 2. Класифікація за результатами випробувань на вогнестійкість (крім складників вентиляційних систем) (EN 13501-2:2016, IDT) - Київ: ДП «УкрНДНЦ», 2023. - 29 с.

Ph.D., Associate Professor **Serhii Lisnychenko**,
PhD, Associate Professor **Nataliia Denysenko**,
Kyiv National University of Construction and Architecture

INDICATORS OF TECHNICAL SAFETY PROPERTIES OF ANNUAL ROOMS FOR GENERAL USE OF AN APARTMENT BUILDING

According to the general algorithm of the first theoretical stage, the basic principles of formulating reference, basic and reject values of indicators of urban planning quality of life properties and their categories were developed in accordance with the requirements of regulatory documentation in the field of construction and the results of expert assessments, which in turn provide the opportunity to determine the numerical values and substantiate the characteristics of reject, reference and basic indicators of simple properties of the functionality of a residential building, in particular the external and internal technical safety of common areas of an apartment building.

The regulatory documentation provides for the following terms and definitions of the concepts indicated by them regarding product quality indicators in construction:

- basic product quality indicator - the value of the product quality indicator, which is taken as the basis for a comparative assessment of its quality;
- relative value of the product quality indicator - the ratio of the value of the product quality indicator being evaluated to the corresponding basic indicator;
- regulated value of the product quality indicator - the value of the product quality indicator established by regulatory documentation;
- nominal value of product quality indicator - the value of the product quality indicator, which corresponds to certain average or fixed conditions and is taken as the beginning of the tolerance countdown;
- limit value of product quality indicators - the maximum or minimum permissible value of the product quality indicator;
- optimal value of product quality indicator - the value of the product quality indicator, at which the greatest ratio of effect to losses is achieved;
- product quality level - a relative characteristic of product quality, built on a comparison of the values of the quality indicators of the evaluated product with the base values;
- technical level of products - a relative characteristic of product quality, built on a comparison of the values of indicators that characterize the technical perfection of the evaluated product, with the base values of the corresponding indicators;

- assessment of the technical level of products - a set of operations, which includes the selection of the nomenclature of indicators that characterize the technical perfection of the evaluated product, determining the values of these indicators and comparing them with the base ones;
- defect - products, the transfer of which to the consumer is unacceptable due to the presence of defects.

Categories and methods for determining defective, basic and reference indicators of residential buildings according to the content of the relevant properties are divided into:

- without physical units of measurement and regulation by regulatory documentation;
- without physical units of measurement (or with complex units of measurement) with regulation by regulatory documentation;
- with physical units of measurement without regulation by regulatory documentation;
- with physical units of measurement and regulation by regulatory documentation.

Based on the analysis of regulatory documentation in the field of construction, regulatory legal acts and expert assessment, specific numerical values, justification of characteristics and methods for determining defective, reference and basic indicators of simple properties of external and internal technical safety of common premises of an apartment building have been determined.

Further research will focus on determining the numerical values and substantiating the characteristics of the remaining defective, reference and basic indicators of simple properties of elements of a residential building and the external environment, in accordance with the developed range of properties of urban planning quality of life.

Keywords: expert assessment; auxiliary premises of an apartment building; technical equipment of an apartment building; reference; defective; basic values; percentage; documentary; expert methods of determining indicators; technical condition; physical wear; fire safety, technical premises.

REFERENCES

1. Lisnychenko S.V. Zahalni pryntsypy vyznachennia vahomosti pokaznykiv vlastyvostei mistobudivnoi yakosti zhyttia. - V zb. «Mistobuduvannia ta terytorialne planuvannia», vyp. 58. - K., KNUBA, 2015. - s. 266-272. {in Ukrainian}.
2. Lisnychenko S.V. Etalonni ta brakuvalni znachennia pokaznykiv vlastyvostei mistobudivnoi yakosti zhyttia. - V zb. «Mistobuduvannia ta terytorialne planuvannia», vyp. 60. - Kyiv, KNUBA, 2016. - s. 214-219. {in Ukrainian}.

3. Lisnychenko S.V. Kolo vlastyvostei mistobudivnoi yakosti zhyttia. – V zb. «Mistobuduvannia ta terytorialne planuvannia», vyp. 53. – K., KNUBA, 2014. – s. 297-301. {in Ukrainian}.

4. DSTU B A.1.1-11-94 «Systema standartyzatsii ta normuvannia v budivnytstvi. Pokaznyky yakosti i metody otsinky rivnia yakosti produktsii. Terminy ta vyznachennia». – K.: Derzhstandart Ukrainy, 1994. – 39 s.

5. DBN V.1.2-2:2006 «Systema zabezpechennia nadiinosti ta bezpeky budivelnykh ob`iektiv. Navantazhennia i vplyvy. Normy proektuvannia». K.: Ukrarkhbudynform, 2006. – 79 s. {in Ukrainian}.

6. DSTU 9253:2023 «Nastanova z proiektuvannia hidroizoliatsii pidzemnykh budivelnykh konstruktsii». – K.: Minrehion, 2023. – 46 s. {in Ukrainian}.

7. DBN V.1.1-12:2025 «Budivnytstvo u seismichnykh raionakh. Osnovni polozhennia». - Kyiv: Ministerstvo rozvytku hromad ta terytorii Ukrainy, 2025. – 108 s. {in Ukrainian}.

8. DBN V.2.2-15:2019 «Budynky i sporudy. Zhytlovi budynky. Osnovni polozhennia». - K.: Minrehionbud, 2019. – 47 s. {in Ukrainian}.

9. DBN B.2.2-12:2019. «Planuvannia i zabudova terytorii». – K.: Minrehion, 2019. – 177 s. {in Ukrainian}.

10. DBN V.2.5-56:2014 «Systemy protypozhezhnoho zakhystu». – K.: Minrehionbud, 2014. – 97 s. {in Ukrainian}.

11. DBN V.1.1-7:2016 «Pozhezhna bezpeka ob`iektiv budivnytstva. Zahalni vymohy». - K.: Minrehionbud, 2017. – 35 s. {in Ukrainian}.

12. SOU ZhKH 75.11 – 35077234.0015:2009. «Pravyla vyznachennia fizychnoho znosu zhylykh budynkiv». K.: NDIproektrekonstruktsiia, DNDIASB, Ukrtekhinventaryzatsiia, 2009. – 50 s. {in Ukrainian}.

13. Tsyvilnyi kodeks Ukrainy: Zakon Ukrainy vid 16.01.2003 № 435-IV. Vidomosti Verkhovnoi Rady Ukrainy. 2003. № 40-44. St. 356. URL: rada.gov.ua (data zvernennia: 29.07.2026). {in Ukrainian}.

14. DSTU 9273:2024. «Nastanova shchodo obstezhennia budivel i sporud dlia vyznachennia ta otsiniuvannia yikhnoho tekhnichnoho stanu. Mekhanichnyi opir ta stiikist» - Kyiv: DP «UkrNDNTs», 2024. - 78 s. {in Ukrainian}.

15. DSTU EN 13501-2:2023. «Pozhezhna klasyfikatsiia budivelnykh vyrobiv i budivelnykh konstruktsii. Chastyna 2. Klasyfikatsiia za rezultatamy vyprobuvan na vohnestiikist (krim skladnykiv ventyliatsiinykh system) (EN 13501-2:2016, IDT) - Kyiv: DP «UkrNDNTs», 2023. - 29 s. {in Ukrainian}.

DOI: 10.32347/2076-815x.2026.93.522-537
УДК 69.003:005.21:658.512
к.т.н., доцент **Малихін М.О.,**
malykhin.mo@knuba.edu.ua, ORCID: 0000-0002-9721-2733,
Київський національний університет будівництва і архітектури

СТРАТЕГІЧНІ ПРИНЦИПИ ОРГАНІЗАЦІЙНОГО ФОРМУВАННЯ БУДІВЕЛЬНОГО ДЕВЕЛОПМЕНТУ З УРАХУВАННЯМ ПОВНОГО ЖИТТЄВОГО ЦИКЛУ ОБ'ЄКТА БУДІВНИЦТВА

Стратегічний розвиток будівельного девелопменту в сучасних умовах визначається необхідністю інтеграції організаційних, інвестиційних, технологічних та управлінських механізмів у межах повного життєвого циклу об'єкта будівництва. Підвищення складності девелоперських проєктів, цифровізація будівельної галузі, посилення інвестиційних ризиків і необхідність забезпечення довгострокової економічної ефективності актуалізують формування стратегічно орієнтованих моделей організаційного розвитку. Запропоновано концептуальні засади організаційного формування будівельного девелопменту, що ґрунтуються на інтеграції стратегічного планування, ресурсного балансування, управління ризиками, інформаційно-аналітичного забезпечення та цифрових технологій у єдину систему підтримки управлінських рішень. Обґрунтовано використання життєво-циклового підходу як основи формування довгострокової стратегії розвитку девелоперських підприємств. Сформовано систему аналітичних показників для комплексного оцінювання організаційної результативності, інвестиційної ефективності, ризикового навантаження та стратегічної адаптивності девелоперських проєктів. Практичне використання запропонованого підходу забезпечує можливість оцінювання альтернативних сценаріїв розвитку, оптимізації взаємодії зі стейкхолдерами, підвищення якості управління ресурсами та вдосконалення процесів прийняття стратегічних рішень. Інтеграція цифрових платформ, BIM-технологій, систем моніторингу та сучасних організаційних моделей створює передумови для підвищення ефективності реалізації будівельних проєктів, забезпечення конкурентоспроможності девелоперських підприємств і формування стійкої системи управління повним життєвим циклом об'єкта будівництва в умовах трансформації будівельної галузі.

Ключові слова: будівельний девелопмент; життєвий цикл об'єкта будівництва; стратегічне управління; організаційне формування; інвестиційна ефективність; ризик-менеджмент; цифрова трансформація; BIM-технології.

Постановка проблеми: Сучасний розвиток будівельної галузі характеризується суттєвим ускладненням процесів реалізації девелоперських проєктів, що обумовлено високою інвестиційною капіталомісткістю, тривалими строками будівництва, динамічністю ринкового середовища та необхідністю забезпечення ефективного функціонування об'єктів протягом усього життєвого циклу. За таких умов будівельний девелопмент перетворюється із процесу реалізації окремого проєкту на комплексну систему стратегічного управління, яка охоплює стадії ініціації, проєктування, будівництва, експлуатації, модернізації та подальшої трансформації об'єкта. Традиційні підходи до організаційного формування девелоперської діяльності, орієнтовані переважно на контроль окремих етапів будівництва, уже не забезпечують необхідного рівня адаптивності, інформаційної узгодженості та довгострокової економічної результативності. Особливої актуальності набуває інтеграція стратегічного планування, фінансово-інвестиційного аналізу, управління ризиками, цифрових технологій та сучасних організаційних моделей у межах єдиної системи підтримки управлінських рішень.

Метою статті є обґрунтування стратегічних принципів організаційного формування будівельного девелопменту з урахуванням повного життєвого циклу об'єкта будівництва шляхом інтеграції організаційних, інвестиційних, фінансових, інформаційно-аналітичних та цифрових компонентів у єдину систему стратегічного управління. Досягнення поставленої мети передбачає формування концептуальної моделі життєво-циклового управління, обґрунтування організаційно-аналітичного забезпечення девелоперських проєктів, удосконалення підходів до оцінювання ризиків та інвестиційної ефективності, а також визначення можливостей використання сучасних цифрових технологій для підвищення результативності стратегічного розвитку будівельних підприємств.

Аналіз останніх досліджень і публікацій: Проблематика стратегічного розвитку будівельного девелопменту та організаційного формування систем управління будівельними проєктами активно розвивається у сучасних наукових дослідженнях, присвячених удосконаленню механізмів реалізації інвестиційно-будівельної діяльності. Значна увага приділяється питанням стратегічного планування, управління життєвим циклом об'єктів будівництва, розвитку девелоперських моделей, інтеграції цифрових технологій, удосконаленню організаційних структур і підвищенню ефективності використання інвестиційних ресурсів. Окремий напрям досліджень пов'язаний із застосуванням концепції повного життєвого циклу будівельних об'єктів, яка передбачає розгляд процесів ініціації, проєктування, будівництва, експлуатації,

модернізації та трансформації як єдиної інтегрованої системи стратегічного управління.

Виклад основного матеріалу: Ключовим завданням стратегічного формування будівельного девелопменту є створення такої моделі організаційного розвитку, яка дозволяє забезпечити максимізацію економічної ефективності на всіх етапах реалізації проєкту. Це досягається шляхом інтеграції інструментів стратегічного планування, ризик-менеджменту, ресурсного балансування та цифрового моніторингу процесів.

Для комплексної оцінки ефективності організаційного формування будівельного девелопменту застосовується інтегральний показник:

$$K_{od} = \frac{R_s + I_f + T_o + M_a}{C_t}, \quad (1)$$

де K_{od} — інтегральний коефіцієнт організаційного девелопменту, R_s — ресурсна стабільність, I_f — інвестиційна ефективність, T_o — технологічна оптимізація, M_a — ринкова адаптивність, C_t — сукупні витрати життєвого циклу.

Даний показник дозволяє визначити рівень стратегічної збалансованості проєкту та його здатність до довготривалого функціонування в умовах динамічного ринку.

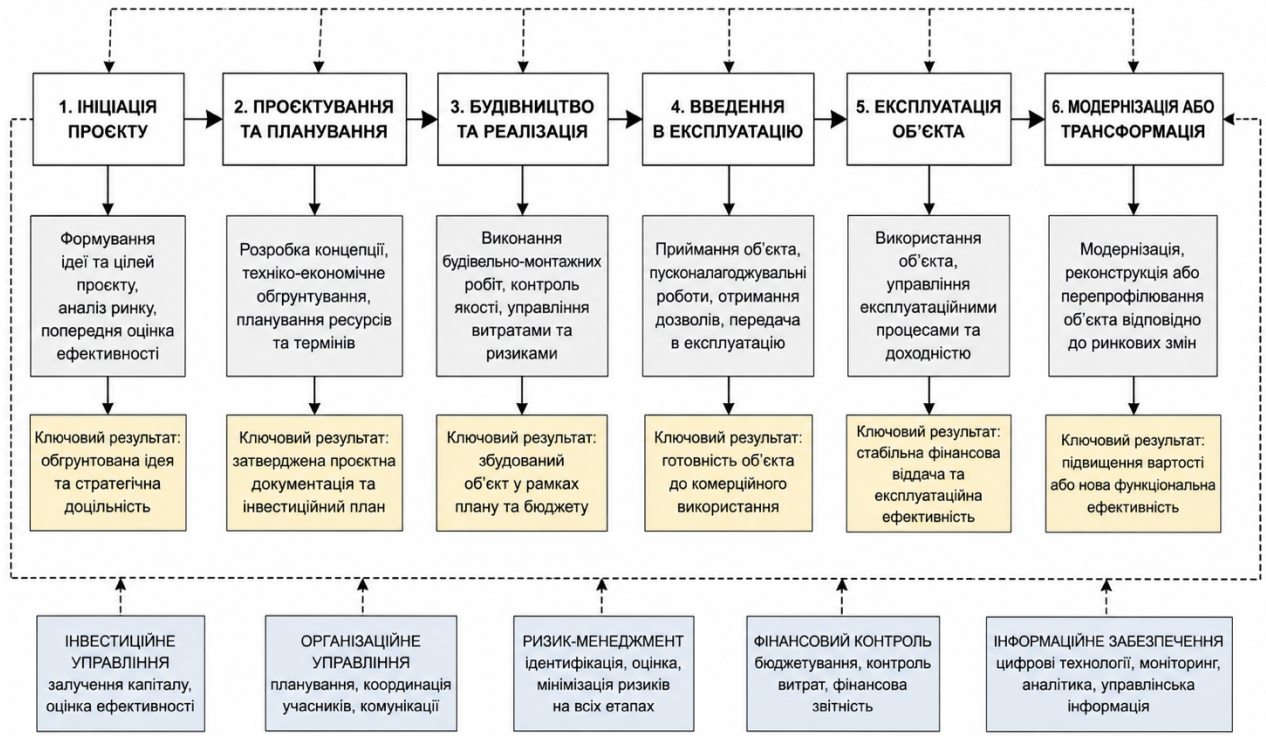


Рис. 1. Структурна модель життєвого циклу об'єкта будівництва в системі стратегічного девелопменту *(розроблено автором на основі [1])*

Особливістю стратегічного девелопменту є необхідність врахування повного спектра факторів, що впливають на проєкт: економічних, правових, соціальних, екологічних та технологічних [1].

Для систематизації стратегічної логіки будівельного девелопменту доцільним є рисунок 1, що дозволяє візуалізувати послідовність управлінських процесів, ресурсну інтеграцію та стратегічні точки прийняття рішень на кожному етапі реалізації проєкту.

Важливим елементом стратегічного підходу виступає структуризація фаз життєвого циклу об'єкта з позиції організаційних функцій, що дозволяє забезпечити цілісність управління.

Для більш детального аналітичного узагальнення функціонального змісту кожного етапу життєвого циклу об'єкта будівництва та визначення відповідних стратегічних управлінських механізмів доцільно представити структуровану характеристику фаз девелопменту у таблиці 1 [2].

Таблиця 1.

Стратегічна характеристика етапів життєвого циклу об'єкта будівництва в системі будівельного девелопменту *(розроблено автором на основі [2])*

Етап життєвого циклу	**Характеристика процесу**	**Стратегічні управлінські функції**
Ініціація	Формування концепції	Аналіз ринку, прогнозування
Проєктування	Інженерно-економічне обґрунтування	Інвестиційне планування
Будівництво	Реалізація проєкту	Контроль ресурсів і термінів
Експлуатація	Використання активу	Управління доходністю
Модернізація	Підвищення вартості	Реінжиніринг
Трансформація	Перепрофілювання або завершення	Стратегічне оновлення

Застосування життєво-циклового підходу дозволяє формувати довгострокові стратегії розвитку будівельного підприємства, орієнтовані на стабілізацію прибутковості, мінімізацію витрат, оптимізацію інвестицій та підвищення конкурентоспроможності.

Організаційно-аналітичне забезпечення девелоперських проєктів є центральним елементом стратегічного управління будівельним девелопментом, оскільки саме на цьому рівні здійснюється поєднання управлінських рішень, ресурсного планування, фінансової оцінки, контролю ризиків та координації учасників проєкту. Якщо перше питання розкриває загальну логіку формування девелопменту в межах життєвого циклу об'єкта, то друге питання поглиблює аналіз через розгляд інструментів, які забезпечують практичну реалізацію стратегічних цілей на етапах підготовки, проєктування, будівництва та введення об'єкта в експлуатацію [3].

У межах девелоперського проєкту організаційна система не може функціонувати як статична структура, оскільки кожна фаза реалізації потребує різного рівня управлінської концентрації, фінансового навантаження, інформаційного супроводу та контролю виконавців. На передінвестиційному етапі пріоритетним є аналіз ринкового середовища, прогнозування попиту, визначення вартості земельної ділянки, оцінка дозвільних ризиків та попереднє моделювання фінансової доцільності. На етапі проєктування ключового значення набувають архітектурно-планувальні рішення, техніко-економічне обґрунтування, формування кошторисної бази та вибір організаційної схеми управління. У процесі будівництва домінують питання ресурсного забезпечення, календарного планування, контролю витрат, управління підрядниками та мінімізації відхилень від затвердженого бюджету. Завершальна фаза передбачає введення об'єкта в експлуатацію, комерціалізацію площ, оцінку фактичної ефективності та формування управлінських висновків для подальших девелоперських циклів.

Для наочного відображення взаємозв'язку між організаційними блоками девелоперського проєкту доцільно представити рисунок 2, у якому стратегічний центр управління координує фінансовий, ресурсний, проєктний, ризиковий та інформаційний контури [4].

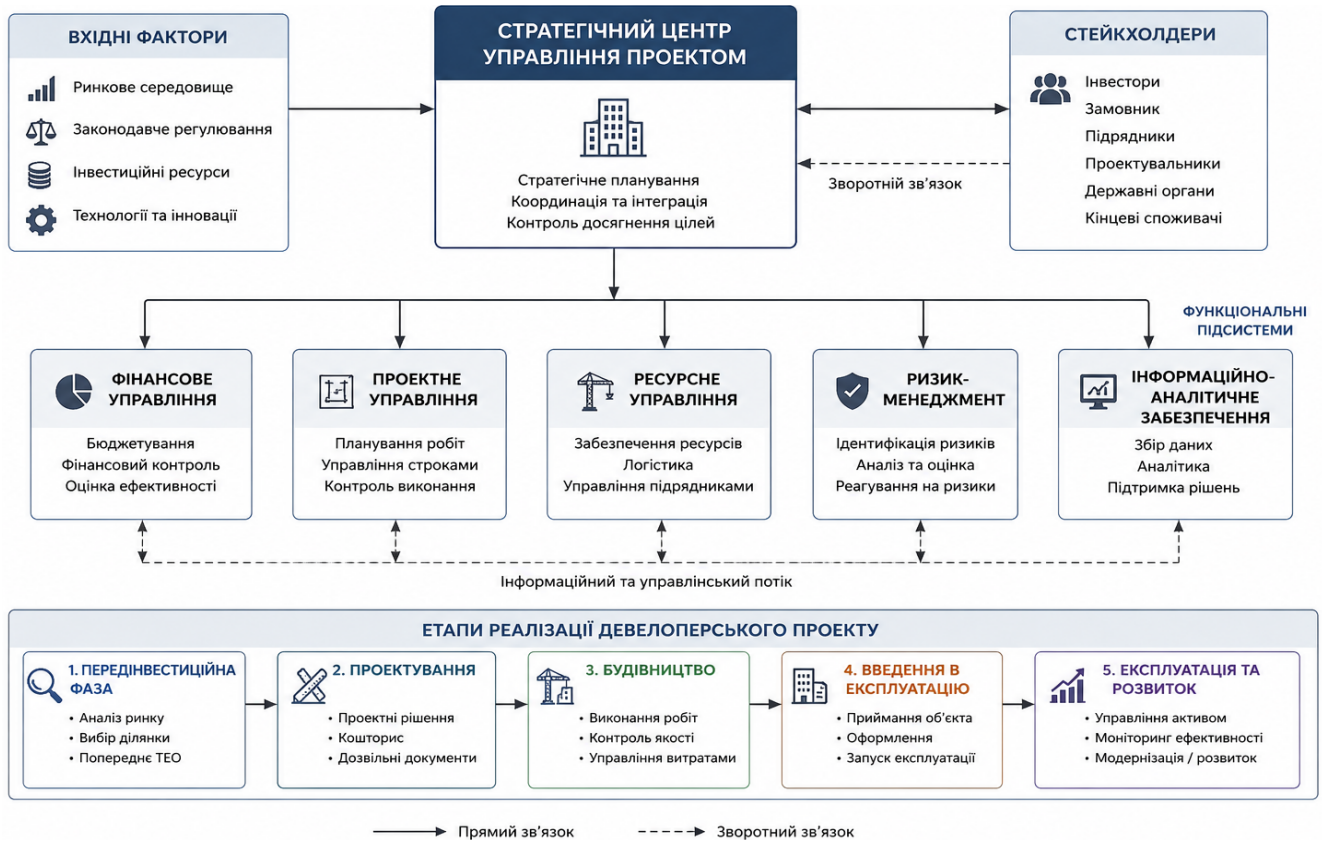


Рис. 2. Організаційно-аналітична модель управління девелоперським проєктом на етапах реалізації *(розроблено автором на основі [4])*

Особливе місце в організаційно-аналітичному забезпеченні посідає система взаємодії зі стейкхолдерами. Девелоперський проєкт характеризується високою кількістю зацікавлених сторін, кожна з яких має власний рівень впливу, очікувань, ресурсної участі та потенційного ризику для реалізації об'єкта. Недостатня координація між інвесторами, замовниками, підрядниками, органами регулювання, фінансовими установами та кінцевими споживачами може призвести до затримок, збільшення витрат, зниження якості або втрати інвестиційної привабливості проєкту [5].

Аналітична оцінка стейкхолдерів повинна враховувати не лише рівень їх формального впливу, але й силу підтримки, ймовірність опору та здатність управлінського центру впливати на їхню поведінку. Для цього доцільно застосовувати узагальнений коефіцієнт стейкхолдерської напруженості:

$$K_s = \frac{\sum_{i=1}^{n}(W_i \times R_i \times |P_i|)}{\sum_{i=1}^{n}(L_i+1)}, \quad (2)$$

де K_s — коефіцієнт стейкхолдерської напруженості, W_i — рівень впливовості i-го стейкхолдера, R_i — імовірність виникнення опору або конфлікту, P_i — інтенсивність позиції стейкхолдера щодо проєкту, L_i — здатність керівного центру впливати на відповідного стейкхолдера, n — кількість стейкхолдерів.

Для девелоперського проєкту візьмемо чотири ключові групи стейкхолдерів: інвестори, підрядники, органи регулювання та покупці. Якщо $W_i = 5; 4; 5; 3$, $R_i = 0{,}2; 0{,}35; 0{,}5; 0{,}25$, $P_i = 4; 3; -3; 2$, а $L_i = 3; 2; 2; 4$, тоді:

$$K_s = \frac{(5 \times 0{,}2 \times 4) + (4 \times 0{,}35 \times 3) + (5 \times 0{,}5 \times 3) + (3 \times 0{,}25 \times 2)}{(3+1) + (2+1) + (2+1) + (4+1)}.$$

$$K_s = \frac{4 + 4{,}2 + 7{,}5 + 1{,}5}{15} = 1{,}15.$$

Отримане значення свідчить про помірний рівень стейкхолдерської напруженості, однак найбільший внесок у ризик формують органи регулювання, що потребує посилення правового супроводу, комунікаційної прозорості та попереднього погодження ключових дозвільних процедур.

Для деталізації організаційного забезпечення девелоперського проєкту доцільно застосовувати декомпозиційну структуру робіт [5]. Рисунок 3 дозволяє розподілити складний проєкт на окремі керовані блоки, WBS-структура

забезпечує зв’язок між стратегічною метою, календарним планом, ресурсними потребами, відповідальними виконавцями та контрольними точками реалізації.

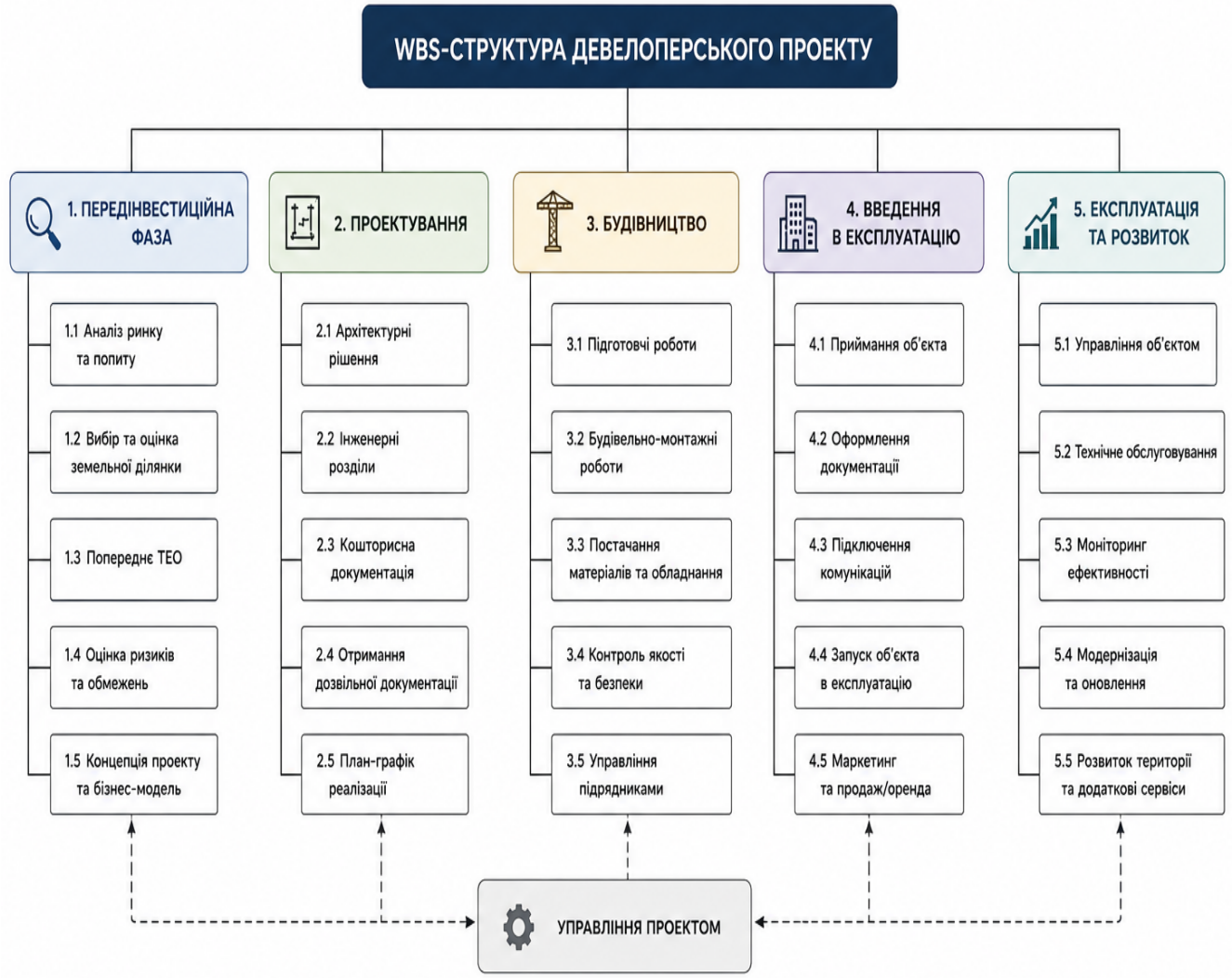


Рис. 3. Декомпозиційна WBS-структура девелоперського проєкту за фазами реалізації
(розроблено автором на основі [5])

Використання WBS у будівельному девелопменті дозволяє не лише структурувати процес виконання робіт, але й сформувати основу для бюджетного контролю. Кожен елемент декомпозиції може бути пов’язаний із конкретним обсягом витрат, терміном виконання, виконавцем та очікуваним результатом.

Важливою складовою організаційно-аналітичного забезпечення є оцінка ризиків. У будівельному девелопменті ризики мають комплексний характер і можуть виникати на різних рівнях: фінансовому, технічному, організаційному, правовому, ринковому та інформаційному. Для їх систематизації сформовано таблицю 2, у якій ризики оцінюються за ймовірністю виникнення, рівнем впливу та інтегральним ризиковим балом [6].

Таблиця 2.

Матриця оцінювання ризиків девелоперського проєкту на етапах реалізації *(розроблено автором на основі [6])*

Вид ризику	**Ймовірність виникнення**	**Рівень впливу**	**Інтегральний бал ризику**
Фінансовий	0,45	0,80	0,360
Дозвільно-правовий	0,50	0,85	0,425
Ресурсний	0,40	0,70	0,280
Техніко-проєктний	0,35	0,65	0,228
Ринковий	0,55	0,75	0,413
Інформаційно-управлінський	0,30	0,60	0,180

Для узагальненої оцінки ризикового навантаження доцільно використати зважений коефіцієнт сукупного ризику:

$$K_r = \sum_{j=1}^{m} q_j \times p_j \times d_j, \quad (3)$$

де K_r— сукупний коефіцієнт ризику девелоперського проєкту, q_j— вагомість j-го ризику в загальній системі управління, p_j— ймовірність виникнення ризику, d_j— рівень впливу ризику на результативність проєкту, m— кількість груп ризиків.

Якщо для шести ризиків прийняти вагові коефіцієнти $q_j = 0{,}22; 0{,}24; 0{,}14; 0{,}12; 0{,}20; 0{,}08$, тоді:

$$K_r = (0{,}22 \times 0{,}45 \times 0{,}80) + (0{,}24 \times 0{,}50 \times 0{,}85) + (0{,}14 \times 0{,}40 \times 0{,}70) + (0{,}12 \times 0{,}35 \times 0{,}65) + (0{,}20 \times 0{,}55 \times 0{,}75) + (0{,}08 \times 0{,}30 \times 0{,}60).$$

$$K_r = 0{,}0792 + 0{,}1020 + 0{,}0392 + 0{,}0273 + 0{,}0825 + 0{,}0144 = 0{,}3446.$$

Значення $K_r = 0{,}3446$ характеризує середній рівень ризикового навантаження, за якого реалізація проєкту є можливою, але потребує посиленого контролю за дозвільними процедурами, фінансовим резервуванням та ринковим позиціонуванням об’єкта.

Не менш важливим елементом є фінансово-економічна оцінка доцільності реалізації девелоперського проєкту. Одним із ключових показників є чиста теперішня вартість:

$$NPV = \sum_{t=1}^{T} \frac{CF_t}{(1+r)^t} - I_0, \quad (4)$$

де NPV— чиста теперішня вартість проєкту, CF_t— грошовий потік у періоді t, r— ставка дисконтування, T — тривалість розрахункового періоду, I_0— початкові інвестиції.

Початкові інвестиції у девелоперський проєкт становлять $I_0 = 38{,}0$млн грн, прогнозовані грошові потоки за чотири роки дорівнюють $CF_1 = 9{,}5$млн грн, $CF_2 = 13{,}8$млн грн, $CF_3 = 17{,}4$млн грн, $CF_4 = 20{,}2$млн грн, а ставка дисконтування становить $r = 0{,}16$. Тоді:

$$NPV = \frac{9{,}5}{1{,}16} + \frac{13{,}8}{1{,}16^2} + \frac{17{,}4}{1{,}16^3} + \frac{20{,}2}{1{,}16^4} - 38{,}0.$$

$$NPV = 8{,}19 + 10{,}25 + 11{,}15 + 11{,}17 - 38{,}0 = 2{,}76 \text{ млн грн}.$$

Додатне значення чистої теперішньої вартості свідчить про фінансову доцільність реалізації проєкту, оскільки дисконтовані грошові надходження перевищують обсяг початкових інвестицій. Водночас отриманий запас ефективності не є надмірним, тому організаційна система повинна забезпечити контроль витрат, недопущення затримок та підтримання запланованого рівня реалізації площ [7].

Для більш складної оцінки ефективності організаційно-аналітичного забезпечення доцільно поєднати фінансовий, часовий і ризиковий контури в межах узагальненого показника:

$$K_{oa} = \frac{NPV \times (1-\Delta T) \times (1-K_r)}{I_0 \times (1+\Delta C)}, \quad (5)$$

де K_{oa}— коефіцієнт організаційно-аналітичної результативності, NPV— чиста теперішня вартість проєкту, ΔT— відносне відхилення фактичної тривалості від планової, K_r— сукупний коефіцієнт ризику, I_0— початкові інвестиції, ΔC— відносне перевищення витрат.

Якщо $NPV = 2{,}76$млн грн, $K_r = 0{,}3446$, $\Delta T = 0{,}06$, $\Delta C = 0{,}04$, $I_0 = 38{,}0$млн грн, тоді:

$$K_{оа} = \frac{2{,}76 \times (1 - 0{,}06) \times (1 - 0{,}3446)}{38{,}0 \times (1 + 0{,}04)}.$$

$$K_{оа} = \frac{2{,}76 \times 0{,}94 \times 0{,}6554}{39{,}52} = 0{,}0430.$$

Отримане значення показує, що після врахування ризиків, часових відхилень і перевищення витрат організаційно-аналітична результативність проєкту знижується.

Організаційно-аналітичне забезпечення девелоперських проєктів є системою практичного перетворення стратегічних цілей у керовані управлінські рішення. Його ефективність визначається здатністю девелопера координувати стейкхолдерів, структурувати роботи, контролювати ризики, оцінювати фінансову доцільність і своєчасно реагувати на відхилення.

У сучасному будівельному секторі підвищення ефективності девелопменту визначається не лише здатністю підприємства реалізувати окремий будівельний проєкт, але й рівнем стратегічного управління всією системою розвитку об’єкта протягом повного життєвого циклу. В умовах високої ринкової нестабільності, посилення конкуренції, зростання інвестиційних ризиків та необхідності інтеграції цифрових технологій будівельний девелопмент трансформується у складний механізм довгострокового управління, що вимагає комплексного підходу до планування, реалізації, експлуатації та подальшої модернізації будівельних активів.

Ефективність девелопменту безпосередньо залежить від здатності підприємства формувати стратегічно адаптивну організаційну структуру, яка забезпечує безперервність управління на всіх фазах існування об’єкта. Це передбачає інтеграцію фінансового менеджменту, проєктного адміністрування, інформаційно-аналітичних систем, маркетингових стратегій та ризик-менеджменту в єдину систему прийняття рішень. Підхід дозволяє забезпечити стабільність функціонування девелоперської компанії навіть за умов змін зовнішнього середовища, коливань попиту на нерухомість, законодавчих трансформацій та ресурсних обмежень.

Стратегічне управління життєвим циклом об’єкта будівництва передбачає, що кожна стадія — від концептуального формування проєкту до його експлуатації — розглядається як частина єдиної довгострокової інвестиційної стратегії. На передінвестиційному етапі основний акцент робиться на дослідженні ринку, оцінці перспективності локації, формуванні концепції забудови та інвестиційної моделі. Під час проєктування і будівництва пріоритет

зміщується у площину ресурсної оптимізації, технологічної ефективності, організаційної координації та забезпечення якості. На експлуатаційній стадії ключовими стають питання підтримання прибутковості, управління витратами на утримання, модернізації та адаптації об'єкта до нових економічних умов.

У межах стратегічного управління важливу роль відіграє цифровізація будівельного девелопменту. Використання BIM-технологій, автоматизованих систем контролю витрат, цифрових платформ управління підрядниками, CRM-систем взаємодії з клієнтами та інтелектуальних систем моніторингу дозволяє значно підвищити точність управлінських рішень. Цифрова трансформація сприяє скороченню часових втрат, мінімізації ресурсних перевитрат, покращенню якості контролю та забезпечує оперативне реагування на ризики [7].

Не менш важливим фактором виступає інноваційна складова будівельного девелопменту. Сучасні стратегічні моделі передбачають активне використання енергоефективних технологій, екологічного проектування, «зеленого» будівництва, автоматизованих систем управління інженерними мережами та інтелектуальної інфраструктури.

Важливою умовою стратегічного розвитку є формування адаптивної системи ризик-менеджменту, яка охоплює не тільки етап будівництва, але й повний період функціонування об'єкта [8]. Управління ризиками повинно враховувати ринкові коливання, зміни вартості капіталу, інфляційні процеси, технологічне старіння, правові зміни та соціально-економічні тенденції.

Таблиця 3 демонструє, що найбільш стійка стратегія розвитку девелопера полягає у формуванні збалансованого портфеля проєктів, де різні сегменти компенсують коливання один одного [9].

Таблиця 3.

Стратегічні напрями диверсифікації будівельного девелопменту

(розроблено автором на основі [9])

Напрям девелопменту	**Основні переваги**	**Потенційні ризики**	**Стратегічна доцільність**
Житловий	Стабільний попит	Залежність від купівельної спроможності	Висока
Комерційний	Висока прибутковість	Ринкова нестабільність	Висока
Логістичний	Довгострокові контракти	Великі стартові інвестиції	Середня
Інфраструктурний	Державна підтримка	Бюрократичні обмеження	Висока
Реконструкційний	Менші витрати на землю	Технічні складнощі	Середня

З таблиці 4 видно, що найбільш вагомими факторами стратегічного зростання виступають цифровізація, інноваційність та екологічна орієнтація, оскільки саме вони формують довгострокові конкурентні переваги підприємства [10].

Таблиця 4.

Порівняльна характеристика стратегічних факторів підвищення ефективності будівельного девелопменту *(розроблено автором на основі [10])*

Стратегічний фактор	**Вплив на ефективність**	**Рівень значущості**	**Довгостроковий ефект**
Цифровізація	Скорочення витрат	Високий	Дуже високий
Диверсифікація портфеля	Зниження ринкових ризиків	Високий	Високий
Інноваційні технології	Підвищення якості	Високий	Дуже високий
Організаційна адаптивність	Оптимізація управління	Середній	Високий
Маркетингове позиціонування	Зростання продажів	Середній	Середній
Екологічність	Підвищення інвестиційної привабливості	Високий	Дуже високий

Висновок

У ході роботи було обґрунтовано, що ключовою передумовою ефективного розвитку девелоперських систем виступає стратегічна інтеграція всіх фаз життєвого циклу будівельного об’єкта. Саме системний підхід забезпечує узгодженість між інвестиційними рішеннями, проєктуванням, ресурсним забезпеченням, будівельною реалізацією, експлуатацією та довгостроковою економічною результативністю. Особливу увагу було приділено організаційно-аналітичному забезпеченню девелоперських проєктів, яке визначає практичну здатність підприємства реалізовувати стратегічні цілі через ефективне управління ресурсами, ризиками, стейкхолдерами, фінансовими потоками та календарним плануванням. Доведено, що результативність будівельного девелопменту значною мірою залежить від якості організаційної структури, гнучкості управлінських моделей, точності аналітичних інструментів та здатності оперативно реагувати на зовнішні й внутрішні ризики.

Література

1. Мудра М.С. Економічна оцінка інноваційного розвитку підприємств в системі будівельного девелопменту: дис. … д-ра філософії: спец. 051 «Економіка» / Київський національний університет будівництва і архітектури. Київ, 2024. 230 с. [Електронний ресурс]. – Режим доступу:

https://www.knuba.edu.ua/wp-content/uploads/2024/07/dysertacziya_mudra-m.s._dlya-pidpysu.pdf

2. Poltavets I. Integration of Development, Design, Construction and Facility Management in Life Cycle Management of a Construction Project // Ways to Improve Construction Efficiency. 2026. Vol. 2, No. 57. P. 351–361. DOI: https://doi.org/10.32347/2707-501x.2026.57(2).351-361. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://doi.org/10.32347/2707-501x.2026.57(2).351-361

3. Мартенс І.А. Стратегічні інструменти міського розвитку: оцінка та пріоритизація проєктів: кваліфікаційна випускна робота на здобуття освітнього ступеня магістра: спец. 192 «Будівництво та цивільна інженерія» / Київський національний університет будівництва і архітектури. Київ, 2025. 77 с. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://repositary.knuba.edu.ua/server/api/core/bitstreams/b3245187-4090-4803-b2a8-144186b03bde/content

4. Бінд , В., Кучеренко , О., Чуприна , Х., Чуприна , Ю., Горбач , М., & Петруха , С.. (2021). ВАРТІСНО-ІНЖИНІРИНГОВІ КОМПОНЕНТИ ПОПЕРЕДЖЕННЯ ЕКОНОМІЧНИХ ДЕСТРУКЦІЙ В ДІЯЛЬНОСТІ УЧАСНИКІВ ПРОЄКТІВ БУДІВЕЛЬНОГО ДЕВЕЛОПМЕНТУ. *Управління розвитком складних систем*, (45), 121–130. https://doi.org/10.32347/2412-9933.2021.45.121-130

5. Мойсеєнко І., Ревак І., Миськів Г., Чапляк Н. Інвестиційний аналіз: навч. посіб. Львів: Львівський державний університет внутрішніх справ, 2019. 276 с. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://dspace.lvduvs.edu.ua/bitstream/1234567890/2844/1/%D0%86%D0%BD%D0%B2%D0%B5%D1%81%D0%90%D0%BD%D0%B0%D0%BB%D1%96%D0%B7_10-03_2020.pdf

6. Фесенко Т.Г. Моделювання оцінки «Risk Management» в системі управління будівельними проектами // Вісник Черкаського державного технологічного університету. 2018. № 2. С. 73–80. DOI: https://doi.org/10.24025/2306-4412.2.2018.162522

7. Гапон В. Адаптивна модель системи управління ризиками як інструмент зміцнення конкурентного потенціалу сільськогосподарських підприємств // Галицький економічний вісник. 2025. № 6 (97). С. 176–187. DOI: https://doi.org/10.33108/galicianvisnyk_tntu2025.06.176. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://galicianvisnyk.tntu.edu.ua/pdf/97/1522.pdf

8. Бошtан А. Розробка інтегрованої моделі вибору стратегії диверсифікації для будівельних підприємств // Просторовий розвиток. 2026. № 16. С. 282–295. DOI: https://doi.org/10.32347/2786-7269.2026.16.282-295

9. Приходько Д.О., Загорецька О.Я., Іванина О.М., Бошган А.В., Науменко К. В. Теоретичне обґрунтування ролі диверсифікації у підвищенні стійкості і конкурентоспроможності будівельних підприємств // Будівельне виробництво. 2025. № 80. С. 92–106. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://budvir.knuba.edu.ua/

10. Чуприна , Ю., Петренко , Г., Гриненко , І., Ніколаєва , М., Поколенко , В., & Савчук , Т.. (2021). МЕТОДОЛОГІЧНА РЕГЛАМЕНТАЦІЯ ТА АНАЛІТИКО-ІНФОРМАЦІЙНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ПРОЦЕСНО-ОРІЄНТОВАНОГО МЕНЕДЖМЕНТУ В СУЧАСНІЙ СИСТЕМІ БУДІВЕЛЬНОГО ДЕВЕЛОПМЕНТУ. *Управління розвитком складних систем*, (48), 125–134. https://doi.org/10.32347/2412-9933.2021.48.125-134\

Associate Professor **Mykhailo Malykhin,**
Kyiv National University of Construction and Architecture, Kyiv, Ukraine

STRATEGIC PRINCIPLES OF ORGANIZATIONAL FORMATION OF CONSTRUCTION DEVELOPMENT WITH CONSIDERATION OF THE COMPLETE LIFE CYCLE OF A CONSTRUCTION FACILITY

The strategic development of construction development under contemporary conditions is determined by the necessity of integrating organizational, investment, technological, and managerial mechanisms throughout the entire life cycle of a construction facility. The increasing complexity of development projects, the digital transformation of the construction industry, the growing level of investment risks, and the need to ensure long-term economic efficiency necessitate the establishment of strategically oriented models of organizational development. Conceptual principles for the organizational formation of construction development are proposed, based on the integration of strategic planning, resource balancing, risk management, information and analytical support, and digital technologies into a unified managerial decision-support system. The application of the life-cycle approach is substantiated as the foundation for developing long-term strategies for construction development enterprises. A system of analytical indicators has been developed for the comprehensive assessment of organizational performance, investment efficiency, risk exposure, and the strategic adaptability of development projects. The practical implementation of the proposed approach enables the evaluation of alternative development scenarios, optimization of stakeholder interaction, enhancement of resource management quality, and improvement of strategic decision-making processes. The integration of digital platforms, Building Information Modeling (BIM) technologies, monitoring systems, and modern organizational models creates the

prerequisites for improving the efficiency of construction project implementation, strengthening the competitiveness of development enterprises, and establishing a sustainable management system for the complete life cycle of construction facilities under the conditions of the ongoing transformation of the construction industry.

Keywords: construction development; construction facility life cycle; strategic management; organizational formation; investment efficiency; risk management; digital transformation; Building Information Modeling (BIM).

REFERENCES

1. Mudra, M.S. *Economic Assessment of Innovative Development of Enterprises in the Construction Development System*: PhD Dissertation, Specialty 051 "Economics". Kyiv National University of Construction and Architecture. Kyiv, 2024. 230 p. Available at: https://www.knuba.edu.ua/wp-content/uploads/2024/07/dysertacziya_mudra-m.s._dlya-pidpysu.pdf {in Ukrainian}

2. Poltavets, I. Integration of Development, Design, Construction and Facility Management in Life Cycle Management of a Construction Project. *Ways to Improve Construction Efficiency*. 2026. Vol. 2, No. 57. P. 351–361. DOI: https://doi.org/10.32347/2707-501x.2026.57(2).351-361. Available at: https://doi.org/10.32347/2707-501x.2026.57(2).351-361 {in English}

3. Martens, I.A. *Strategic Urban Development Tools: Project Evaluation and Prioritization*: Master's Qualification Thesis, Specialty 192 "Construction and Civil Engineering". Kyiv National University of Construction and Architecture. Kyiv, 2025. 77 p. Available at: https://repositary.knuba.edu.ua/server/api/core/bitstreams/b3245187-4090-4803-b2a8-144186b03bde/content {in Ukrainian}

4. Bind, V., Kucherenko, O., Chupryna, H., Chupryna, Yu., Horbach, M., & Petrukha, S. Cost Engineering Components for Preventing Economic Destruction in the Activities of Construction Development Project Participants. *Management of Development of Complex Systems*. 2021. No. 45. P. 121–130. DOI: https://doi.org/10.32347/2412-9933.2021.45.121-130 {in Ukrainian}

5. Moiseienko, I., Revak, I., Myskiv, H., & Chapliak, N. *Investment Analysis: Textbook*. Lviv: Lviv State University of Internal Affairs, 2019. 276 p. Available at: https://dspace.lvduvs.edu.ua/bitstream/1234567890/2844/1/%D0%86%D0%BD%D0%B2%D0%B5%D1%81%D0%90%D0%BD%D0%B0%D0%BB%D1%96%D0%B7_10-03_2020.pdf {in Ukrainian}

6. Fesenko, T.H. Modeling of "Risk Management" Assessment in the Construction Project Management System. *Bulletin of Cherkasy State Technological*

University. 2018. No. 2. P. 73–80. DOI: https://doi.org/10.24025/2306-4412.2.2018.162522 {in Ukrainian}

7. Hapon, V. Adaptive Risk Management System Model as a Tool for Strengthening the Competitive Potential of Agricultural Enterprises. *Galician Economic Journal*. 2025. No. 6 (97). P. 176–187. DOI: https://doi.org/10.33108/galicianvisnyk_tntu2025.06.176. Available at: https://galicianvisnyk.tntu.edu.ua/pdf/97/1522.pdf {in Ukrainian}

8. Boshtan, A. Development of an Integrated Model for Selecting a Diversification Strategy for Construction Enterprises. *Spatial Development*. 2026. No. 16. P. 282–295. DOI: https://doi.org/10.32347/2786-7269.2026.16.282-295 {in Ukrainian}

9. Prykhodko, D.O., Zahoretska, O.Ya., Ivanyna, O.M., Boshtan, A.V., & Naumenko, K. V. Theoretical Substantiation of the Role of Diversification in Enhancing the Sustainability and Competitiveness of Construction Enterprises. *Construction Production*. 2025. No. 80. P. 92–106. Available at: https://budvir.knuba.edu.ua/ {in Ukrainian}

10. Chupryna, Yu., Petrenko, H., Hrynenko, I., Nikolaieva, M., Pokolenko, V., & Savchuk, T. Methodological Regulation and Analytical-Information Support of Process-Oriented Management in the Modern Construction Development System. *Management of Development of Complex Systems*. 2021. No. 48. P. 125–134. DOI: https://doi.org/10.32347/2412-9933.2021.48.125-134 {in Ukrainian}

DOI: 10.32347/2076-815x.2026.93.538-549
УДК 711.7:656.025.4:004

Сємєндяєв М.Р.,
transrail2018@gmail.com, ORCID: 0009-0000-1054-5379,
Київський національний університет будівництва і архітектури

ВИЗНАЧЕННЯ КРИТЕРІЇВ ОЦІНЮВАННЯ РІВНЯ ТРАНСПОРТНОГО ОБСЛУГОВУВАННЯ

Проаналізовано сучасні підходи до визначення рівня транспортного обслуговування міст. Існуючі методики переважно орієнтовані на оцінювання окремих транспортно-експлуатаційних показників і недостатньо враховують вплив транспортної доступності, регулярності роботи громадського транспорту, безпеки дорожнього руху, екологічних характеристик та надійності функціонування транспортної системи.

Запропоновано комплексний підхід до оцінювання рівня транспортного обслуговування, що ґрунтується на використанні показника, який об'єднує вісім основних критеріїв: транспортну доступність, швидкість сполучення, транспортні затримки, регулярність роботи громадського транспорту, безпеку дорожнього руху, комфортність перевезень, екологічність та надійність функціонування транспортної системи.

Розроблено математичну модель, яка передбачає нормування показників, визначення вагових коефіцієнтів та розрахунок узагальненого показника рівня транспортного обслуговування. Це забезпечить комплексне оцінювання ефективності функціонування транспортних систем міст та дозволить порівнювати транспортно-планувальні рішення та може бути використане під час розроблення комплексних схем транспорту, схем організації дорожнього руху, генеральних планів населених пунктів. Використання запропонованої методики сприятиме підвищенню обґрунтованості управлінських рішень щодо розвитку транспортної інфраструктури та покращенню якості транспортного обслуговування населення.

Ключові слова: транспортне обслуговування; рівень транспортного обслуговування; транспортна інфраструктура; транспортна доступність; міський пасажирський транспорт; організація дорожнього руху; стала міська мобільність; транспортні системи міст.

Постановка проблеми. Розвиток сучасних міст супроводжується постійним зростанням рівня автомобілізації населення, збільшенням інтенсивності транспортних потоків. Ці процеси обумовлюють необхідність удосконалення транспортної інфраструктури та впровадження сучасних підходів

до оцінювання ефективності її функціонування. Одним із ключових показників, що характеризує якість роботи транспортної системи, є рівень транспортного обслуговування (Level of Service, LOS). Традиційно рівень транспортного обслуговування визначався переважно за транспортно-експлуатаційними характеристиками вулично-дорожньої мережі, такими як швидкість руху, пропускна здатність, щільність транспортного потоку та середній час затримок. Проте сучасні тенденції розвитку транспортного планування, сформовані під впливом концепції сталої міської мобільності (Sustainable Urban Mobility), передбачають оцінювання транспортної системи не лише з позиції пропускної здатності автомобільного транспорту, а й з урахуванням потреб усіх учасників дорожнього руху — пасажирів громадського транспорту, пішоходів, велосипедистів та маломобільних груп населення.

Тому виникає необхідність переходу від використання окремих локальних показників до комплексного оцінювання, що дозволить врахувати взаємозв'язок транспортних, соціальних, економічних та екологічних факторів.

Особливої актуальності зазначена проблема набуває для великих міст України, де перевантаження магістральної вулично-дорожньої мережі, недостатній рівень розвитку громадського транспорту, нерівномірність транспортних потоків у години пік та обмежені можливості розвитку транспортної інфраструктури призводять до значних транспортних затримок, зниження безпеки дорожнього руху, погіршення екологічного стану міського середовища та зменшення якості життя населення.

Незважаючи на значну кількість наукових досліджень у сфері транспортного планування, на сьогодні відсутній універсальний методичний підхід, який дозволяв би комплексно оцінювати рівень транспортного обслуговування міських територій із одночасним урахуванням транспортно-експлуатаційних, соціальних, екологічних та безпекових характеристик. У зв'язку з цим актуальним є розроблення такого підходу до визначення критеріїв рівня транспортного обслуговування, який забезпечить об'єктивне оцінювання ефективності функціонування транспортної системи та дозволить порівнювати альтернативні варіанти організації дорожнього руху.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Фундаментальні засади визначення рівня транспортного обслуговування сформовано у Highway Capacity Manual (HCM), який тривалий час є основним міжнародним нормативно-методичним документом у галузі оцінювання пропускної здатності та якості функціонування транспортних мереж. У сьомому виданні [1] значно розширено концепцію LOS, запропоновано мультимодальний підхід до аналізу транспортної системи, удосконалено методики оцінювання міських магістралей, перехресть, велосипедної та пішохідної інфраструктури, а також враховано нові

показники надійності руху й функціонування інтелектуальних транспортних систем.

Подальший розвиток методики оцінювання транспортного обслуговування пов'язаний із TCQSM [2], у якому вперше запропоновано комплексне оцінювання громадського транспорту з позиції пасажира. На відміну від HCM, дана методика враховує пасажироорієнтований підхід, який на сьогодні є одним із базових напрямів розвитку сучасних транспортних систем.

Водночас сучасні наукові дослідження з транспортного моделювання демонструють, що використання лише класичної шкали LOS (A–F) вже не забезпечує повного відображення якості транспортного обслуговування. Подібного висновку дотримуються також Хуан де Діос Ортусар, Луїс Дж. Віллумсен [5]. Хорватські дослідники Мілан Живкович та Борна Абрамович [6] розглядають європейські стандарти якості транспортного обслуговування з точки зору пасажирів та з точки зору постачальників послуг.

Серед найбільш значущих показників виділяються транспортна доступність, надійність функціонування маршрутної мережі, комфортність перевезень, регулярність руху громадського транспорту, інформаційна забезпеченість пасажирів, безпека дорожнього руху та екологічний вплив транспортних потоків [7,8].

У вітчизняних дослідженнях питання оцінювання транспортного обслуговування та розроблення методичних підходів до аналізу транспортної інфраструктури висвітлені в роботах Миколи Жука, Галини Півторак. Кужель В.П. та Іщенко А.П. [3, 4]. Особлива увага приділяється визначенню транспортної доступності населення, оцінюванню регулярності роботи громадського транспорту, рівня комфортності перевезень, а також питанням підвищення безпеки дорожнього руху.

Водночас аналіз наукових праць [10-13] показує, що більшість існуючих методик розглядає окремі характеристики транспортної системи ізольовано. Міжнародні підходи [9, 14, 15] дедалі активніше інтегрують принципи сталої міської мобільності (Sustainable Urban Mobility Planning, SUMP), відповідно до яких основною метою розвитку транспортної системи є забезпечення високої мобільності населення при одночасному зменшенні транспортних затримок, негативного впливу на навколишнє середовище та підвищенні безпеки дорожнього руху.

Актуальність дослідження. Зростання рівня автомобілізації, збільшення інтенсивності транспортних потоків, розвиток міських агломерацій та підвищення вимог населення до якості транспортних послуг зумовлюють необхідність удосконалення підходів до оцінювання ефективності функціонування транспортної інфраструктури.

Традиційні методики оцінювання рівня транспортного обслуговування здебільшого базуються на аналізі окремих транспортно-експлуатаційних показників, що зумовлює необхідність розроблення підходу, який забезпечує комплексне оцінювання рівня транспортного обслуговування міських територій.

Наукова новизна дослідження. Наукова новизна роботи полягає в розробці комплексного підходу до оцінювання рівня транспортного обслуговування міських територій шляхом врахування містобудівних, планувальних, транспортно-експлуатаційних, соціальних, екологічних та безпекових показників. Проведено нормування різнорідних показників та використання вагових коефіцієнтів, що дозволяє порівнювати різні міські території за єдиною системою критеріїв.

Метою дослідження є удосконалення методичного та розробка комплексного підходу до визначення рівня транспортного обслуговування міських територій на основі оцінювання містобудівних, транспортно-експлуатаційних, соціальних, екологічних та безпекових показників, Для досягнення поставленої мети визначено такі завдання дослідження:

- проаналізувати сучасні міжнародні та вітчизняні підходи до оцінювання рівня транспортного обслуговування;
- визначити систему критеріїв, що комплексно характеризують якість транспортного обслуговування міських територій;
- розробити математичну модель оцінювання рівня транспортного обслуговування;
- обґрунтувати порядок нормування показників та визначення їх вагових коефіцієнтів;

Виклад основного матеріалу. Рівень транспортного обслуговування є одним із базових показників, що характеризує ефективність функціонування транспортної системи міста. Його визначення має важливе значення під час розроблення генеральних планів населених пунктів, комплексних схем транспорту, схем організації дорожнього руху, планів сталої міської мобільності (SUMP), а також при оцінюванні ефективності інвестиційних проєктів у транспортній галузі.

Більшість існуючих методик оцінює лише окремі характеристики транспортної мережі, що ускладнює комплексне оцінювання її функціонування та порівняння альтернативних варіантів транспортно-планувальних рішень.

З метою усунення зазначених недоліків у роботі пропонується інтегральний підхід до визначення рівня транспортного обслуговування, який базується на системі взаємопов'язаних критеріїв. На відміну від існуючих методик, запропонований підхід поєднує транспортно-експлуатаційні, соціальні, екологічні та безпекові показники в єдину систему оцінювання.

Формування системи критеріїв. Першим етапом дослідження є визначення переліку критеріїв, що найбільш повно характеризують якість транспортного обслуговування. На основі аналізу міжнародних рекомендацій [1, 2], документів Європейської Комісії щодо сталої міської мобільності та результатів сучасних наукових досліджень [3–15] сформовано систему із восьми основних критеріїв (табл. 1).

Таблиця 1

Основні критерії оцінювання рівня транспортного обслуговування

Позначення	**Критерій**	**Показник**
K_1	Транспортна доступність	Середній час доступу до зупинки, хв
K_2	Швидкість сполучення	Середня експлуатаційна швидкість, км/год
K_3	Транспортні затримки	Середня затримка на перехрестях, с/авт
K_4	Регулярність роботи громадського транспорту	Виконання розкладу, %
K_5	Безпека дорожнього руху	Кількість ДТП або коефіцієнт аварійності
K_6	Комфортність перевезень	Коефіцієнт заповнення салону, умови перевезення
K_7	Екологічність	Викиди CO_2, шумове навантаження
K_8	Надійність транспортної системи	Стабільність часу поїздки, %

Запропонована система критеріїв дозволяє комплексно оцінювати ефективність функціонування транспортної інфраструктури. На відміну від традиційних підходів, вона враховує якість транспортного обслуговування з позиції кінцевого користувача.

Особливе значення має критерій транспортної доступності, який визначає можливість населення своєчасно дістатися місць роботи, навчання, медичних, адміністративних і культурних установ. Транспортна доступність залежить також від планувальних характеристик магістральної вулично-дорожньої мережі, а саме щільності мережі міського пасажирського транспорту та зараз все частіше використовується як один із найважливіших показників ефективності транспортної політики [7].

Не менш важливим є критерій швидкості сполучення, що характеризує ефективність використання транспортної мережі та безпосередньо впливає на витрати часу населення. Зменшення середньої швидкості руху призводить до збільшення транспортних затримок, підвищення експлуатаційних витрат перевізників і погіршення екологічної ситуації [1, 9].

Регулярність роботи громадського транспорту визначає ступінь дотримання розкладу руху та стабільність транспортного обслуговування. Навіть за високої швидкості сполучення нерегулярне курсування міського пасажирського

транспорту суттєво знижує його привабливість та збільшує сумарний час поїздки пасажирів. Тому сучасні методики оцінювання рекомендують аналізувати регулярність на основі фактичних інтервалів руху та відхилень від графіка [2].

Важливим складником інтегральної оцінки є безпека дорожнього руху. Вона характеризується рівнем аварійності, кількістю дорожньо-транспортних пригод, тяжкістю їх наслідків та ризиком виникнення конфліктних ситуацій. Відповідно до сучасної концепції Vision Zero, транспортна система повинна проєктуватися таким чином, щоб мінімізувати ймовірність загибелі або тяжкого травмування учасників дорожнього руху [7].

Сучасні підходи також передбачають врахування екологічних показників транспортної системи. До них належать рівень викидів парникових газів, концентрація забруднювальних речовин у повітрі, шумове навантаження, енергоефективність транспортних засобів і частка екологічно чистих видів транспорту. Врахування цих критеріїв відповідає стратегічним напрямам розвитку сталої міської мобільності та кліматичної політики Європейського Союзу [7].

Таким чином, запропонована система критеріїв забезпечує всебічне оцінювання транспортного обслуговування та створює основу для побудови інтегральної математичної моделі визначення рівня транспортного обслуговування міських територій. Запропонована методика складається з п'яти взаємопов'язаних етапів (рис. 1).

На першому етапі формується інформаційна база дослідження, що включає дані про інтенсивність транспортних потоків, параметри дорожнього руху, характеристики маршрутної мережі громадського транспорту, показники аварійності, результати транспортних обстежень та соціологічних опитувань пасажирів. Джерелами інформації можуть бути автоматизовані системи керування дорожнім рухом, GPS-моніторинг громадського транспорту, геоінформаційні системи, результати натурних спостережень і транспортного моделювання [1, 7, 9].

Другий етап передбачає визначення значень окремих критеріїв транспортного обслуговування відповідно до сформованої системи показників. Для кожного критерію застосовуються відповідні методики розрахунку, рекомендовані міжнародними та національними нормативними документами [1, 2].

Оскільки всі критерії мають різні одиниці вимірювання, то безпосередньо їх порівнювати неможливо. Тому на третьому етапі виконується нормування показників, що дозволяє привести всі критерії до єдиної безрозмірної шкали.

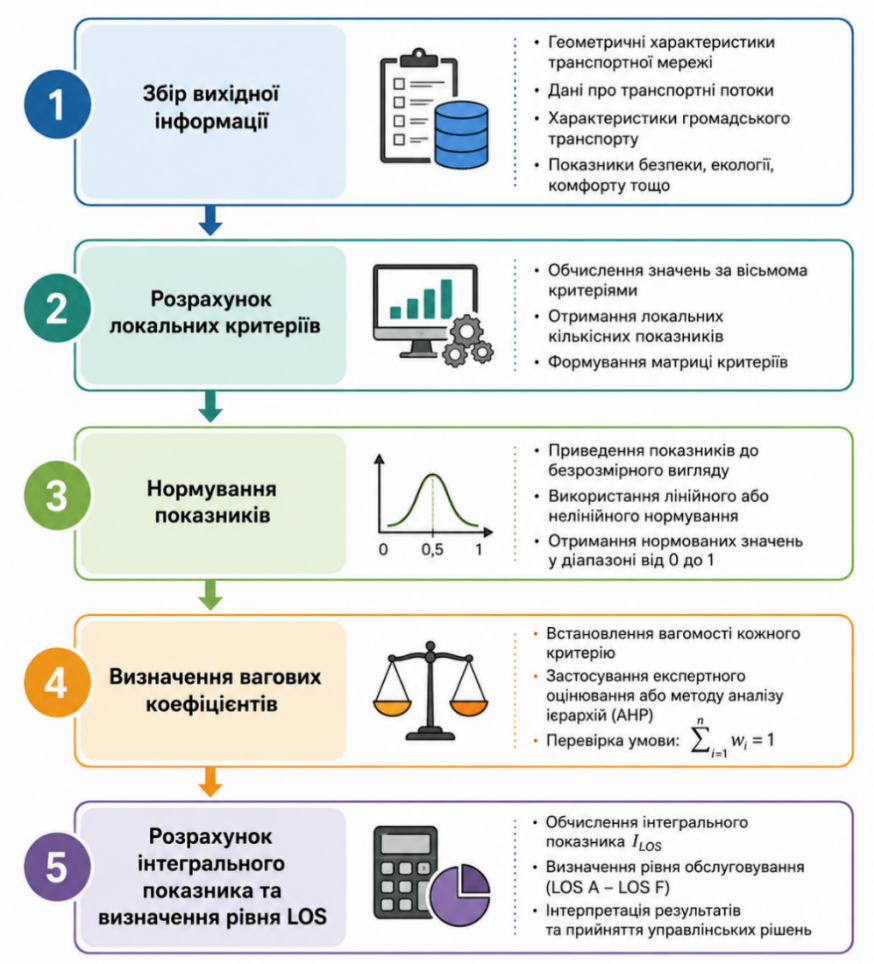


Рис. 1. Алгоритм визначення інтегрального показника рівня транспортного обслуговування

Для показників, збільшення яких свідчить про покращення транспортного обслуговування (швидкість сполучення, регулярність руху, надійність роботи громадського транспорту), використовується формула (1)

$$P_i = \frac{K_i - K_i^{\min}}{K_i^{\max} - K_i^{\min}} \qquad (1)$$

де: P_i - нормоване значення i-го показника;

K_i - фактичне значення i-го критерію;

$K_i^{\min}$ - мінімальне нормативне значення i-го критерію;

$K_i^{\max}$ - максимальне нормативне значення i-го критерію.

Для критеріїв, збільшення значення яких негативно впливає на рівень транспортного обслуговування (транспортні затримки, аварійність, рівень викидів забруднювальних речовин, шумове навантаження тощо), нормування виконується за формулою (2). Використання цієї залежності забезпечує

приведення всіх критеріїв до єдиної безрозмірної шкали від 0 до 1, де значення 1 відповідає найкращому рівню транспортного обслуговування, а 0 – найгіршому.

$$P_i = \frac{K_i^{\max} - K_i}{K_i^{\max} - K_i^{\min}} \tag{2}$$

Визначення вагових коефіцієнтів. Оскільки вплив окремих критеріїв на якість транспортного обслуговування є різним, виникає необхідність визначення їх вагових коефіцієнтів.

У роботі пропонується застосовувати метод аналізу ієрархій (Analytic Hierarchy Process, AHP), розроблений Томасом Л. Сааті, який використовується при вирішенні багатокритеріальних транспортних задач [16].

Перевагами цього підходу є:

- можливість одночасного врахування кількісних і якісних показників;
- оцінювання важливості критеріїв експертами;
- перевірка узгодженості експертних оцінок;
- можливість адаптації методики до різних міст та транспортних систем.

На основі аналізу літературних джерел [1, 2, 7, 11–13] та результатів експертного оцінювання запропоновано такі вагові коефіцієнти (табл. 2).

Таблиця 2

Вагові коефіцієнти критеріїв транспортного обслуговування

Критерій	**Позначення**	**Вага**
Транспортна доступність	K_1	0,20
Швидкість сполучення	K_2	0,18
Транспортні затримки	K_3	0,15
Регулярність руху	K_4	0,14
Безпека дорожнього руху	K_5	0,13
Комфортність перевезень	K_6	0,08
Екологічність	K_7	0,07

Найбільші вагові коефіцієнти отримали транспортна доступність, швидкість сполучення та транспортні затримки, що узгоджується з результатами сучасних досліджень щодо факторів, які найбільше впливають на вибір способу пересування населення.

Вагові коефіцієнти визначають відносну значущість кожного критерію в інтегральній оцінці рівня транспортного обслуговування. Для забезпечення коректності інтегрального оцінювання сума всіх вагових коефіцієнтів повинна дорівнювати одиниці, що описується формулою (3).

$$\sum_{i=1}^{8} w_i = 1 \tag{3}$$

де: w_i - ваговий коефіцієнт і-го критерію;

і – порядковий номер критерію (і=1, . . . , 8).

Висновки.

1. Проведений аналіз сучасних підходів до оцінювання рівня транспортного обслуговування показав, що існуючі методики переважно базуються на окремих транспортно-експлуатаційних показниках і недостатньо враховують взаємозв'язок транспортних, соціальних, екологічних та безпекових факторів.
2. Обґрунтовано необхідність застосування комплексного підходу до оцінювання рівня транспортного обслуговування.
3. Запропоновано систему із восьми взаємопов'язаних критеріїв оцінювання рівня транспортного обслуговування, яка дозволяє комплексно характеризувати якість функціонування транспортної системи незалежно від функціонального призначення міської території та виду транспорту.
4. Удосконалено методику визначення інтегрального показника рівня транспортного обслуговування шляхом нормування різнорідних критеріїв і їх подальшого агрегування із застосуванням вагових коефіцієнтів.

Список використаних джерел

1. Transportation Research Board. Highway Capacity Manual: A Guide for Multimodal Mobility Analysis. 7th ed. Washington, DC: National Academies Press, 2022. DOI: 10.17226/26432
2. National Academies of Sciences, Engineering, and Medicine. Transit Capacity and Quality of Service Manual. 3rd ed. Washington, DC: The National Academies Press, 2013. DOI: 10.17226/24766
3. Zhuk M., Pivtorak H., Gits I. Assessment of the Service Quality in Public Transport (Analysis of Research in Lviv, Ukraine) // *Transport Technologies*. 2023. Vol. 4, No. 2. P. 12–22. URL: https://doi.org/10.23939/tt2023.02.012
4. Кужель В.П., Іщенко А.П., Бишко М.О. Визначення рівня якості пасажирських перевезень з позиції пасажира // *Центральноукраїнський науковий вісник. Технічні науки*. 2022. Вип. 5(36), ч. II. С. 246–253. DOI: https://doi.org/10.32515/2664-262X.2022.5(36).2.246-253
5. Ortúzar J. de D., Willumsen L. G. Modelling Transport. 5th ed. Chichester: John Wiley & Sons, 2024.
6. Živković M., Abramović B. Quality of Service Criteria in Integrated Passenger Transport Systems: An Overview // *Applied Sciences*. 2025. Vol. 15(4). Article 2078. DOI: 10.3390/app15042078
7. Liu X., Schmöcker J.-D., Zhao J., Yang X. How to Make Service Better? A Review on Developing Service-Oriented Public Transit Systems // *Transport Reviews*. 2025. Vol. 45(5). P. 672–695. DOI: 10.1080/01441647.2025.2502629

8. Sogbe E., Susilawati S., Pin T. C. Scaling Up Public Transport Usage: A Systematic Literature Review of Service Quality, Satisfaction and Attitude towards Bus Transport Systems in Developing Countries // *Public Transport*. 2025. Vol. 17. DOI: 10.1007/s12469-024-00367-6

9. Dziaduch I., Peternek P. Assessing Public Transport Quality Using AHP and SUTI Indicator 4: A Case Study of the Sustainable Mobility Plan in Wrocław, Poland // Sustainability. 2024. Vol. 16(24). Article 11182. DOI: 10.3390/su162411182

10. Matamanda A.R. Bibliometric Analysis of Quality of Service in Public Transportation: Current and Future Trends // Scientific African. 2024. Vol. 23. Article e02059. DOI: 10.1016/j.sciaf.2024.e02059

11. Guo L., et al. Research Progress and Prospects of Urban Public Transportation Service Quality Since the 21st Century: A Systematic Review Based on Domestic and International Literature // Urban Problems. 2024. No. 4. P. 17–30. DOI: 10.13239/j.bjsshkxy.cswt.240402

12. De Paula H.M., et al. Sustainable Public Bus Transit Systems: Proof-of-Concept // Transportation Research Procedia. 2025. Vol. 82. P. 1138–1150. DOI: 10.1016/j.trpro.2024.12.117

13. Dell'Olio L., Ibeas Á., Cecín P. Does the Service Quality of Urban Public Transport Enhance Sustainable Mobility? // Journal of Cleaner Production. 2018. Vol. 174. P. 1566–1587. DOI: 10.1016/j.jclepro.2017.11.052

14. An C., Shen J. Assessing the Impact of Mobility-as-a-Service (MaaS) on Sustainable Urban Travel Behaviors: A Systematic Literature Review // Frontiers in Sustainable Cities. 2025. Vol. 7. DOI: 10.3389/frsc.2025.1645488

15. Dos Santos, J.B., & Lima, J. P. (2021). Quality of public transportation based on the multi-criteria approach and from the perspective of user's satisfaction level: A case study in a Brazilian city. Case Studies on Transport Policy, 9(3), 1233-1244.doi:10.1016/j.cstp.2021.05.015

16. Saaty T.L. The Analytic Hierarchy Process: Planning, Priority Setting, Resource Allocation. New York: McGraw-Hill International Book Company, 1980. 287 p. ISBN 0-07-054371-2

Postgraduate Student **Siemiendiaiev Maksym,**
Kyiv National University of Construction and Architecture

DETERMINING THE CRITERIA FOR ASSESSING THE TRANSPORT SERVICE LEVEL

Modern approaches to assessing the level of urban transport service have been analyzed. Existing methodologies are primarily focused on evaluating individual traffic operational indicators and do not sufficiently consider the influence of transport accessibility, public transport service regularity, road safety, environmental performance, and the operational reliability of transport systems.

A comprehensive approach to evaluating the transport service level is proposed based on an integrated indicator that combines eight key criteria: transport accessibility, travel speed, traffic delays, public transport service regularity, road safety, travel comfort, environmental sustainability, and transport system reliability.

A mathematical model has been developed that includes the normalization of indicators, the determination of weighting coefficients, and the calculation of an

integrated transport service level index. The proposed methodology provides a comprehensive assessment of the operational efficiency of urban transport systems, enables the comparison of alternative transport planning solutions, and can be applied in the development of comprehensive transport plans, traffic management schemes, and master plans for urban settlements. The implementation of the proposed methodology will enhance the validity of decision-making in transport infrastructure development and contribute to improving the quality of transport services provided to the population.

Keywords: transport service; transport service level; transport infrastructure; transport accessibility; urban public transport; traffic management; sustainable urban mobility; urban transport systems.

REFERENCES

1. Transportation Research Board (2022). *Highway Capacity Manual: A Guide for Multimodal Mobility Analysis*. 7th ed. Washington, DC: National Academies Press. Available at: https://doi.org/10.17226/26432. {in English}

2. National Academies of Sciences, Engineering, and Medicine (2013). *Transit Capacity and Quality of Service Manual*. 3rd ed. Washington, DC: The National Academies Press. Available at: https://doi.org/10.17226/24766. {in English}

3. Zhuk, M., Pivtorak, H. and Gits, I. (2023). Assessment of the Service Quality in Public Transport (Analysis of Research in Lviv, Ukraine). *Transport Technologies*, 4(2), pp. 12–22. Available at: https://doi.org/10.23939/tt2023.02.012. {in English}

4. Kuzhel, V.P., Ishchenko, A.P. and Byshko, M.O. (2022). Vyznachennia rivnia yakosti pasazhyrskykh perevezen z pozytsii pasazhyra [Determination of the Passenger Traffic Quality Level from Passenger Perspective]. *Tsentralnoukrainskyi Naukovyi Visnyk. Tekhnichni Nauky* [Central Ukrainian Scientific Bulletin. Engineering Sciences], 5(36), Part II, pp. 246–253. Available at: https://atm.vntu.edu.ua/articles/12.pdf. {in Ukrainian}

5. Ortúzar, J.D. and Willumsen, L.G. (2024). *Modelling Transport*. 5th ed. Chichester: John Wiley & Sons. { in English}

6. Živković, M. and Abramović, B. (2025). Quality of Service Criteria in Integrated Passenger Transport Systems: An Overview. *Applied Sciences*, 15(4), Article 2078. Available at: https://doi.org/10.3390/app15042078. {in English}

7. Liu, X., Schmöcker, J.-D., Zhao, J. and Yang, X. (2025). How to Make Service Better? A Review on Developing Service-Oriented Public Transit Systems. *Transport Reviews*, 45(5), pp. 672–695. Available at: https://doi.org/10.1080/01441647.2025.2502629. {in English}

8. Sogbe, E., Susilawati, S. and Pin, T.C. (2025). Scaling Up Public Transport Usage: A Systematic Literature Review of Service Quality, Satisfaction and Attitude towards Bus Transport Systems in Developing Countries. *Public Transport*, 17. Available at: https://doi.org/10.1007/s12469-024-00367-6. {in English}

9. Dziaduch, I. and Peternek, P. (2024). Assessing Public Transport Quality Using AHP and SUTI Indicator 4: A Case Study of the Sustainable Mobility Plan in Wrocław, Poland. *Sustainability*, 16(24), Article 11182. Available at: https://doi.org/10.3390/su162411182. {in English}

10. Matamanda, A.R. (2024). Bibliometric Analysis of Quality of Service in Public Transportation: Current and Future Trends. *Scientific African*, 23, e02059. Available at: https://doi.org/10.1016/j.sciaf.2024.e02059. {in English}

11. Guo, L. *et al.* (2024). Research Progress and Prospects of Urban Public Transportation Service Quality Since the 21st Century: A Systematic Review Based on Domestic and International Literature. *Urban Problems*, 4, pp. 17–30. Available at: https://doi.org/10.13239/j.bjsshkxy.cswt.240402. {in English}

12. De Paula, H.M. *et al.* (2025). Sustainable Public Bus Transit Systems: Proof-of-Concept. *Transportation Research Procedia*, 82, pp. 1138–1150. Available at: https://doi.org/10.1016/j.trpro.2024.12.117. {in English}

13. Dell'Olio, L., Ibeas, Á. and Cecín, P. (2018). Does the Service Quality of Urban Public Transport Enhance Sustainable Mobility? *Journal of Cleaner Production*, 174, pp. 1566–1587. Available at: https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2017.11.052. {in English}

14. An, C. and Shen, J. (2025). Assessing the Impact of Mobility-as-a-Service (MaaS) on Sustainable Urban Travel Behaviors: A Systematic Literature Review. *Frontiers in Sustainable Cities*, 7. Available at: https://doi.org/10.3389/frsc.2025.1645488. {in English}

15. Dos Santos, J.B. and Lima, J.P. (2021). Quality of Public Transportation Based on the Multi-Criteria Approach and from the Perspective of User's Satisfaction Level: A Case Study in a Brazilian City. *Case Studies on Transport Policy*, 9(3), pp. 1233–1244. Available at: https://doi.org/10.1016/j.cstp.2021.05.015. {in English}

16. Saaty, T.L. *The Analytic Hierarchy Process: Planning, Priority Setting, Resource Allocation*. New York: McGraw-Hill International Book Company, 1980. 287 p. ISBN 0-07-054371-2. {in English}

DOI: 10.32347/2076-815x.2026.93.550-559
УДК 666.9.022

к.т.н., доцент **Стрельцов К.О.,**
0989051837@ukr.net**,** ORCID: 0000-0021-5463-7395,
Момот М.В., ogasagsh@ukr.net, ORCID: 0009-0008-9718-7022,
Одеська державна академія будівництва та архітектури

ВПЛИВ МЕХАНОАКТИВАЦІЇ ПОРТЛАНДЦЕМЕНТУ З ДОБАВКОЮ МЕЛЕНОГО ВАПНЯКУ НА МІЦНІСТЬ ЦЕМЕНТНОГО КАМЕНЮ

В наведеній статті розглядаються експериментальні результати досліджень, в яких відображено вплив механоактивації у роторному швидкісному змішувачі цементно-водних композицій з добавкою меленого вапняку та суперпластифікатору SP-5 на фізико-механічні характеристики та екзотермію цементного каменю. Такі композиції отримували добавкою до портландцементу ПЦ І меленого вапняку з питомою поверхнею 315 м^2/кг в кількості від 0 до 20 %. Експериментально встановлено, що зростання вмісту меленого вапняку від 0 до 20 % незначно впливає на насипну та істинну густину композиції, знижуючи їх відповідно на 1,5 та на 4,0 %. Зростання кількості меленого вапняку від 0 до 20 % викликає зростання термінів тужавлення змішаного в'яжучого; початок – від 3год 00хв до 3год 45хв;, кінець – від 4год 50хв до 5год 50хв. В значно більшій мірі введення добавки меленого вапняку в портландцементі відображується на екзотермії цементного каменю – цементний камінь без добавки розігрівався до 45,6 °С, в той час як добавка до нього 20 % вапняку знижувала розігрів до 38,7 °С. Експериментально встановлено, що введення меленого вапняку до цементу викликає зниження міцності цементного каменю в 3-х добовому віці з 25,3 МПа (мелений вапняк відсутній) до 16,6 МПа (20% меленого вапняку); в 28-и добовому віці міцність на стиск цементного каменю знижується з 54,0МПа (вапняк відсутній) до 40,5 МПа (20 % меленого вапняку). Механоактивація в поєднанні з суперпластифікатором SP-5 надає значний вплив на міцність цементного каменю та будівельного розчину на його основі. Експериментальні дані свідчать про те, що механоактивація змішаного в'яжучого в присутності 1 % суперпластифікатору дозволяє підвищити міцність будівельного розчину на стиск в 3-х добовому віці (в порівнянні з контролем) в середньому на 39…42 %.

Ключові слова: механоактивація; мелений вапняк; будівельний розчин; екзотермія; міцність на стиск.

Постановка проблеми. Безперервне зростання цін на портландцемент та його різновиди сприяє розширенню досліджень, які в значній мірі сприяють вирішенню питань, пов'язаних із зниженням матеріало- і енергоємності в'яжучого та бетону на його основі. Зниження собівартості бетону досягається як за рахунок зростання швидкості процесів структуроутворення твердіючого бетону внаслідок механоактивації в'яжучого, так і за рахунок використання тонкодисперсних мінеральних добавок. В технології виготовлення портландцементу широке розповсюдження одержало в'яжуче з використанням в якості мінеральної добавки до нього меленого вапняку в кількості до 20 % за масою з умовною познакою ПЦ II/А-В. Такий цемент одержують як сумісним помелом портландцементного клінкеру з вапняком та добавкою до 5 % гіпсового каменю, так і шляхом ретельного змішування портландцементу з меленим вапняком. В цьому разі введення в цемент меленого вапняку не тільки зменшує собівартість в'яжучого, але і сприяє отриманню в'яжучого із зниженим тепловиділенням, що безсумнівно позитивно відображується на властивостях бетонних та залізобетонних виробів та конструкцій, особливо масивних. Окрім цього, зростання вимог до охорони навколишнього середовища ставить перед виробниками цементу все більше задач, пов'язаних з вирішенням екологічних проблем.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Використання в технології виготовлення бетону портландцементу з мінеральними добавками забезпечує як зменшення енергоємності мінерального в'яжучого, так і зниження об'ємів викиду парникових газів [1-3]. Змінюючи концентрацію мінеральних добавок до цементу, можливо в широкому діапазоні керувати як швидкістю протікання процесу гідратації в'яжучого, так і кінцевими властивостями матеріалу [4-6].

Хімічна взаємодія між меленим вапняком та алюмінатними фазами портландцементного клінкеру сприяє утворенню гідроалюмінату кальцію $3CaO{\cdot}Al_2O_3{\cdot}CaCO_3{\cdot}12H_2O$ [7,8]. Саме наявність тонкомеленого вапняку сприяє зростанню потенційних можливостей змішаного цементу, забезпечуючи при цьому необхідні механічні характеристики цементного каменю та бетону на його основі [9,10]. В країнах Європейського Союзу зростає проблема, яка пов'язана з дефіцитом доменного шлаку у технології виробництва портландцементу. Вирішення даної проблеми можливе за рахунок використання меленого вапняку в якості альтернативного складового компоненту цементу [11]. Вивченню впливу тонкомеленого вапняку на фізико-механічні характеристики цементів досліджувалися в наукових працях як вітчизняних, так і закордонних вчених [9,12,13]. Вплив механоактивації цементу на характеристики цементного каменю та бетону розглядався в роботах [14].

Мета дослідження. Метою дослідження даної роботи є визначення впливу добавки меленого вапняку (5…20 %), механоактивації та добавки SP-5 на міцність на стиск каменю у віці 3-х, 7-и, 14-и та 28-и діб, так і будівельного розчину складу 1:1 у 3-х добовому віці. Механоактивація змішаного в'яжучого здійснювалася у механоактиваторі з кількістю обертів робочого органу 1400 об/хв протягом 60 і 220 сек. Для контролю використовувалися суміші, які не підлягали механоактивації.

Методи дослідження. Питання, які розглядаються у статті, пов'язані з визначенням впливу меленого вапняку в портландцементі (5…20 %) на насипну та істинну густину, нормальну густоту, терміни тужавлення, екзотермію, а також міцність цементного каменю при стиску у віці 3-х, 7-и, 14-и та 28-и діб твердіння в н.у. Розглянуті також питання, які пов'язані з визначенням впливу механоактивації змішаного в'яжучого на водопотребу та міцність цементного каменю та розчину складу 1:1 у віці 2-х та 28-и діб твердіння. Міцність при стиску цементного каменю та цементного розчину визначалася шляхом випробування зразків-балочок розміром 4х4х16 см із суміші заданої рухомості (діаметр розпливу конусу суміші складав 120 мм).

Результати дослідження. В дослідженнях використовувався портландцемент з меленим вапняком, витрата якого коливалася від 5 до 20 % маси цементу. В'яжуче відповідало вимогам ДСТУ Б В.2.7-46:2010 «Цементи загальнобудівельного призначення. Технічні умови». В'яжуче отримували ретельним змішуванням портландцементу ПЦ І з віддозованою кількістю меленого вапняку з питомою поверхнею 315м^2/кг.

Результати досліджень, які пов'язані з визначенням впливу добавки меленого вапняку на насипну густину змішаного цементу показують, що введення вапняку до складу портландцементу викликало зниження його насипної густини з 982 кг/м^3 до 969 кг/м^3, тобто не більше ніж на 2 %, табл. 1.

Таблиця 1

Насипна густина портландцементу з добавкою меленого вапняку

Портландцемент, %	100	95	90	85	80	0
Мелений вапняк, %	0	5	20	15	20	100
Насипна густина змішаного цементу, кг/м^3	982	978	975	972	969	940

Що стосується впливу добавки меленого вапняку на істинну густину змішаного цементу, слід відмітити, що добавка до цементу вапняку в кількості до 10% викликає зниження істинної густини з 3,02 г/см^3 (вапняк 0 %) до 2,95 г/см^3 (меленого вапняку 10 %). Зростання вмісту меленого вапняку до 20 % приводе до зниження істинної густини до 2,90 г/см^3, табл. 2.

Таблиця 2

Істинна густина змішаного в’яжучого з добавкою меленого вапняку

Портландцемент, %	100	95	90	85	80	0
Мелений вапняк, %	0	5	10	15	20	100
Істинна густина змішаного цементу, кг/м^3	3,02	2,98	2,95	2,93	2,90	2,62

Відносно впливу добавки меленого вапняку до портландцементу на нормальну густоту (НГ) цементно-водних композицій слід відмітити, що введення вапняку у в’яжуче (5…20 %) викликає підвищення НГ від 29,7 до 30,6 %, табл. 3.

Таблиця 3

Вплив добавки меленого вапняку на НГ цементного тіста

Портландцемент, %	100	95	90	85	80
Мелений вапняк, %	0	5	10	15	20
Нормальна густота, %	24,5	29,7	29,9	30,3	30,6

Що стосується впливу добавки меленого вапняку на терміни тужавлення цементного тіста, то слід відмітити, що підвищення вмісту меленого вапняку у змішаному в’яжучому приводе до зростання термінів як початку так і кінця тужавлення, табл. 4.

Таблиця 4

Вплив вмісту меленого вапняку у в’яжучому на терміни тужавлення цементного тіста, год-хв

Терміни тужавлення	Вміст меленого вапняку у в’яжучому, %				
	0	5	10	15	20
Початок тужавлення, год-хв	3-00	3-15	3-25	3-35	3-45
Кінець тужавлення, год-хв	4-50	5-20	5-45	5-50	5-50

Добавка до цементу меленого вапняку позначається також і на екзотермії змішаного цементу, яка визначалася термосним методом. Початкова температура цементно-водної композиції з добавкою меленого вапняку (В/Т=0,30) приймалася рівною +20 °С. Отримані результати свідчать про те, що вміст вапняку у змішаному в’яжучому в значній мірі надає вплив як на швидкість, так і на її максимальне значення розігріву. Підтвердженням цього є наведені у таблиці 5 експериментальні результати екзотермічного розігріву цементно-водних композицій з добавкою меленого вапняку в кількості від 0 до 20 % за масою (від витрати цементу).

Таблиця 5

Екзотермічний розігрів цементно-водних композицій
з добавкою меленого вапняку

№ п/п	Вміст меленого вапняку у змішаному в'яжучому, %	Початкова температура композиції, °С	Екзотермічний розігрів, °С, через годин						
			2	4	6	8	10	12	14
1	0	20	20,7	21,8	28,0	38,0	45,6	45,0	44,5
2	5	20	20,5	21,2	27,5	36,1	44,2	43,3	42,0
3	10	20	20,5	20,8	25,0	33,5	42,0	41,6	40,8
4	15	20	20,3	20,7	24,2	32,0	40,0	39,5	38,1
5	20	20	20,2	20,5	23,0	30,0	37,8	38,7	37,0

Графічне відображення впливу вмісту меленого вапняку на екзотермічний розігрів цементно-водної композиції наведено на рис. 1.

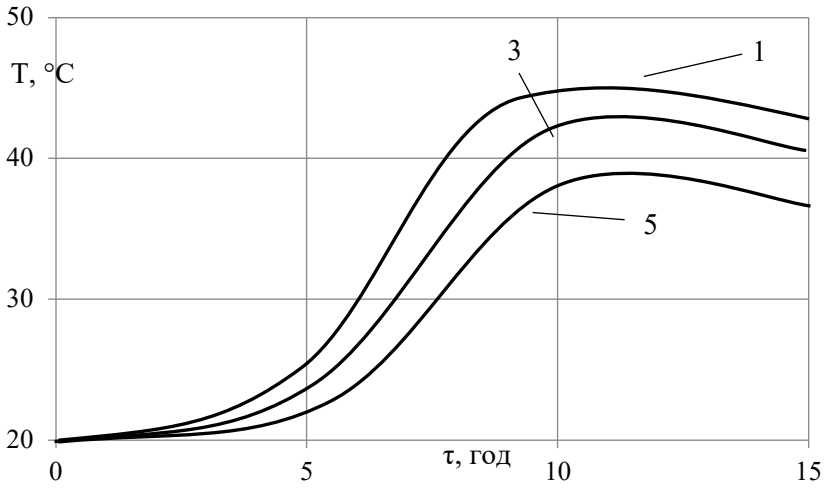


Рис. 1. Вплив вмісту меленого вапняку у портландцементі на екзотермічний розігрів цементно-водної композиції:
1, 3, 5 – цемент з вмістом меленого вапняку 0, 10 та 20 %

Стосовно впливу добавки меленого вапняку до портландцементу (0…20 %) на міцність цементного каменю на стиск у віці 3-х, 7-и, 14-и та 28-и діб твердіння, слід відмітити, що введення до цементу вапняку приводе до зниження міцності каменю для всіх вивчених термінів твердіння. Підтвердженням цього є графічні залежності, які наведені на рис. 2.

Аналіз експериментальних даних свідчить про те, що процент зниження міцності цементного каменю із зростанням витрати меленого вапняку зменшується зі зростанням терміну твердіння. Так, якщо для цементного каменю з 20 %-ою витратою меленого вапняку у змішаному

в'яжучому процент зниження міцності в 3-х добовому віці складає 31 % (16,6 МПа) від контролю (25,3 МПа) – вапняк відсутній, то в 28-и добовому віці процент зниження міцності на стиск не перевищує 25 % (40,5 МПа) від контролю (54,0 МПа).

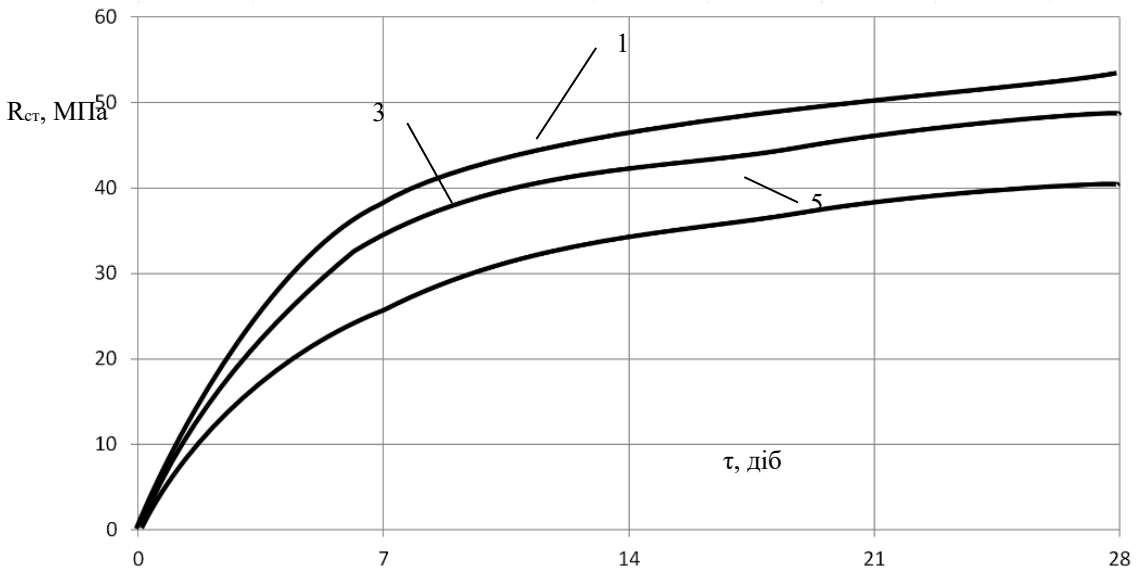


Рис. 2. Вплив терміну твердіння на міцність цементного каменю:
1, 3, 5 – вміст меленого вапняку у складі змішаного в'яжучого 0, 10 та 20 % відповідно

Наступний етап досліджень був присвячений визначенню впливу механоактивації цементно-водної композиції (SP=0 %) з добавкою меленого вапняку (до 20 %) протягом 60 і 120сек на міцність будівельного розчину складу Ц:П=1:1 у віці 3-х діб. Наведені експериментальні дані (табл. 6) свідчать про те, що зростання терміну активації в'яжучого (від 0 до 60 сек) сприяє підвищенню міцності будівельного розчину в середньому на 20…25 %. Подальше зростання терміну активації до 120сек викликає не настільки явне зростання міцності будівельного розчину, що дозволяє припинити подальше зростання терміну активації і зупинитися на терміні активації 120сек.

Таблиця 6

Вплив механоактивації на міцність будівельного розчину

№ з/п	Портланд-цемент, %/г	Мелений вапняк, %/г	Кварцовий пісок, %/г	Розплив конусу, мм	Активація, сек	(В/Т) / Вода,г	$R_{ст}$, 3 доби МПа
1	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**
1	100/1000	0/0	100/1000	120	0	0,35/35	15,1
2	100/1000	0/0	100/1000	120	60	0,33/33	18,1
3	100/1000	0/0	100/1000	120	120	0,30/30	20,4
4	90/900	10/100	100/1000	120	0	0,36/36	13,3
5	90/900	10/100	100/1000	120	60	0,34/34	15,6

1	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**
6	90/900	10/100	100/1000	120	120	0,31/31	18,3
7	80/800	20/200	100/1000	120	0	0,360	11,5
8	80/800	20/200	100/1000	120	60	0,35/35	14,8
9	80/800	20/200	100/1000	120	120	0,31/31	16,2

Наступним етапом дослідження було визначення сумісного впливу механоактивації впродовж 120 сек і витрати суперпластифікатору SP-5 на міцність будівельного розчину на стиск в 3-х добовому віці, табл. 7.

Таблиця 7

Міцність будівельного розчину на стиск в 3-х добовому віці

№з/п	Портланд-цемент, %/г	Мелений вапняк, %/г	Кварцовий пісок, %/г	Розплив конусу суміші,мм	Кількість SP-5, %/г	Міцність будівельного розчину, МПа	
						контроль	механо-активація
1	100/1000	0/0	100/1000	120	1,0/10	19,7	27,8
2	90/900	10/100	100/1000	120	1,0/10	17,4	24,2
3	80/800	20/200	100/1000	120	1,0/10	15,1	21,5

Експериментальні дані свідчать про те, що механоактивація змішаного в’яжучого в присутності 1 % суперпластифікатору дозволяє підвищити міцність будівельного розчину на стиск в 3-х добовому віці (в порівнянні з контролем) в середньому на 39…42 %.

Висновки

1. Введення до складу портландцементу меленого вапняку викликає зниження максимальної величини екзотермічного розігріву з 45,6 °С (мелений вапняк відсутній) до 38,7 °С (вміст меленого вапняку у змішаному в’яжучому 20 %).

2. Введення до складу немеханоактивованого цементу меленого вапняку в кількості до 20 % викликає зниження міцності цементного каменю в 28-и добовому віці з 54,0 МПа (вапняк відсутній) до 40,5 МПа (20 % вапняку). Експериментально встановлено, що зростання терміну твердіння (від 3-х до 28-и діб) сповільнює падіння міцності цементного каменю від впливу добавки меленого вапняку.

3. Механоактивація змішаного в’яжучого в присутності 1 % суперпластифікатору SP-5 дозволяє підвищити міцність будівельного розчину складу 1:1 в 3-х добовому віці (в порівнянні з контролем) в середньому на 39…42 %.

Література.

1. Штарк Й., Бернд В. Долговечность бетона: П.В. Кривенко. К.:Оранта. 2004. 301с.

2. Рунова Р.Ф., Гоц В.І., Саницький М.А. Конструкційні матеріали нового покоління та технології впровадження їх в будівництво. К.:УВПК «ЕксОб». 2008. 360 с.

3. Дворкін Л.Й., Дворкін О.Л. Основи бетонознавства. К.: Основа. 2007. 616 с.

4. Дворкін Л.Й., Житковський В.В., Марчук В.В. Ефективні технології бетонів та розчинів із застосуванням техногенної сировини: Монографія. Рівне: НУВГП. 2017. 424 с.

5. Шейнич Л.А., Пушкарева Е.К. Процессы самоорганизации структуры строительных композитов. Київ: Гамма-принт. 2009. 153 с.

6. Коллоидная химия и физико-химическая механика цементных бетонов. Т.1. Київ: Наукова думка. 2011. 330 с.

7. Саницький М.А., Кропивницька Т.П., Гев'юк І.М. Швидкотверднучі портландцементи з добавкою вапняку. Будівельні матеріали та вироби. 2019. №1-2(100). С. 18-23.

8. Саницький М.А., Соболь Х.С., Марків Т.С. Модифіковані композиційні цементи. Львів: Львівська політехніка. 2010. 132 с.

9. Мюллер К. Характеристики композиционных цементов. Cement International. Киев. 2008. №1. С. 44-56.

10. Ильина Л.В., Гичко Н.О. Цементные материалы с минеральными микронаполнителями. Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. 2013. №8. С. 122-124.

11. Гев'юк І.М., Кропивницька Т.П., Саницький М.А. Композиційний портландцемент з добавками природного цеоліту та вапняку. Ресурсоекономні конструкції, будівлі та споруди. Вип. 31. 2015. С. 149-156.

12. Кропивницька Т.П., Саницький М.А., Гев'юк І.М. Вплив карбонатних добавок на властивості портландцементу композиційного. НУ «Львівська політехніка». Теорія і практика будівництва. 2013. №755. С. 214-220.

13. Козлова В.В., Манюха А.М. Влияние карбонатсодержащих добавок на свойства композиционных цементов. Цемент и его применение. 2012. №3. С. 53-57.

14. Барабаш І.В. Механохімічна активація мінеральних в'яжучих речовин. Одеса: Астропринт. 2002. 100 с.

PhD student **Maksym Momot,**
PhD, associate Professor **Kostiantyn Streltsov,**
Odesa State Academy of Civil Engineering and Architecture, Odesa

THE INFLUENCE OF MECHANOACTIVATION OF PORTLAND CEMENT WITH GROUND LIMESTONE ADDITIVE ON THE STRENGTH OF CEMENT STONE

This article considers the experimental results of research reflecting the effect of mechanoactivation in a high-speed rotor mixer of cement-water compositions with ground limestone and SP-5 superplasticizer additives on the physical and mechanical characteristics and exothermy of cement stone. Such compositions were produced by adding ground limestone with a specific surface area of 315 m²/kg in amounts ranging from 0 to 20 % to PC I Portland cement.

It was experimentally established that increasing the ground limestone content from 0 to 20% has a minor effect on the bulk and true density of the composition, decreasing them by 1,5 % and 4,0 %, respectively. An increase in the amount of ground limestone from 0 to 20 % causes an increase in the setting time of the blended binder: initial setting time increases from 3 h 00 min to 3 h 45 min; final setting time from 4 h 50 min to 5 h 50 min. To a much greater extent, the addition of ground limestone to Portland cement affects the exothermy of the cement stone: the cement stone without the additive heated up to 45,6 °C, while adding 20 % limestone reduced the heating to 38,7 °C.

It was experimentally found that introducing ground limestone into the cement causes a decrease in the compressive strength of the cement stone at 3 days of age from 25,3 MPa (no ground limestone) to 16,6 MPa (20 % ground limestone); at 28 days of age, the compressive strength of the cement stone decreases from 54,0 MPa (no limestone) to 40,5 MPa (20 % ground limestone). Mechanoactivation combined with the SP-5 superplasticizer has a significant impact on the strength of the cement stone and the mortar based on it. Experimental data indicate that mechanoactivation of the blended binder in the presence of 1 % superplasticizer allows for an increase in the compressive strength of the mortar at 3 days of age (compared to the control sample) by an average of 39…42 %.

Keywords: mechanoactivation; ground limestone; mortar; exothermy; compressive strength.

REFERENCES

1. Shtark Y., Bernd V. Dolhovechnost betona: P.V. Kryvenko. K.:Oranta. 2004. 301 s. {in Ukranian}

2. Runova R.F., Hots V.I., Sanytskyi M.A. Konstruktsiini materialy novoho pokolinnia ta tekhnolohii vprovadzhennia yikh v budivnytstvo. K.:UVPK «EksOb». 2008. 360 s. {in Ukranian}

3. Dvorkin L.I., Dvorkin O.L. Osnovy betonoznavstva. K.:Osnova. 2007. 616 s. {in Ukranian}

4. Dvorkin L.I., Zhytkovskyi V.V., Marchuk V.V. Efektyvni tekhnolohii betoniv ta rozchyniv iz zastosuvanniam tekhnohennoi syrovyny: Monohrafiia. Rivne: NUVHP. 2017. 424 s. {in Ukranian}

5. Sheinych L.A., Pushkareva E.K. Protsessы samoorhanyzatsyy strukturы stroytelnыkh kompozytov. Kyiv: Hamma-prynt. 2009. 153 s. {in Ukranian}

6. Kolloydnaia khymyia y fyzyko-khymycheskaia mekhanyka tsementnыkh betonov. T.1. Kyiv: Naukova dumka. 2011. 330 s. {in Ukranian}

7. Sanytskyi M.A., Kropyvnytska T.P., Heviuk I.M. Shvydkotverdnuchi portlandtsementy z dobavkoiu vapniaku. Budivelni materialy ta vyroby. 2019. №1-2(100). S. 18-23. {in Ukranian}

8. Sanytskyi M.A., Sobol Kh.S., Markiv T.S. Modyfikovani kompozytsiini tsementy. Lviv: Lvivska politekhnika. 2010. 132 s. {in Ukranian}

9. Miuller K. Kharakterystyky kompozytsyonnыkh tsementov. Cement International. Kyev. 2008. №1. S. 44-56. {in Ukranian}

10. Ylyna L.V., Hychko N.O. Tsementnыe materyalы s myneralnыmy mykronapolnyteliamy. Mezhdunarodnыi zhurnal prykladnыkh y fundamentalnыkh yssledovanyi. 2013. №8. S. 122-124. {in Ukranian}

11. Heviuk I.M., Kropyvnytska T.P., Sanytskyi M.A. Kompozytsiinyi portlandtsement z dobavkamy pryrodnoho tseolitu ta vapniaku. Resursoekonomni konstruktsii, budivli ta sporudy. Vyp. 31. 2015. S. 149-156. {in Ukranian}

12. Kropyvnytska T.P., Sanytskyi M.A., Heviuk I.M. Vplyv karbonatnykh dobavok na vlastyvosti portlandtsementu kompozytsiinoho. NU «Lvivska politekhnika». Teoriia i praktyka budivnytstva. 2013. №755. S. 214-220. {in Ukranian}

13. Kozlova V.V., Maniukha A.M. Vlyianye karbonatsoderzhashchykh dobavok na svoistva kompozytsyonnыkh tsementov. Tsement y eho prymenenye. 2012. №3. S. 53-57. {in Ukranian}

14. Barabash I.V. Mekhanokhimichna aktyvatsiia mineralnykh viazhuchykh rechovyn. Odesa: Astroprynt. 2002. 100 s. {in Ukranian}

DOI: 10.32347/2076-815x.2026.93.560-575
УДК 624.04

Сур'янінов М.Г, д.т.н., професор,
sng@odaba.edu.ua, ORCID: 0000-0003-2592-5221,
к.т.н., доцент **Суханова С.В,**
sukhanova@odaba.edu.ua, ORCID: 0000-0003-3142-8790,
доктор философии **Метлицький В.В.,**
metlyckiy@odaba.edu.ua, ORCID: 0000-0002-1668-9936,
доктор философии **Сур'янінов В.М.,**
citykboss@odaba.edu.ua, ORCID: 0009-0006-9620-4287,
Одеська державна академія будівництва та архітектури

ТРІЩИНОСТІЙКІСТЬ ПОШКОДЖЕНИХ ЗАЛІЗОБЕТОННИХ БАЛОК, ПОСИЛЕНИХ ФІБРОБЕТОНОМ

Експериментально досліджено тріщиностійкість балок з різними пошкодженнями стиснутих і розтягнутих зон, які у зонах пошкодження посилені сталефібробетоном.

Для проведення експериментальних досліджень було розроблено стенд, у якому плоско-поперечний вигин навантаження випробовуваної балки створюється за допомогою гідравлічного домкрата і металевої балки двотаврової траверсою, що передає на балку дві рівні зосереджені сили. Навантаження, що створюється, контролюється зразковим динамометром системи Токаря і кільцевим динамометром, що виконує роль опори. В якості критерію руйнування непошкоджених залізобетонних балок було прийнято подальшу неможливість сприймати навантаження або значні деформації бетону та арматури або надмірну ширину розкриття тріщини.

Прогини вимірювали за допомогою прогиноміру Максимова, а деформації — індикаторами годинного типу з ціною поділу 0,01 мм. Індикатори розташовувалися у характерних зонах роботи балки. Перші чотири індикатори розташовані в середній частині балки, де є чистий вигин. Ще 6 індикаторів у зонах передачі навантаження. База вимірів деформацій індикаторів — 24 см.

У процесі випробувань фіксувалося навантаження, що передається на балку, прогини та деформації окремих волокон бетону та відстежувався процес тріщиноутворення.

Для шести балок (одна непошкоджена та п'ять з різними пошкодженнями) визначено величину навантаження на початку тріщиноутворення та на всіх етапах навантаження до моменту руйнування, кількість тріщин, початкова та кінцева ширина їх розкриття.

Ключові слова: залізобетон; фібробетон; стенд для випробувань; зразок; тріщиностійкість; ширина розкриття.

Вступ. Залізобетонні балки – це один із найпоширеніших конструктивних елементів у будівництві. Вони мають багато корисних властивостей – велику несучу здатність, вогнестійкість, довговічність та ін. Через різні причини балки можуть бути пошкоджені. Можливі як пошкодження, пов'язані з руйнуванням бетону і корозією арматури в результаті тривалої експлуатації, так і механічні пошкодження внаслідок зовнішніх впливів. Особливо актуальною є ця проблема в наш час, оскільки велика кількість пошкоджень відбувається внаслідок бойових дій. Не завжди доцільно змінювати конструкцію, в більшості випадків можна посилити її пошкоджену частину без повної заміни балки. У масштабах країни такий підхід, безперечно, призводить до значного економічного ефекту.

Мета роботи полягає у дослідженні деформативності та тріщиностійкості пошкоджених балок, які у зоні пошкодження посилені сталефібробетоном.

Аналіз попередніх досліджень. Підсиленням залізобетонних балок займалися багато вчених — А.Б. Барашиков [1], З.Я. Бліхарський [2], О. П. Борисюк [3], Б.А. Боярчук [4], М.О. Валовой [5], Д.І. Дубіжанський [6], І.В. Задорожнікова [7], Ю.Ю. Зятюк [8], І.В. Мельник [9], Д.В. Попруга [10], Л.В. Потієнко [11], Я.В. Римар [12], О.П. Сунак [13], S. Weidner [14], D. Mostofinejad [15], Ł. Zdanowicz [16], B.S. Mohammed [17], S. Bergmann [18], A. Schumann [19] та інші.

Розглянемо застосування нових методів підсилення у дослідженнях сучасних вчених. Переважна більшість цих досліджень присвячена підсиленню композитними матеріалами. У роботі [20] вивчалися залізобетонні балки, посилені сталефібробетоном. Отримано експериментальні результати з оцінки міцності, жорсткості, тріщиностійкості. Поведінку пошкоджених вогнем бетонних балок, посилених деформаційно-жорстким цементним композитом розглянуто в [21]. Дослідження [22] присвячено визначенню здатності залізобетонних балок зі сталевим волокном і без нього поглинати енергію під час вибухового навантаження. Використання оболонки з фібробетону для посилення залізобетонних балок досліджено [23] за допомогою натурних випробувань. Мета дослідження [24] — визначити ефективність високоміцного фібробетону при ремонті пошкоджених бетонних колон шляхом використання тонкої бетонної оболонки, виготовленої з додаванням різних сталевих волокон з різним вмістом. У роботі [25] наведено огляд методів посилення або ремонту залізобетонних балок. Виділено основні методи ремонту та посилення

залізобетонних балок з використанням сталевих пластин, фібробетону, залізобетонної оболонки та ін.

Аналіз літератури свідчить про те, що дуже перспективним напрямком в посиленні конструкцій є армування пошкодженої зони сталефібробетоном. Але таких досліджень недостатньо, отже, тема даної роботи є актуальною.

Мета. Метою роботи є дослідження тріщиностійкості пошкоджених балок, які у зоні пошкодження посилені сталефібробетоном.

Матеріали та методи дослідження. Усі роботи проводились у лабораторіях кафедр будівельної механіки та опору матеріалів Одеської державної академії будівництва та архітектури. Для виготовлення зразків до бетону рівномірно додавалася сталева анкерна фібра, загальний обсяг якої становив 2% від обсягу суміші. Використані експериментальні методи механіки, методи математичної статистики.

Результати та обговорення. Для проведення експериментальних досліджень було розроблено стенд, що складається з жорсткої металевої станини складеного перерізу та двох металевих тяжів ∅46 мм (рис. 1). Верхня частина стрижнів закінчується різьбленням, за допомогою якого фіксується траверса, яка служить упором для зразкового динамометра. Фіксація траверси здійснюється за допомогою гайок.



Рис. 1. Випробувальний стенд

Плоско-поперечний вигин навантаження випробовуваної балки створюється за допомогою гідравлічного домкрата і металевої балки двотаврової траверсою, що передає на балку дві рівні зосереджені сили. Навантаження, що створюється, контролюється зразковим динамометром системи Токаря і кільцевим динамометром, що виконує роль опори. У процесі випробувань фіксувалося навантаження, що передається на балку, прогини та деформації окремих волокон бетону та відстежувався процес тріщиноутворення.

Навантаження прикладали ступенями по 0,05 від руйнівного, величину якого визначили в ході попередніх навантажень. Як руйнівне, приймали навантаження, при якому відбувалося різке збільшення швидкості деформування окремих волокон бетону. За кожним ступенем навантаження слідувала витримка 8-10 хвилин. Між ступенями навантаження відстежувався процес початку та розвитку тріщиноутворення. Прогини вимірювали за допомогою прогібоміру Максимова, а деформації — індикаторами годинного типу з ціною поділу 0,01 мм. Індикатори розташовувалися у характерних зонах роботи балки. Перші чотири індикатори розташовані в середній частині балки, де є чистий вигин. Ще 6 індикаторів у зонах передачі навантаження. База вимірів деформацій усіх індикаторів — 24 см.

Програмою випробувань передбачено дослідження серії балок із різним характером ушкоджень. Варіювалася зона пошкодження (розтягнута та стиснута), геометрія зони пошкодження.

Досліджувані зразки балок були розподілені на дві групи (рис. 2): I група — ЗБП1, ЗБП2, ЗБП3; II група — ЗБП4, ЗБП5. У першій групі пошкоджено стиснуту зону, у другій та третій — розтягнуту. Зразки кожної групи з відповідним пошкодженням виготовлялися одночасно, і додатково до кожної групи додавалася непошкоджена балка: ЗБІ, ЗБІІ, ЗБІІІ. Крім того, виготовлялися призми та куби з метою визначення фізико-механічних властивостей матеріалу цих зразків.

Для виготовлення зразків матеріалу при замішуванні бетонної маси рівномірно додавалася фібра, загальний обсяг якої становив 2% обсягу виробу. У ході попередніх досліджень було визначено оптимальний обсяг фібри для застосування у непошкоджених конструкціях, що становив 1%, але для посилення пошкодженої конструкції він був збільшений вдвічі.

У процесі дослідження тріщиноутворення у непошкодженій балці та у пошкоджених балках, посилених фібробетоном, фіксувалося навантаження, при якому утворилася перша тріщина, загальна кількість тріщин, початкова та кінцева ширина розкриття кожної з них.

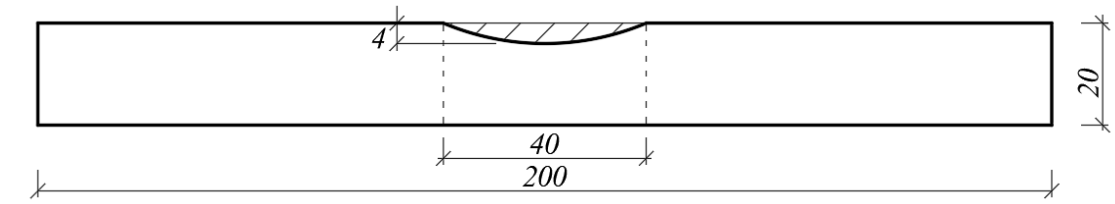
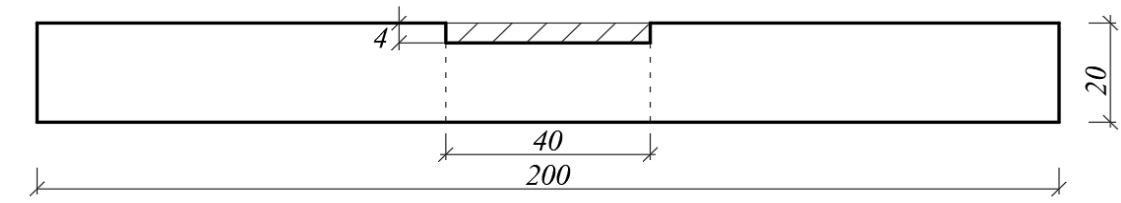
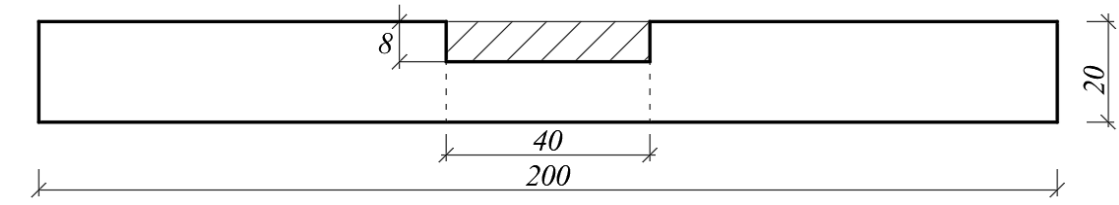
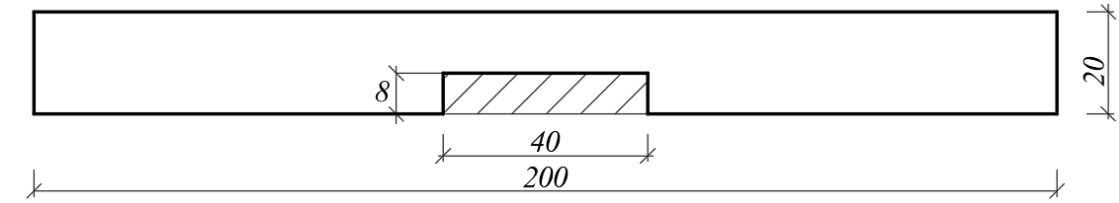
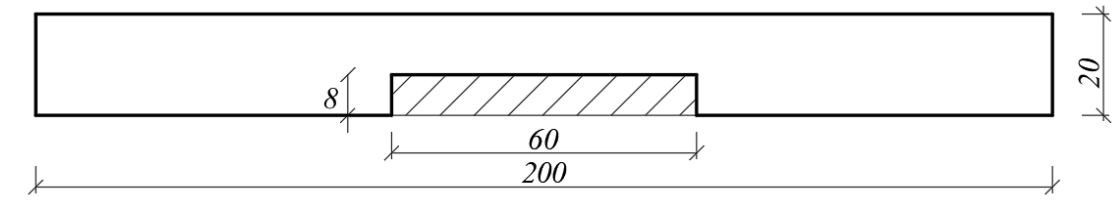
Марка зразка	Схема пошкодження
ЗБП1	
ЗБП2	
ЗБП3	
ЗБП4	
ЗБП5	

Рис. 2. Схеми і характер пошкоджень у досліджуваних балках

Непошкоджена балка

Загальні показники тріщиноутворення наведені у табл. 1. Загальний вигляд тріщин, що утворилися наприкінці випробувань зразку, показаний на рис. 3.



Рис. 3. Тріщини у непошкодженій балці

Показники тріщиноутворення у непошкоджених балках ЗБІІ та ЗБІІІ тут не наводимо, оскільки вони не суттєво відрізняються від тих, що вказані у табл. 1.

Таблиця 1

Показники тріщиноутворення у непошкодженій балці

Ступінь навантаження	Величина навантаження, *кН*	Номер тріщини	Остаточна ширина розкриття, *мм*
1	6,5		
2	13,0		
3	19,5		
4	26,0		
5	32,5	1-4	1, 3 — 0,1; 2 — 0,1; 4 — 0,15
6	39,0	5-11	5,7,9,10 — 0,2; 6, 11 — 0,15
7	45,5	12-14	8, 12, 13, 14 — 0,1
8	52,0		
9	58,5	15-17	15, 16, 17 — 0,15
10	65,0		
11	71,5	18-19	18 — 0,1; 19 — 0,4
12	78,0		
13	84,5		
14	94		
15	98,0		

Підсилені балки

Зразок ЗБП1. Загальні показники тріщиноутворення наведені у табл. 2.

Таблиця 2

Показники тріщиноутворення у зразку ЗБП1

Ступінь навантаження	Величина навантаження, *кН*	Номер тріщини	Остаточна ширина розкриття, *мм*
1	6,5		
2	13,0		
3	19,5	1-10	1, 2, 9 — 0,2; 3, 4, 6 — 0,7; 5, 7, 8 — 0,05; 10 — 0,7
4	26,0		
5	32,5		
6	39,0		
7	45,5		
8	52,0	11	11 — 0,7
9	58,5	12-13	12 — 2,0; 13 — 1,0
10	65,0		
11	71,5		
12	78,0		
13	80,6		

Загальний вигляд тріщин, що утворилися наприкінці випробувань зразку ЗБП1, показаний на рис. 4.

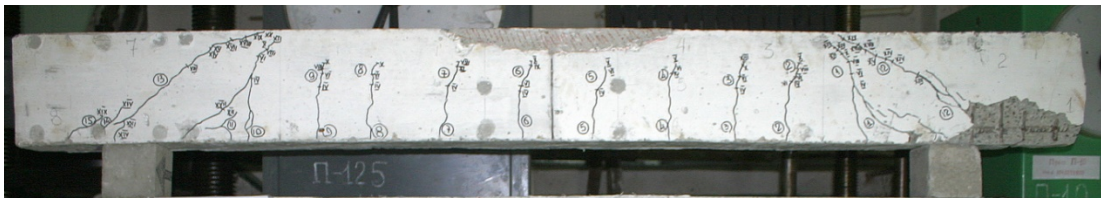


Рис. 4. Тріщини у зразку ЗБП1

Зразок ЗБП2

Загальні показники тріщиноутворення наведені у табл. 3.

Таблиця 3

Показники тріщиноутворення у зразку ЗБП2

Ступінь навантаження	Величина навантаження, *кН*	Номер тріщини	Остаточна ширина розкриття, *мм*
1	6,5		
2	13,0		
3	19,5		
4	26,0		
5	32,5	1-4	1, 3 — 0,3; 2 — 0,1; 4 — 0,2
6	39,0	5-7	5 — 0,2; 6, 7 — 0,1
7	45,5		
8	52,0		
9	58,5	8-11	8, 9, 11 — 0,1; 10 — 0,05
10	65,0	12-13	12, 13 — 0,1
11	71,5		
12	78	14	14 — 0,7
13	84,5		
14	91		
15	93.6		

Загальний вигляд тріщин, що утворилися наприкінці випробувань зразку ЗБП2, показаний на рис. 5.

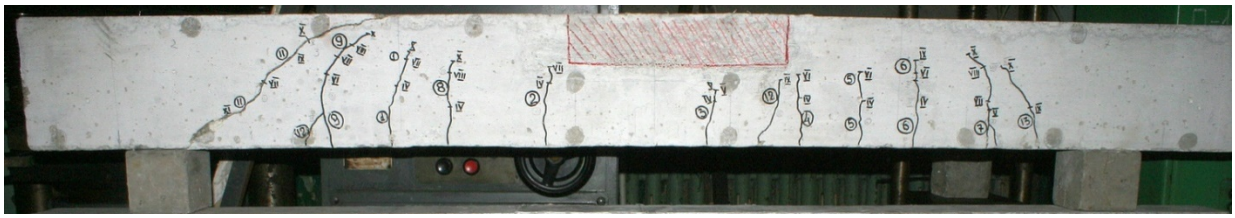


Рис. 5. Тріщини у зразку ЗБП2

Зразок ЗБП3

Загальні показники тріщиноутворення наведені у табл. 4.

Таблиця 4

Показники тріщиноутворення у зразку ЗБП3

Ступінь навантаження	Величина навантаження, *кН*	Номер тріщини	Остаточна ширина розкриття, *мм*
1	6,5		
2	13,0		
3	19,5		
4	26,0	1-6	1— 0,25; 2, 4 — 0,2; 3,5 — 0,1; 6 — 0,05
5	32,5	7-8	7 — 0,1; 8 — 0,05
6	39,0		
7	45,5		
8	52,0	9-10	9 — 0,2; 10 — 0,15
9	58,5	11-12	11 — 0,6; 12 — 0,25
10	65,0		
11	71,5		
12	78,0		
13	84,5		
14	91,0		
15	92		

Загальний вигляд тріщин, що утворилися наприкінці випробувань зразку ЗБП3, показаний на рис. 6.

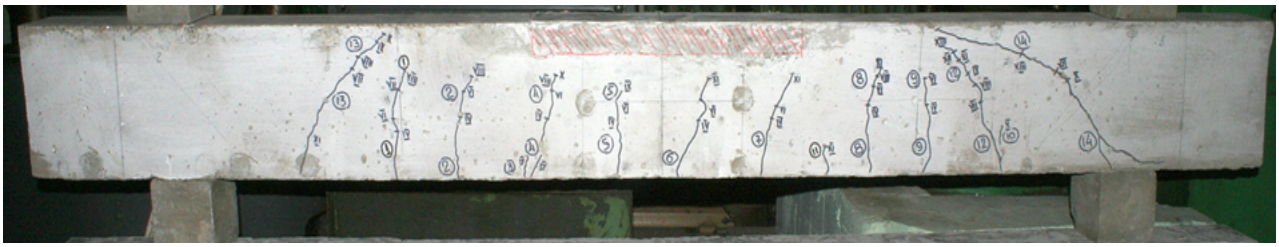


Рис. 6. Тріщини у зразку ЗБП3

Зразок ЗБП4

Загальний вигляд тріщин, що утворилися наприкінці випробувань зразку ЗБП4, показаний на рис. 7. Загальні показники тріщиноутворення наведені у табл. 5.

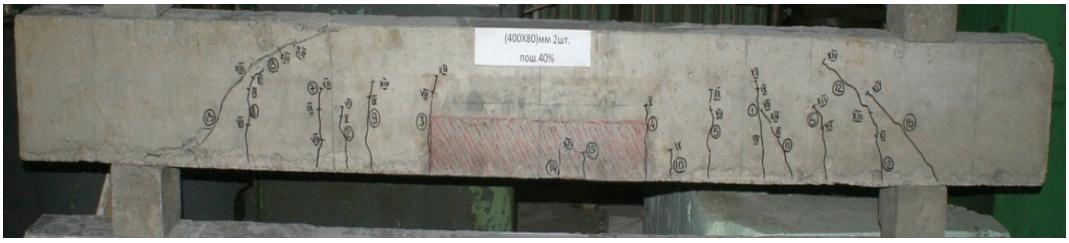


Рис. 7. Тріщини у зразку ЗБП4

Таблиця 5

Показники тріщиноутворення у зразку ЗБП4

Ступінь навантаження	Величина навантаження, *кН*	Номер тріщини	Остаточна ширина розкриття, *мм*
1	6,5		
2	13,0		
3	19,5		
4	26,0	1	1— 0,3
5	32,5	2-4	2 — 0,1; 3 — 0,2; 4 — 0,15
6	39,0		
7	45,5	5-8	5, 6 — 0,15; 7 — 0,2
8	52,0		
9	58,5	9-10	9 — 0,1; 10 — 0,05
10	65,0		
11	71,5	11	11 — 0,1
12	78,0		
13	84,5	12-13	12 — 0,25; 13 — 0,7
14	91,0	14-16	14, 15 — 0,05; 16 — 0,1

Зразок ЗБП5

Загальні показники тріщиноутворення наведені у табл. 6.

Таблиця 6

Показники тріщиноутворення у зразку ЗБП5

Ступінь навантаження	Величина навантаження, *кН*	Номер тріщини	Остаточна ширина розкриття, *мм*
1	6,5		
2	13,0		
3	19,5		
4	26,0		
5	32,5	1	1— 0,3
6	39,0	2	2 — 0,1
7	45,5	3, 4	3 — 0,2; 4 — 0,15
8	52,0	5-8	5, 6 — 0,15; 7, 8 — 0,2
9	58,5	9-10	9 — 0,1; 10 — 0,05
10	65,0		
11	71,5	11-12	11 — 0,1; 12 — 0,25
12	78,0	13	13 — 0,8
13	84,5	14-15	14, 15 — 0,1
14	91,0	16	16 — 0,1
15	92,4		

Загальний вигляд тріщин, що утворилися наприкінці випробувань зразку ЗБП5, показаний на рис. 8.



Рис. 8. Тріщини у зразку ЗБП5

Висновки

Таким чином, експериментально досліджено тріщиностійкість балок з різними пошкодженнями стиснутих і розтягнутих зон, які у зонах пошкодження посилені сталефібробетоном.

1. Тріщиноутворення у непошкодженій балці почалося на 5-му етапі навантаження, коли величина навантаження становила 32,5кН, тобто 33,2% несучої здатності пошкодженої балки. При цьому в зоні чистого вигину утворилося 4 тріщини. На шостому етапі з'явилися ще шість тріщини. На 7, 9 та 11 етапах навантаження утворилися ще 9 тріщин. Загалом утворилося 19 тріщин. Максимальна кінцева ширина розкриття тріщин становила 0,4 мм.

2. Тріщиноутворення у балці ЗБП1 (пошкодження стиснутої зони) почалося на 3-му етапі навантаження, коли величина навантаження становила 19,5кН, тобто 24,2% несучої здатності пошкодженої балки. При цьому в зоні чистого вигину утворилося 6 тріщин. На восьмому етапі з'явилася ще одна тріщина. На 9 етапі навантаження утворилися ще 2 тріщини. Загалом утворилося 13 тріщин. Максимальна кінцева ширина розкриття тріщин становила 2,0 мм.

3. Тріщиноутворення у балці ЗБП2 (пошкодження стиснутої зони) почалося на 5-му етапі навантаження, коли величина навантаження становила 32,5кН, тобто 34,7% несучої здатності пошкодженої балки. При цьому в зоні чистого вигину утворилося 4 тріщини. На п’ятому етапі з'явилися ще три тріщини. На 9, 10 та 12 етапах навантаження утворилися ще 7 тріщин. Загалом утворилося 14 тріщин. Максимальна кінцева ширина розкриття тріщин становила 0,7 мм.

4.Тріщиноутворення у балці ЗБП3 (пошкодження стиснутої зони) почалося на 4-му етапі навантаження, коли величина навантаження становила 26,0кН, тобто 28,3 % несучої здатності пошкодженої балки. При цьому в зоні чистого вигину утворилося 5 тріщин. На п’ятому етапі з'явилися ще дві тріщини. На 8 та 9 етапах навантаження утворилися ще 4 тріщин. Загалом утворилося 12 тріщин. Максимальна кінцева ширина розкриття тріщин становила 0,6 мм.

5.Тріщиноутворення у балці ЗБП4 (пошкодження розтягнутої зони) почалося на 4-му етапі навантаження, коли величина навантаження становила 26,0кН, тобто 28,6 % несучої здатності пошкодженої балки. На п’ятому етапі

з'явилися ще три тріщини. При цьому в зоні чистого вигину утворилося 3 тріщини. Далі процес значно активізувався, на 7, 9, 11, 13 та 14 етапах навантаження утворилися ще 12 тріщин. Загалом утворилося 16 тріщин. Максимальна кінцева ширина розкриття тріщин становила 0,7 мм.

6. Тріщиноутворення у балці ЗБП5 (пошкодження розтягнутої зони) почалося на 5-му етапі навантаження, коли величина навантаження становила 32,5кН, тобто 35,2% несучої здатності пошкодженої балки; з'явилася перша тріщина. Ще одна — на другому етапі. На 7-9 етапах навантаження утворилися ще 8 тріщин, а на 11-14 — останні шість. В зоні чистого вигину утворилося 4 тріщини. Загальна кількість — 19 тріщин. Максимальна кінцева ширина розкриття тріщин становила 0,8 мм.

Список літератури

1. Барашиков А.Я. Прогини залізобетонних балок після посилення розтягнутої зони різними матеріалами / А.Я. Барашиков, В.М. Колякова, М. Блали // Ресурсоекономні матеріали, конструкції, будівлі та споруди: Збірник наукових праць. Рівне: НУВГП, 2005. Вип. 13. С. 340 - 345. {in Ukrainian}

2. Бліхарський, З.Я. Реконструкція та підсилення будівельних споруд : навчальний посібник / З.Я. Бліхарський. Львів : Львівська політехніка, 2008. 108 с. {in Ukrainian}

3. Борисюк О.П. Методика експериментальних досліджень залізобетонних балок, підсилених у стиснутій і розтягнутій зоні / О.П. Борисюк, Ю.Ю. Зятюк // Ресурсоекономні матеріали, конструкції, будівлі та споруди: 3б. наук. праць. Рівне: НУВГП, 2013. Вип. 27. С. 27-33. {in Ukrainian}

4. Боярчук Б.А. Міцність, тріщиностійкість та деформативність залізобетонних конструкцій при різних способах підсилення розтягнутої зони: дис. канд. техн. наук: 05.23.01 / Б.А. Боярчук // Луцьк, 2003. 157 с. {in Ukrainian}

5. Валовой М.О. Технологія підсилення балок та вплив повторного навантаження на тріщиностійкість та деформативність / М.О. Валовой // Ресурсоекономні матеріали, конструкції, будівлі та споруди: збірник наукових праць. Рівне, 2012. Вип. 23. С. 456 - 462. {in Ukrainian}

6. Дубіжанський Д.І. Міцність та деформативність залізобетонних балок, посилених залізобетонною обоймою під навантаженням: дис. канд. техн. наук: 05.23.01 / Д.І. Дубіжанський //Львів, 2013. 183 с. {in Ukrainian}

7. Задорожнікова І.В. Експериментальні дослідження тріщиностійкості та прогинів балок підсилених у стиснутій зоні / І.В. Задорожнікова // Ресурсоекономні матеріали, конструкції, будівлі та споруди. Рівне, 2007. Вип. 15. С. 364 - 369. {in Ukrainian}

8. Зятюк Ю.Ю. Робота залізобетонних балок підсилених у стиснутій та розтягнутій зонах при дії малоциклових наватажень. / Ю.Ю. Зятюк // Сучасні технології та методи розрахунків у будівництві. Луцьк: ЛНТУ, 2016. Вип. 5. С. 215 -223. {in Ukrainian}

9. Мельник І.В. Ширина розкриття нормальних тріщин залізобетонних балок, підсилених зовнішньою композитною арматурою / І. В. Мельник, А. Я. Мурин, Р. І. Канафоцький, Т. В. Приставський // Вісник НУ "Львівська політехніка" : теорія і практика будівництва. Львів, 2010. № 662. С. 308 - 315. {in Ukrainian}

10. Попруга Д.В. Новітні технології підсилення згинальних залізобетонних елементів промислових будівель / Д.В. Попруга, О.І. Валовой, М.О. Валовой // Ресурсоекономні матеріали, конструкції, будівлі та споруди. Рівне, 2012. Вип. 23. С. 502 - 509. {in Ukrainian}

11. Потієнко Л.В. Експериментальні дослідження прогинів непідсилених і підсилених залізобетонних балок / Л.В. Потієнко // Ресурсоекономні матеріали, конструкції, будівлі та споруди. Рівне, 2010. Вип. 20. С. 500 - 505. {in Ukrainian}

12. Римар Я.В. Міцність та деформативність залізобетонних балок, підсилених під навантаженням нарощуванням арматури: автореф. дис. канд. техн. наук: 05.23.01 / Я.В. Римар // Львів: НУ "Львівська політехніка", 2010. 20 с. {in Ukrainian}

13. Сунак О.П. Міцністні характеристики дослідних залізобетонних балок, підсилених різними способами / Сунак О.П., Сунак П.О., Маліков В.В., Боярчук Б.А. // Ресурсоекономні матеріали, конструкції, будівлі та споруди: Збірник наукових праць. Рівне: НУВГП, 2005. Вип. 13. С. 367 - 371. {in Ukrainian}

14. Weidner, S.; Mrzigod, A.; Bechmann, R.; Sobek, W. Graue Emissionen im Bauwesen—Bestandsaufnahme und Optimierungsstrategien. Beton-Und Stahlbetonbau 2021, 116, 969–977.

15. Mostofinejad, D.; Shameli, S.M. Externally bonded reinforcement in grooves (EBRIG) technique to postpone debonding of FRP sheets in strengthened concrete beams. Constr. Build. Mater. 2013, 38, 751–758.

16. Zdanowicz, Ł.; Seręga, S.; Tekieli, M.; Kwiecień, A. Polymer Flexible Joint as a Repair Method of Concrete Elements: Flexural Testing and Numerical Analysis. Materials 2020, 13, 5732.

17. Lye, H.L.; Mohammed, B.S.; Liew, M.; Wahab, M.; Al-Fakih, A. Bond behaviour of CFRP-strengthened ECC using Response Surface Methodology (RSM). Case Stud. Constr. Mater. 2019, 12, e00327.

18. Bergmann, S.; May, S. Shear Strengthening of RC T-Beams with CRC. In Proceedings of the Tagungsband der 12. Carbon- und Textilbetontage, Dresden, Germany, 22–23 September 2020; pp. 38–41.

19. Schladitz, F.; Schumann, A.; May, S.; Curbach, M. Carbonbetonbau im Brückenbau. Zeitschrift des Vereins der Straßenbau-und Verkehrsingenieure im Freistaat Sachsen.V. 2020, 34-37.

20. Radaikin Oleg, Sharafutdinov Linar. Reinforced concrete beams strengthened with steel fiber concrete. August 2020 IOP Conference Series Materials Science and Engineering 890(1):012045. DOI:10.1088/1757-899X/890/1/012045

21. Xiuling Li, Jianan Qi, Yi Bao. Flexural behavior of fire-damaged concrete beams repaired with strain-hardening cementitious composite. June 2022. Engineering Structures 261(6):114305. DOI: 10.1016/j.engstruct.2022.114305.

22. Fatih Altun, Mehmet M. Köse, Canan Yilmaz, Kamuran Arı. Experimental investigation of reinforced concrete beams with and without steel fiber under explosive loading. January 2008. Indian Journal of Engineering and Materials Sciences 14(6):419-426.

23. Martinola, Giovanni & Meda, Alberto & Plizzari, Giovanni & Rinaldi, Zila. (2010). Strengthening and repair of RC beams with fiber reinforced concrete. Cement & Concrete Composites - CEMENT CONCRETE COMPOSITES. 32. 731-739. 10.1016/j.cemconcomp.2010.07.001.

24. Alasmari, H. (2023). Rehabilitation of overload-damaged reinforced concrete columns using ultra-high-performance fiber-reinforced concrete. Open Engineering, 13(1), 20220437. https://doi.org/10.1515/eng-2022-0437.

25. Rafea F. Hassan and Ammar Fawzi Latief. Repairing and strengthening techniques of RC beams: a review. 2023 IOP Conf. Ser.: Earth Environ. Sci. 1232 012032. DOI 10.1088/1755-1315/1232/1/012032.

Doctor of Science, Professor **Mykola Surianinov,**
PhD **Svetlana Sukhanova,** Doctor of Philosophy **Vitalii Metlizkiy,**
Doctor of Philosophy **Vyacheslav Surianinov,**
Odesa State Academy of Civil Engineering and Architecture, Odesa

CRACK RESISTANCE OF DAMAGED REINFORCED CONCRETE BEAMS REINFORCED WITH FIBER CONCRETE

The article experimentally investigated the crack resistance of beams with various damages of compressed and tension zones, which are reinforced with steel fiber concrete in the damage zones. For experimental research, a stand was developed in which the plane-transverse bending of the load of the tested beam is created using

a hydraulic jack and a metal beam with an I-beam crossbar, which transmits two equal concentrated forces to the beam. The created load is controlled by a model dynamometer of the Tokar system and a ring dynamometer, which acts as a support. As a criterion for the destruction of undamaged reinforced concrete beams, the further inability to perceive the load or significant deformations of concrete and reinforcement or excessive crack opening width was taken. Deflections were measured using a Maksimov deflection meter, and deformations were measured by watch-type indicators with a division value of 0.01 mm. The indicators were located in the characteristic zones of the beam's operation. The first four indicators are located in the middle part of the beam, where there is a clean bend. Another 6 indicators are in the load transfer zones. The base of the deformation measurements of the indicators is 24 cm.

During the tests, the load transmitted to the beam, deflections and deformations of individual concrete fibers were recorded, and the process of crack formation was monitored. For six beams (one undamaged and five with various damages), the load value at the beginning of crack formation and at all stages of loading until the moment of failure, the number of cracks, the initial and final width of their opening were determined.

Keywords: reinforced concrete; fiber concrete; test stand; sample; crack resistance; opening width.

REFERENSES

1. Barashikov A.Ya. Deflections of reinforced concrete beams after strengthening the tension zone with different materials / A.Ya. Barashikov, V.M. Kolyakova, M. Blaly // Resource-saving materials, structures, buildings and structures: Collection of scientific papers. Rivne, 2005. Issue 13. P. 340-345. {in Ukrainian}

2. Blikharsky, Z.Ya. Reconstruction and strengthening of building structures: a textbook / Z.Ya. Blikharsky. Lviv: Lviv Polytechnic, 2008. 108 p. {in Ukrainian}

3. Borisyuk O.P. Methodology of experimental research of reinforced concrete beams reinforced in the compression and tension zone / O.P. Borisyuk, Yu.Yu. Zyatyuk // Resource-saving materials, structures, buildings and structures: 3b. scientific works. Rivne: NUVGP, 2013. Issue 27. Pp. 27-33. {in Ukrainian}

4. Boyarchuk B.A. Strength, crack resistance and deformability of reinforced concrete structures with different methods of strengthening the tension zone: dissertation of the candidate of technical sciences: 05.23.01 / B.A. Boyarchuk // Lutsk, 2003. 157 p. {in Ukrainian}

5. Valovoy M.O. Beam reinforcement technology and the influence of repeated loading on crack resistance and deformability / M.O. Valovoy // Resource-saving

materials, structures, buildings and structures: collection of scientific works. Rivne, 2012. Issue 23. P. 456 - 462. {in Ukrainian}

6. Dubizhanskyi D.I. Strength and deformability of reinforced concrete beams reinforced with reinforced concrete cage under load: dissertation of candidate of technical sciences: 05.23.01 / D.I. Dubizhanskyi //Lviv, 2013. 183 p.{in Ukrainian}

7. Zadoroznikova I.V. Experimental studies of crack resistance and deflections of beams reinforced in a compressed zone / I.V. Zadorozhnikova // Resource-saving materials, constructions, buildings and structures. - Rivne, 2007. Issue 15. P. 364 - 369. {in Ukrainian}

8. Zyatyuk Yu.Yu. Work of reinforced concrete beams reinforced in compression and tension zones under the action of low-cycle loads. / Yu.Yu. Zyatyuk // Modern technologies and calculation methods in construction. Lutsk: LNTU, 2016. Issue. 5. P. 215 -223. {in Ukrainian}

9. Melnyk I.V. Width of opening of normal cracks in reinforced concrete beams reinforced with external composite reinforcement / I.V. Melnyk, A.Ya. Muryn, P.I. Kanafotskyi, T.V. Prystavskyi // Bulletin of the National University "Lviv Polytechnic": theory and practice of construction. Lviv, 2010. No. 662. P. 308 - 315. {in Ukrainian}

10. Popruga D.V. New technologies for strengthening flexural reinforced concrete elements of industrial buildings / D.V. Popruga, O.I. Valovoy, M.O. Valovoy // Resource-saving materials, structures, buildings and structures. Rivne, 2012. Issue 23. P. 502 - 509. {in Ukrainian}

11. Potienko LV. Experimental studies of deflections of unreinforced and reinforced reinforced concrete beams / LV. Potienko // Resource-saving materials, structures, buildings and structures. Rivne, 2010. Issue 20. P. 500 - 505. {in Ukrainian}

12. Rymar YaV. Strength and deformability of reinforced concrete beams reinforced under load by reinforcement buildup: author's abstract of dissertation candidate of technical sciences: 05.23.01 / Ya.V. Rymar // Lviv: Lviv Polytechnic National University, 2010. 20 p. {in Ukrainian}

13. Sunak O.P. Strength characteristics of experimental reinforced concrete beams reinforced in various ways / Sunak O.P., Sunak P.O., Malikov V.V., Boyarchuk B.A. // Resource-saving materials, structures, buildings and structures: Collection of scientific works. Rivne: NUVGP, 2005. Issue 13. P. 367 - 371. {in Ukrainian}

14. Weidner, S.; Mrzigod, A.; Bechmann, R.; Sobek, W. Graue Emissionen im Bauwesen-Bestandsaufnahme und Optimierungsstrategien. Beton-Und Stahlbetonbau 2021, 116, 969–977. {in English}

15. Mostofinejad, D.; Shameli, S.M. Externally bonded reinforcement in grooves (EBRIG) technique to postpone debonding of FRP sheets in strengthened concrete beams. Constr. Build. Mater. 2013, 38, 751–758. {in English}

16. Zdanowicz, Ł.; Seręga, S.; Tekieli, M.; Kwiecień, A. Polymer Flexible Joint as a Repair Method of Concrete Elements: Flexural Testing and Numerical Analysis. Materials 2020, 13, 5732. {in English}

17. Lye, H.L.; Mohammed, B.S.; Liew, M.; Wahab, M.; Al-Fakih, A. Bond behaviour of CFRP-strengthened ECC using Response Surface Methodology (RSM). Case Stud. Constr. Mater. 2019, 12, e00327. {in English}

18. Bergmann, S.; May, S. Shear Strengthening of RC T-Beams with CRC. In Proceedings of the Tagungsband der 12. Carbon- und Textilbetontage, Dresden, Germany, 22–23 September 2020; pp. 38–41. {in English}

19. Schladitz, F.; Schumann, A.; May, S.; Curbach, M. Carbonbetonbau im Brückenbau. Zeitschrift des Vereins der Straßenbau-und Verkehrsingenieure im Freistaat Sachsen.V. 2020, 34-37. {in English}

20. Radaikin Oleg, Sharafutdinov Linar. Reinforced concrete beams strengthened with steel fiber concrete. August 2020 IOP Conference Series Materials Science and Engineering 890(1):012045. DOI:10.1088/1757-899X/890/1/012045. {in English}

21. Xiuling Li, Jianan Qi, Yi Bao. Flexural behavior of fire-damaged concrete beams repaired with strain-hardening cementitious composite. June 2022. Engineering Structures 261(6):114305. DOI: 10.1016/j.engstruct.2022.114305. {in English}

22. Fatih Altun, Mehmet M. Köse, Canan Yilmaz, Kamuran Arı. Experimental investigation of reinforced concrete beams with and without steel fiber under explosive loading. January 2008. Indian Journal of Engineering and Materials Sciences 14(6):419-426. {in English}

23. Martinola, Giovanni & Meda, Alberto & Plizzari, Giovanni & Rinaldi, Zila. (2010). Strengthening and repair of RC beams with fiber reinforced concrete. Cement & Concrete Composites - CEMENT CONCRETE COMPOSITES. 32. 731-739. 10.1016/j.cemconcomp.2010.07.001. {in English}

24. Alasmari, H. (2023). Rehabilitation of overload-damaged reinforced concrete columns using ultra-high-performance fiber-reinforced concrete. Open Engineering, 13(1), 20220437. https://doi.org/10.1515/eng-2022-0437.

25. Rafea F. Hassan and Ammar Fawzi Latief. Repairing and strengthening techniques of RC beams: a review. 2023 IOP Conf. Ser.: Earth Environ. Sci. 1232 012032. DOI 10.1088/1755-1315/1232/1/012032. {in English}

DOI: 10.32347/2076-815x.2026.93.576-586
УДК 711

д.т.н., професор **Татарченко Г.О.**,
tatarchenkogalina@gmail.com, ORCID: 0000-0003-4685-0337,
Безпалий Д.М.,
asp-192-24-778@snu.edu.ua, ORCID: 0009-0009-5663-5447,
Східноукраїнський національний університет імені Володимира Даля

ВІД СМАРТ-ГОТОВНОСТІ БУДІВЛІ ДО ЕНЕРГОПОЗИТИВНОГО РАЙОНУ: РЕГУЛЯТОРНІ ЗАСАДИ ЄС ТА МЕТОДИЧНІ ПЕРЕДУМОВИ ТЕРИТОРІАЛЬНОГО ОЦІНЮВАННЯ

Розглянуто регуляторну та методичну базу Європейського Союзу щодо оцінювання смарт-готовності будівель (Smart Readiness Indicator, SRI) як інструмента підготовки будівельного фонду до взаємодії з енергетичною системою. Проаналізовано ієрархію нормативних актів від Директиви 2010/31/ЄС та Директиви (ЄС) 2018/844 до чинної Директиви (ЄС) 2024/1275, а також технічну конкретизацію SRI у Делегованому регламенті Комісії (ЄС) 2020/2155 та Імплементаційному регламенті Комісії (ЄС) 2020/2156. Визначено структуру методики: дев'ять технічних доменів, до 54 сервісів у детальному методі розрахунку, рівні функціональності 0-4, сім критеріїв впливу, три ключові функціональності та двоступеневий ваговий апарат, що формують матрицю 9×7. Показано співвідношення SRI зі стандартом оцінювання внеску автоматизації ДСТУ EN ISO 52120-1:2022. На основі аналізу наукових публікацій і власного доробку авторів встановлено, що пряме перенесення європейської розрахункової структури на вітчизняний будівельний фонд без адаптації рівнів функціональності та критеріїв впливу є некоректним. Обґрунтовано, що методика SRI є інструментом рівня окремої будівлі, який визначає вхідний рівень для територіального оцінювання енергопозитивних районів, але не підміняє критерій річного енергетичного балансу території. Унаочнено методичний розрив масштабу «будівля - квартал - район», подолання якого є передумовою переходу від оцінювання окремої будівлі до територіального оцінювання енергопозитивних районів і узгоджується з викликами, зафіксованими в міжнародних дослідженнях концепції Positive Energy District.

Ключові слова: смарт-готовність будівель; індикатор SRI; енергоефективність будівель; регуляторна база ЄС; енергопозитивний район; територіальне оцінювання.

Постановка проблеми. Перехід будівельного фонду до кліматичної нейтральності потребує регуляторного інструменту, що поєднує енергоефективність, цифровізацію та готовність будівлі до взаємодії з енергетичною мережею. Таким регуляторним ядром у Європейському Союзі є комплекс актів у сфері енергетичної ефективності будівель, який закріплює індикатор готовності будівель до розумного функціонування (Smart Readiness Indicator, SRI). Водночас застосування цієї методики поза межами ЄС, зокрема в умовах повоєнної відбудови України, потребує критичного аналізу її структури, вагового апарату та меж застосовності, оскільки пряме перенесення європейської структури без адаптації до вітчизняних умов є методичне необґрунтованим. Це визначає актуальність систематизації регуляторної бази ЄС і методики оцінювання смарт-готовності як вхідного етапу для подальшої розробки агрегованого територіального індексу смарт-готовності.

Проте сам перехід від будівлі до району в методичному плані досі не окреслений: SRI формується на рівні окремої будівлі, тоді як енергопозитивність - це вже властивість кварталу чи району. Це не суто термінологічна суперечка: практика розвитку концепції Positive Energy District (PED) підтверджує, що розрив реальний, - там досі не узгоджено ні межі району, ні спосіб агрегування будівельних показників, ні саму методику переходу між масштабними рівнями [1; 2]. Сама концепція PED, інституціалізована в межах Дії 3.2 Стратегічного плану енергетичних технологій ЄС, визначає енергопозитивність як властивість території - невід'ємний річний баланс імпорту енергії, а не окремого об'єкта, і розрізняє автономний, динамічний та віртуальний типи районів залежно від участі зовнішньої мережі. Саме в цій рамці й варто шукати розширення методики SRI за межі окремої будівлі.

Метою дослідження є аналіз регуляторної та методичної бази Європейського Союзу щодо оцінювання смарт-готовності будівель і визначення особливостей методики SRI, які потребують адаптації для застосування в українських умовах, зокрема на рівні територіального оцінювання енергопозитивних районів.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Аналіз наукового доробку із застосування SRI виявляє кілька усталених спостережень, важливих для адаптації методики. Дослідники, які застосовували SRI до будівель середземноморського клімату, встановили придатність структури індикатора, але наголосили на потребі коригування вагових коефіцієнтів для нежитлових будівель з урахуванням їхньої специфіки [3]. Оцінювання смарт-готовності освітніх будівель показало чутливість результату до обраного методу розрахунку та підсценарію, а також потребу ретельного відбору релевантних

сервісів [4]. Практика впровадження схеми у державах-членах ЄС підтверджує як застосовність методики, так і потребу її національної адаптації: показовим є досвід національної фази тестування SRI у Польщі, де в межах відповідної робочої групи виконано пробні розрахунки та підготовку асесорів, що дало змогу виявити практичні труднощі збирання вихідних даних і потребу узгодження каталогу сервісів з національними умовами [5].

У публікації авторів [6], де методику SRI застосовано до навчального корпусу університету громадського призначення, показано, що параметри, які враховуються методикою, в Україні регулюються різною мірою, а сам підсумковий бал і його розподіл за доменами суттєво залежать від економічних умов і наявності регуляторної бази. Звідси випливає, що пряме перенесення європейського розрахункового фреймворку на вітчизняний будівельний фонд без адаптації рівнів функціональності та критеріїв впливу є некоректним.

Коріння регуляторного підходу ЄС до енергоефективності будівель, з якого зрештою виросла методика SRI, варто шукати ще в зарубіжних публікаціях кінця 2000-х років. Один із перших порівняльних аналізів впровадження Директиви 2002/91/ЄС у державах-членах показав, наскільки по-різному там будувалися системи енергетичної сертифікації і саме ця строкатість підштовхнула ЄС до подальшої гармонізації підходів [7]. Трохи пізніше інший огляд наукових джерел про енергоспоживання будівель показав, що впорядкування інформації за технічними параметрами - огороджувальними конструкціями, інженерними системами, режимами експлуатації - стало, по суті, прообразом майбутньої доменної структури SRI [8].

Основні результати досліджень. Регуляторним ядром, що поєднує енергоефективність, цифровізацію та підготовку будівельного фонду до взаємодії з енергетичною системою, є комплекс актів ЄС у сфері енергетичної ефективності будівель. Головний законодавчий інструмент це оновлена Директива (ЄС) 2024/1275 Європейського Парламенту і Ради від 24 квітня 2024 року про енергетичну ефективність будівель (перероблена редакція, EPBD recast) [9]. Її опубліковано в Офіційному віснику ЄС 8 травня 2024 року, вона чинна від 28 травня 2024 року з граничним строком транспозиції до національного законодавства 29 травня 2026 року.

Директива запроваджує траєкторії поступового переходу будівельного фонду до беземісійних будівель і закріплює на рівні первинного законодавства індикатор смарт-готовності як добровільний інструмент оцінювання. Директива є спадкоємицею Директиви 2010/31/ЄС про енергетичну ефективність будівель, стаття 8(10) якої стала правовою підставою для запровадження SRI, та Директиви (ЄС) 2018/844, що вперше ввела поняття смарт-готовності до

європейського права [10]. Хронологію розвитку нормативного поля унаочнено на рис. 1

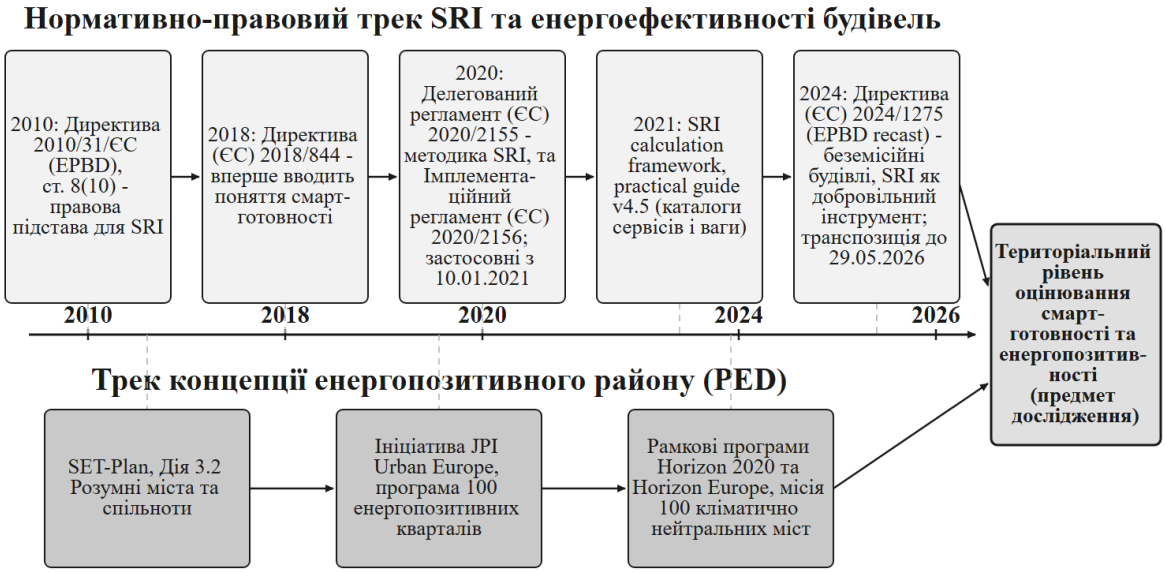


Рис. 1. Хронологія розвитку нормативного поля ЄС: від Директиви про енергетичну ефективність будівель до індикатора смарт-готовності та енергопозитивного району.

Технічну конкретизацію SRI забезпечують два акти Комісії, ухвалені 14 жовтня 2020 року і застосовні з 10 січня 2021 року. Делегований регламент Комісії (ЄС) 2020/2155, що доповнює Директиву 2010/31/ЄС встановленням необов'язкової спільної схеми ЄС для оцінювання смарт-готовності будівель, визначає власне методику: поняття, домени, критерії впливу, ключові функціональності, формули розрахунку та класи готовності [11].

Імплементаційний регламент Комісії (ЄС) 2020/2156 деталізує технічні умови впровадження схеми: вимоги до кваліфікації та акредитації експертів-асесорів, порядок видачі та умови використання сертифіката смарт-готовності (строк дії якого не перевищує 10 років), а також порядок звітування держав-членів [12]. Практичну методичну підтримку розрахунку надає розроблений Комісією у співпраці зі стейкхолдерами методичний посібник (SRI calculation framework, у чинній редакції practical guide v4.5), що містить каталоги сервісів, шкали рівнів функціональності та типові вагові коефіцієнти [13].

За змістом Делегованого регламенту (ЄС) 2020/2155 смарт-готовність відображає здатність будівлі або її частини адаптувати експлуатацію до потреб мешканців, адаптувати експлуатацію до сигналів мережі та підвищувати власну

енергоефективність і загальні експлуатаційні характеристики [11]. Методика структурована навколо трьох ключових функціональностей:

- енергетична ефективність та експлуатація;
- реагування на потреби користувачів;
- енергетична гнучкість, зокрема здатність будівлі брати участь у керуванні попитом.

Розрахунок спирається на дев'ять технічних доменів, визначених у Додатку IV до Регламенту: опалення; охолодження; гаряче водопостачання; вентиляція; освітлення; динамічна оболонка будівлі; електрична енергія; заряджання електротранспорту; моніторинг і керування. Повний каталог сервісів у детальному методі розрахунку (метод B) налічує 54 сервіси; спрощений метод (метод A) оперує близько 27 сервісами, що дає змогу узгоджувати трудомісткість оцінювання з типом будівлі та наявними ресурсами [13]. Наявність кожного сервісу оцінюється рівнем функціональності за дискретною шкалою від 0 до 4.

Вплив сервісів оцінюється за сімома критеріями впливу, визначеними в Додатку II до Регламенту: енергетична ефективність; технічне обслуговування та прогнозування несправностей; комфорт; зручність; здоров'я, добробут і доступність; інформування мешканців; енергетична гнучкість і зберігання [11]. Кожен критерій віднесено рівно до однієї з трьох ключових функціональностей (Додаток III), що формує матрицю розмірності 9×7, у клітинках якої відкладаються оцінки доменів за критеріями, а згортка цих оцінок з ваговими коефіцієнтами дає підсумковий бал. Загальну структуру методики показано на рис. 2.

Ваговий апарат методики має двоступеневу природу: ваги технічних доменів за кожним критерієм впливу (Додаток V) виражаються у відсотках і для кожного критерію в сумі дають 100%, а ваги критеріїв впливу в межах кожної ключової функціональності (Додаток III) визначаються державами-членами. Підсумковий бал переводиться у рейтинг за сімома класами смарт-готовності з діапазонами від менше ніж 20% до не менше ніж 90% (Додаток VIII) [11].

Методику SRI слід чітко відмежовувати від інструментів оцінювання внеску автоматизації в енергоефективність. Історично це регулювалося стандартом EN 15232, місце якого нині посідає стандарт EN ISO 52120-1, гармонізований в Україні як ДСТУ EN ISO 52120-1:2022 «Енергоефективність будівель. Внесок автоматизації, систем керування та управління будівлею. Частина 1. Загальні принципи та процедури» [14].

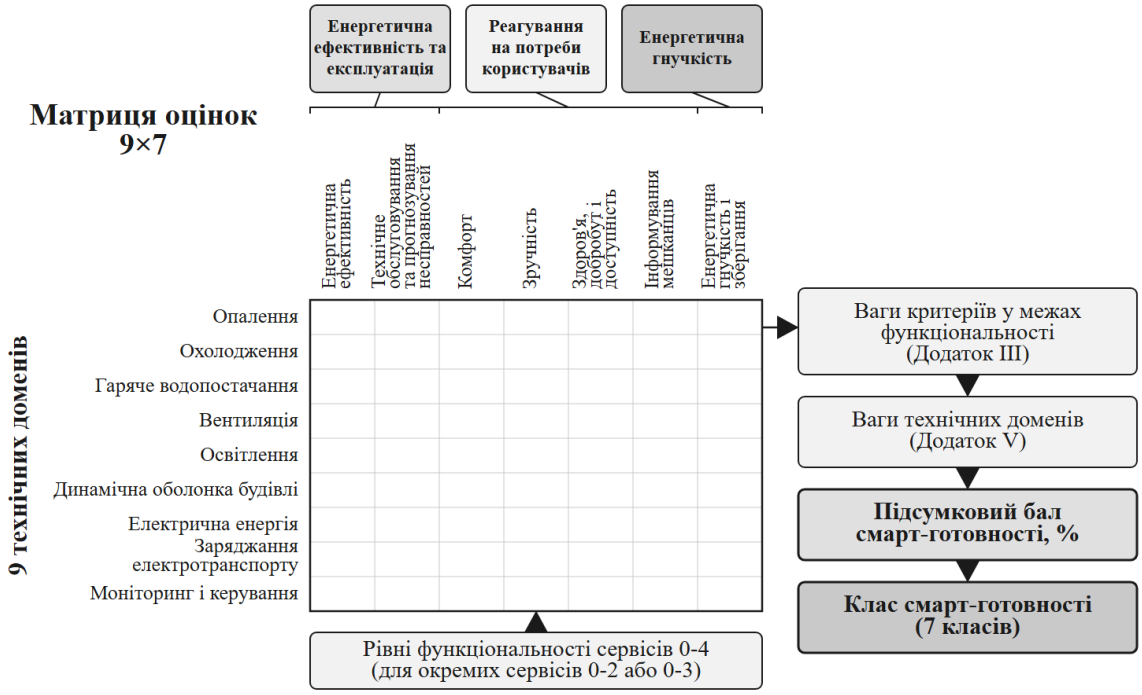


Рис. 2. Структура методики оцінювання смарт-готовності: дев'ять технічних доменів, сім критеріїв впливу та три ключові функціональності.

Тоді як цей стандарт класифікує функції автоматизації за класами ефективності (A, B, C, D) з погляду впливу на енергоспоживання, методика SRI ширша - вона оцінює не лише енергоефективність, а й гнучкість, комфорт, обслуговування, інформування та доступність, тобто багатовимірну готовність будівлі до розумного функціонування. Обидва інструменти взаємно доповнюються і разом утворюють методичну основу для оцінювання цифрової складової енергетичної трансформації забудови.

Саме сервіси, пов’язані з енергетичною гнучкістю та взаємодією з мережею (готовність до інтеграції з розумною мережею, здатність передавати надлишок енергії, наявність систем керування навантаженням), є ключовими для переходу від оцінювання окремої будівлі до територіального рівня, оскільки вони визначають потенціал перерозподілу навантаження між будівлями. Це підкреслює методичний зв’язок між рівнем будівлі, де ці сервіси оцінюються, і рівнем району, де вони реалізуються як міжбудівельні ефекти.

Практична інтерпретація семи класів смарт-готовності для вітчизняного будівельного фонду потребує співвіднесення абстрактних діапазонів балів з реальним станом будівель. Авторами [6] запропоновано зіставлення рівнів функціональності з типовими станами будівель в Україні:

– нижчі - відповідають старому житловому фонду з ручним керуванням інженерними системами;

– проміжні - будівлям з базовою автоматизацією та проведеним енергоаудитом;

– вищі - сучасним будівлям з інтегрованими системами керування, здатними до взаємодії з мережею та предиктивного керування, що характерно для потенційних енергопозитивних кварталів.

Це зіставлення показує, що переважна частина наявного фонду перебуває на нижчих рівнях, а отже, потенціал підвищення смарт-готовності через реконструкцію та відбудову є значним. Водночас воно унаочнює, що просте підвищення класу окремих будівель не є еквівалентом організації енергопозитивного району: рейтинг SRI характеризує готовність до розумного функціонування, але не містить критерію річного енергобалансу території.

Оцінювання смарт-готовності має й вартісний вимір. Наукові дослідження, що поєднують SRI з концепціями будівель майже нульового споживання енергії та енергопозитивних будівель, показують, що підвищення смарт-готовності супроводжується інвестиційними витратами, які істотно різняться залежно від типу будівлі, набору впроваджуваних сервісів та кліматичних умов. Це означає, що територіальне оцінювання не може обмежуватися технічним потенціалом і має враховувати економічну доцільність, зокрема на етапі пріоритезації районів відбудови.

Крім підсумкового рейтингу, Регламент передбачає, що сертифікат смарт-готовності може містити додаткову інформацію про сполучність, взаємодійність систем, кібербезпеку та захист персональних даних [11]. Ці аспекти набувають особливого значення на територіальному рівні: перехід від оцінювання окремої будівлі до організації енергопозитивного району передбачає обмін даними між будівлями, системами зберігання, генеруючими потужностями та мережею, що підвищує вимоги до сумісності протоколів і захисту інформаційних систем від кіберзагроз. Для умов відбудови України, де цифрова інфраструктура створюється фактично заново, урахування сполучності та кібербезпеки на стадії планування районів є базовою вимогою, що відрізняє відбудову від поступової модернізації сформованого фонду.

Висновок. Обґрунтовано, що ЄС має сформовану та юридично закріплену методику оцінювання смарт-готовності будівель (Директива (ЄС) 2024/1275, Делегований регламент (ЄС) 2020/2155, Імплементаційний регламент (ЄС) 2020/2156), якій спирається на дев’ять технічних доменів, до 54 сервісів у детальному методі розрахунку, рівні функціональності 0-4, сім критеріїв впливу, матрицю 9×7, три ключові функціональності та двоступеневий ваговий апарат. Водночас встановлено, що ця методика є інструментом рівня окремої будівлі й потребує адаптації рівнів і ваг до вітчизняних умов.

Отриманий результат формує вхідний рівень для завдання адаптації і верифікації методики SRI, а також базу порівняння щодо агрегованого територіального індексу смарт-готовності, що надбудовується над рівнем будівлі, та адаптаційної таблиці рівнів функціональності і критеріїв впливу. Виявлений розрив масштабу «будівля - квартал - район» окреслює межу застосовності методики SRI і водночас підказує напрям подальшої роботи, суголосний із міжнародною практикою розвитку концепції PED, - розробку механізму агрегування переходу від рівня будівлі до рівня енергопозитивного району.

Література

1. Sareen S., Albert-Seifried V., Aelenei L., Reda F., Etminan G., Andreucci M. B., Kuzmic M., Maas N., Seco O., Civiero P., Gohari S., Hukkalainen M., Neumann H. M. Ten questions concerning positive energy districts. Building and Environment. 2022. Vol. 216. Article 109017.

2. Albert-Seifried V., Murauskaite L., Massa G., Aelenei L., Baer D., Krangsås S. G., Alpagut B., Mutule A., Pokorny N., Vandevyvere H. Definitions of positive energy districts: a review of the status quo and challenges. Sustainability in Energy and Buildings 2021: Smart Innovation, Systems and Technologies, vol. 263. Singapore: Springer, 2022. P. 493–506.

3. Ramezani B., da Silva M. G., Simoes N. Application of smart readiness indicator for Mediterranean buildings in retrofitting actions // Energy and Buildings. 2021. Vol. 249. 111173. DOI: 10.1016/j.enbuild.2021.111173.

4. Plienaitis G., Dauksys M., Demetriou E., Ioannou B., Fokaides P. A., Seduikyte L. Evaluation of the Smart Readiness Indicator for Educational Buildings // Buildings. 2023. Vol. 13, No. 4. 888. DOI: 10.3390/buildings13040888.

5. Poland in the SRI testing phase : First report of the Working Group WG1, 27.05.2024 / SRI national testing framework. Warsaw, 2024. URL: https://energy.ec.europa.eu/topics/energy-efficiency/energy-performance-buildings/smart-readiness-indicator_en (дата звернення: 19.07.2026).

6. Tatarchenko H., Bezpalyy D. Paths Towards a "Smart City" // Journal of Physics: Conference Series. 2026. Vol. 3251. 012032. DOI: 10.1088/1742-6596/3251/1/012032.

7. Casals X. G. Analysis of building energy regulation and certification in Europe: their role, limitations and differences. Energy and Buildings. 2006. Vol. 38, No. 5. P. 381–392.

8. Pérez-Lombard L., Ortiz J., Pout C. A review on buildings energy consumption information. Energy and Buildings. 2008. Vol. 40, No. 3. P. 394–398.

9. Directive (EU) 2024/1275 of the European Parliament and of the Council of 24 April 2024 on the energy performance of buildings (recast). Official Journal of the European Union, L, 2024/1275, 8.5.2024.

10. Directive (EU) 2018/844 of the European Parliament and of the Council of 30 May 2018 amending Directive 2010/31/EU on the energy performance of buildings and Directive 2012/27/EU on energy efficiency. Official Journal of the European Union, L 156, 19.6.2018, 75–91.

11. Commission Delegated Regulation (EU) 2020/2155 of 14 October 2020 supplementing Directive 2010/31/EU of the European Parliament and of the Council by establishing an optional common Union scheme for rating the smart readiness of buildings. Official Journal of the European Union, L 431, 21.12.2020, 9–24.

12. Commission Implementing Regulation (EU) 2020/2156 of 14 October 2020 detailing the technical modalities for the effective implementation of the optional common Union scheme for rating the smart readiness of buildings. Official Journal of the European Union, L 431, 21.12.2020, 25–32.

13. Smart Readiness Indicator (SRI) calculation framework. Practical guide, v4.5 / European Commission. Brussels, 2021. URL: https://energy.ec.europa.eu/topics/energy-efficiency/energy-performance-buildings/smart-readiness-indicator_en (дата звернення: 19.07.2026).

14. ДСТУ EN ISO 52120-1:2022. Енергоефективність будівель. Внесок автоматизації, систем керування та управління будівлею. Частина 1. Загальні принципи та процедури (EN ISO 52120-1:2022, IDT). Київ: ДП «УкрНДНЦ», 2022.

d.t.s., Professor **Tatarchenko Halyna,**
postgraduate student **Bezpalyi Dmytro,**
Volodymyr Dahl East Ukrainian National University

FROM SMART-READY BUILDINGS TO ENERGY-POSITIVE NEIGHBOURHOODS: EU REGULATORY FRAMEWORKS AND METHODOLOGICAL PRINCIPLES FOR TERRITORIAL ASSESSMENT

The regulatory and methodological framework of the European Union for assessing the smart readiness of buildings (Smart Readiness Indicator, SRI) is considered as a tool for preparing the building stock for interaction with the energy system. The hierarchy of legal acts is analysed, from Directive 2010/31/EU and Directive (EU) 2018/844 to the current Directive (EU) 2024/1275, as well as the technical specification of SRI in Commission Delegated Regulation (EU) 2020/2155 and Commission Implementing Regulation (EU) 2020/2156. The structure of the

methodology is defined: nine technical domains, up to 54 services in the detailed calculation method, functionality levels 0-4, seven impact criteria, three key functionalities, and a two-stage weighting system forming a 9×7 matrix. The relationship between SRI and the standard for assessing the contribution of automation, DSTU EN ISO 52120-1:2022, is shown. Based on the analysis of scientific publications and the authors' own research, it is established that a direct transfer of the European calculation framework to the domestic building stock without adapting functionality levels and impact criteria is incorrect. It is substantiated that the SRI methodology is a single-building-level tool that sets the input level for the territorial assessment of positive energy districts, but does not replace the criterion of the annual energy balance of the territory. A methodological gap of scale between the building, the block and the district is outlined; bridging this gap is a precondition for moving from single-building assessment to the territorial assessment of positive energy districts.

Keywords: smart readiness of buildings; SRI indicator; energy efficiency of buildings; EU regulatory framework; positive energy district; territorial assessment.

REFERENCE

1. Sareen S., Albert-Seifried V., Aelenei L., Reda F., Etminan G., Andreucci M. B., Kuzmic M., Maas N., Seco O., Civiero P., Gohari S., Hukkalainen M., Neumann H. M. Ten questions concerning positive energy districts. Building and Environment. 2022. Vol. 216. Article 109017. {in English}

2. Albert-Seifried V., Murauskaite L., Massa G., Aelenei L., Baer D., Krangsås S. G., Alpagut B., Mutule A., Pokorny N., Vandevyvere H. Definitions of positive energy districts: a review of the status quo and challenges. Sustainability in Energy and Buildings 2021: Smart Innovation, Systems and Technologies, vol. 263. Singapore: Springer, 2022. P. 493–506. {in English}

3. Ramezani B., da Silva M.G., Simoes N. Application of smart readiness indicator for Mediterranean buildings in retrofitting actions. Energy and Buildings. 2021. Vol. 249. 111173. DOI: 10.1016/j.enbuild.2021.111173. {in English}

4. Plienaitis G., Dauksys M., Demetriou E., Ioannou B., Fokaides P. A., Seduikyte L. Evaluation of the Smart Readiness Indicator for Educational Buildings. Buildings. 2023. Vol. 13, No. 4. 888. DOI: 10.3390/buildings13040888. {in English}

5. Poland in the SRI testing phase: First report of the Working Group WG1, 27.05.2024. SRI national testing framework. Warsaw, 2024. URL: https://energy.ec.europa.eu/topics/energy-efficiency/energy-performance-buildings/smart-readiness-indicator_en (accessed 19 July 2026). {in English}

6. Tatarchenko H., Bezpalyy D. Paths Towards a "Smart City". Journal of Physics: Conference Series. 2026. Vol. 3251. 012032. DOI: 10.1088/1742-6596/3251/1/012032. {in English}

7. Casals X. G. Analysis of building energy regulation and certification in Europe: their role, limitations and differences. Energy and Buildings. 2006. Vol. 38, No. 5. P. 381–392. {in English}

8. Pérez-Lombard L., Ortiz J., Pout C. A review on buildings energy consumption information. Energy and Buildings. 2008. Vol. 40, No. 3. P. 394–398. {in English}

9. Directive (EU) 2024/1275 of the European Parliament and of the Council of 24 April 2024 on the energy performance of buildings (recast). Official Journal of the European Union, L, 2024/1275, 8.5.2024. {in English}

10. Directive (EU) 2018/844 of the European Parliament and of the Council of 30 May 2018 amending Directive 2010/31/EU on the energy performance of buildings and Directive 2012/27/EU on energy efficiency. Official Journal of the European Union, L 156, 19.6.2018, 75–91. {in English}

11. Commission Delegated Regulation (EU) 2020/2155 of 14 October 2020 supplementing Directive 2010/31/EU of the European Parliament and of the Council by establishing an optional common Union scheme for rating the smart readiness of buildings. Official Journal of the European Union, L 431, 21.12.2020, 9–24. {in English}

12. Commission Implementing Regulation (EU) 2020/2156 of 14 October 2020 detailing the technical modalities for the effective implementation of the optional common Union scheme for rating the smart readiness of buildings. Official Journal of the European Union, L 431, 21.12.2020, 25–32. {in English}

13. Smart Readiness Indicator (SRI) calculation framework. Practical guide, v4.5. European Commission. Brussels, 2021. URL: https://energy.ec.europa.eu/topics/energy-efficiency/energy-performance-buildings/smart-readiness-indicator_en (accessed 19 July 2026). {in English}

14. DSTU EN ISO 52120-1:2022. Enerhoefektyvnist budivel. Vnesok avtomatyzatsii, system keruvannia ta upravlinnia budivleiu. Chastyna 1. Zahalni pryntsypy ta protsedury (EN ISO 52120-1:2022, IDT). Kyiv: DP “UkrNDNTs”, 2022. {in Ukrainian}

DOI: 10.32347/2076-815x.2026.93.587-609
УДК 658.78

к.т.н., доцент **Човнюк Ю.В.,**
ychovnyuk@ukr.net, ORCID: 0000-0002-0608-0203,
к.т.н., доцент **Приймаченко О.В.,**
pryimachenko.ov@knuba.edu.ua, ORCID: 0000-0001-5125-8472,
Чередніченко О.П.,
opcherednichenko@gmail.com, ORCID: 0000-0003-0445-2816,
Київський національний університет будівництва і архітектури

ВИБІР ОПТИМАЛЬНОГО ВАРІАНТУ СТРАТЕГІЇ СКЛАДУВАННЯ ЗАПАСІВ У ЗАДАЧАХ ПЛАНУВАННЯ ТА УПРАВЛІННЯ ТЕРИТОРІАЛЬНИМ РОЗВИТКОМ

Стратегія складування запасів (визначення вибору форми власності складу) у задачах планування та управління територіальним розвитком (зокрема, міста, регіону) має зараз свої власні пріоритети, які пов'язані зі зміцненням ринку складських послуг логістичних посередників й адекватним сприйняттям бізнесом поняття «аутсорсинг». Склади стають невід'ємною частиною інфраструктури компанії, частиною успішної стратегії бізнесу міста, регіону, територіальної громади. Ринок складських послуг стрімко розвивається, завоював авторитет у зарубіжних та вітчизняних компаній і суттєво змінює уявлення про необхідність розвитку власних складських комплексів у межах конкретної території.

У роботі розглянуті варіанти стратегій складування запасів, проведений їх порівняльний аналіз, визначені основні переваги та недоліки. Особливо гостро стоїть проблема володіння складом у забезпечувальній та розподільчій логістиці, розв'язок котрої повинен бути обумовлений пошуком економічних компромісів. Проведене дослідження факторів, які кажуть на користь вибору різних альтернатив (власний, орендований, переданий логістичному посереднику склад чи їх комбінація). Показано, що комбіновані варіанти можуть включати будь-яке сполучення з трьох можливих альтернатив, вказаних вище.

Кожна стратегія складування запасів має свої особливості у діяльності складського господарства, а також свої переваги і недоліки. Доведено, що оптимальний варіант форми власності складу чи їх комбінації обирається за допомогою спеціального алгоритму.

Ключові слова: оптимізація; вибір; стратегії складування; запаси; планування; управління; територіальний розвиток.

Постановка проблеми.

Стратегія складування запасів (визначення вибору форми власності складу) за останні роки багато у чому змінила свої пріоритети. Пов'язане це зі зміцненням ринку складських послуг логістичних посередників й адекватним сприйняттям бізнесом поняття «аутсорсинг». Раніше більшість вітчизняних компаній, починаючи свій бізнес, використовували складські приміщення, що дістались їм з радянських часів, або ж орендували склади, дуже далекі від досконалості, хоча незалежно від цього досягали значних успіхів у своїй діяльності. Склади при цьому ставали невід'ємною частиною інфраструктури компанії та частиною успішної стратегії бізнесу. Наприклад, у 90-і роки XX ст. зарубіжні компанії, які входили на український ринок, перевагу одразу надавали оренді складських потужностей, ніж будівництву власних складів, бо останнє було надто проблематичним, а інших варіантів просто не було, тепер більшість компаній розглядають іншу альтернативу – аутсорсинг. Ринок складських послуг стрімко розвивається та завоював авторитет не тільки у зарубіжних, але й у вітчизняних компаній та змінює уявлення про необхідність розвитку власних складських комплексів.

Розглядаючи варіанти стратегій складування запасів у залежності від функціонування складу у різних областях логістики, слід одразу зазначити, що існує чотири варіанти стратегій складування: 1) власний склад; 2) оренда; 3) логістичний посередник зі складом; 4) комбінована система складів. У випадку оренди складу можливі наступні варіанти: а) взяти склад у лізинг; б) орендувати тільки площі під склад чи орендувати площі + обладнання. Якщо обирають логістичного посередника з власним складом, тоді комплекс послуг по складуванню забезпечує сам логістичний оператор. Існують також склади загального користування (СЗК), котрі виконують певні ізольовані функції. Склади виробничої логістики – це склади проміжної продукції, інструментів й обладнання (або цехові склади) – як правило є власністю компанії (фірми), розміщуючись у безпосередній близькості до виробничого процесу. При цьому деякі компанії запрошують логістичних посередників на склади готової продукції (залишаючи останні у своїй власності) для ведення процесів обробки вантажів й подальшого просування товарних потоків на ринку збуту. До недавніх часів важко було уявити на перший погляд настільки абсурдну ситуацію, коли підприємство-виробник, що є власником складських площ і товару, запрошує для проведення складського процесу обробки вантажів на своїх площах сторонню організацію – логістичного посередника. Сьогодні такі випадки вже не поодинокі. Підприємства все частіше передають виконання

логістичних функцій, включаючи просування товару до споживача і управління запасами у мережі розподілу, логістичним посередникам.

Найбільш гостро проблема володіння складом стоїть у забезпечувальній та розподільчій логістиці, і розв'язок її повинен бути обумовлений пошуком економічних компромісів. При цьому фактори, які говорять на користь вибору тієї чи іншої альтернативи – власний, орендований чи передача логістичному посереднику, а можливо, і їх комбінації – будуть одні й ті ж самі. Комбіновані варіанти можуть включати будь-яке сполучення з трьох можливих альтернатив.

Кожна стратегія складування запасів має свої особливості у діяльності складського господарства, а також свої переваги й недоліки. Задача логіста полягає у виборі оптимального варіанту форми власності складу чи їх комбінації.

Аналіз публікацій по темі дослідження.

Питаннями розроблення та формування логістистичної стратегії займаються вітчизняні (Є.В. Крикавський, Р.Р. Ларіна, Т.М. Скоробогатова, О.М. Тридід), російські (Л.Б. Миротін, А.Н. Родніков, В.І. Сергєєв, А.М. Терлігова) та закордонні (Доналд Дж. Бауерсокс, Девід Дж. Клосс, Дуглас М. Ламберт, Джеймс Р. Сток) вчені. У працях указаних авторів [1–18] насамперед висвітлюється сутність логістичної стратегії та розкриваються загальні принципи її формування. При цьому мало дослідженими залишаються: зміст складно організованих компонент логістичної системи; структура, взаємозв'язок способу організації компонент із загальною стратегією; підходи до формування конкурентоспроможної логістичної стратегії фірми, а також проблеми вибору оптимального варіанту стратегії складування запасів в задачах планування та управління територіальним розвитком.

Мета роботи полягає у обґрунтуванні оптимальних варіантів вибору стратегій складування запасів у задачах планування та управління територіальним розвитком з урахуванням особливостей цих процесів при логістичних постачаннях.

Виклад основного змісту дослідження.

1. Стратегія складування запасів з використанням оренди складу чи складських площ.

У стратегії складування запасів використання оренди передбачає кілька можливих варіантів: 1) орендування складу (усього складського господарства, однієї складської будівлі) на певний період часу; 2) орендування складських потужностей на території складу на певний період часу; 3) орендування складу на тривалий час із правом подальшого викупу його у власність (лізинг).

Тривалий час оренда складу була єдиною можливістю для багатьох компаній вирішити проблему потреби у складських потужностях. У оренду

призначались площі, як правило, непотрібні виробництву або складські площі колишніх складів Міністерства торгівлі чи Держпостачання УРСР. Такі площі мало відповідали сучасним вимогам складського господарства, однак на першому етапі становлення фірми могли забезпечити необхідний процес обробки вантажів.

Часто оренда оформлюється на тривалий строк з правом подальшого викупу (у лізинг), що дозволяє фірмі у перспективі мати власний склад. Такий варіант досить привабливий, особливо якщо площа будівлі та прилеглої території дають можливість після реконструкції отримати складське господарство, що відповідає сучасним вимогам до складу. Але не рідкісним є й інший варіант, коли у оренду пропонуються такі приміщення під склад чи старі складські потужності, котрі й не підлягають реконструкції. Наприклад, при викупі багатоповерхового складу, крім невирішених проблем власник не отримає очікуваних перспектив, якщо тільки його не влаштовує перспектива знести будівлю та побудувати новий склад.

Оренда складських площ на короткий термін, без права модернізації, як правило, гарантує компанії складські потужності з низьким рівнем технічного оснащення, при цьому будь-які зміни орендатор може здійснювати за власний рахунок. Заглядаючи у завтрашній день (коли строк угоди закінчиться), орендуюча компанія лякається вкладати інвестиції у розвиток такого складу та його технічне оснащення, а тому вимушена прилаштовуватись, використовуючи далеко не досконалі технологічні рішення, які не дають належного ефекту. Пояснюється це просто: сучасна підйомно-транспортна техніка має доволі високу вартість й вимагає якісних (гладких та рівних) підлог, вартість котрих за один квадратний метр може доходити до 45 євро і більше. У випадку закінчення угоди техніку можна вивести, стелажі демонтувати, а витрати на підлоги ніхто не компенсує (!).

Не можна не приймати до уваги і той факт, що багато підприємців, які надають оренду, постійно намагаються змінити умови угоди, постійно збільшуючи орендну платню, вводячи вартість в’їзду автотранспортних засобів на територію складського господарства, підвищуючи вартість комунальних платежів тощо.

Здійснюючи вибір стратегії складування запасів, багато керівників припускають, що головне – забезпечити компанії самостійне ведення процесу обробки вантажів, що дозволяє краще керувати складськими витратами й швидше адаптуватись до вимог клієнтської бази, а значить, отримати конкурентні переваги. Але це вимагає підбору кваліфікованих кадрів, закупівлі необхідних технічних засобів, організації технологічних процесів, моніторингу показників складських витрат та рівня обслуговування клієнтів. Без цього склад

може стати надто важкою ношею з невиправданими витратами для компанії. Однак у реальності намагання скоротити складські витрати найчастіше базується не на вдосконаленні технологічного процесу, а на економії на заробітній платні за рахунок використання персоналу низької кваліфікації та оренді найбільш дешевих складських потужностей. Результатом такої економії стає підрив іміджу, зниження конкурентних переваг та втрата клієнтів.

2. Стратегія складування запасів на власному складі.

Власний склад для багатьох компаній є найбільш привабливим рішенням, особливо якщо мова йде про постачання роздрібної мережі та сфери послуг на умовах забезпечення широкого асортименту у межах одного замовлення й частих постачань. Великі оптові підприємства, які працюють з доволі значною кількістю постачальників й широким номенклатурним переліком товарів, завжди віддають перевагу власним складам. Доцільність власного складу часто пов'язана й зі специфікою товарної спеціалізації: вироби з металопрокату, вибухонебезпечні вантажі, великої довжини та крупних габаритів вантажі тощо. Наявність власного складу робить компанію в очах клієнтів більш надійним постачальником, який гарантує якість обслуговування. Демонстрація власного складу забезпечує так званий «ефект присутності на ринку», що є важливим фактором у конкурентній боротьбі. Необхідність власного складу багато у чому визначається наступними показниками: 1) стабільно високим товарообігом і об'ємом продажів; 2) стабільним попитом у регіонах збуту; 3) специфічними умовами зберігання; 4) високою концентрацією споживачів і зростаючими вимогами до обслуговування клієнтської бази; 5) постійною динамікою розвитку компанії; 6) змінною стратегією збуту; 7) значною кількістю товарних позицій у межах одного замовлення, особливо тих, які вимагають штучного відбору; 8) сильним конкурентним середовищем і т.д.

Власний склад при раціональній організації складських процесів і ефективному управлінні може стати запорукою зниження логістичних витрат. Вигода від використання власних складських потужностей повинна бути економічно обґрунтована.

Перспектива стабільного товарообігу з високим рівнем оборотності товару – запорука швидкої окупності будь-якого складу компанії, що говорить на користь доцільності будівництва власного складу. Однак створення складу – процес складний та довготривалий. Проектування складу включає два основних етапи: технологічний і архітектурно-будівельний. У часі розробка проекту може тривати від 6 до 12 місяців із урахуванням узгодження його у всіх інстанціях. А потім будівництво, котре займає ще біля року. При цьому необхідно враховувати значні інвестиції у будівництво та технічне оснащення складу й транспортних комунікацій.

У залежності від рівня технічного оснащення витрати на створення складу досягають від 500-700 до 1000 доларів США за квадратний метр, без урахування вартості землі. У склад цих витрат, як правило, включаються витрати, пов'язані з розробкою проекту, будівництвом складу й транспортних комунікацій, а також його технічним оснащенням.

Крім ефективної діяльності складського господарства, яка впливає на строк (період) окупності складу, необхідно враховувати й інші основні показники окупності: вартість переробки товару та середній термін зберігання товарних запасів. Чим вища вартість товару, що зберігається на складі та чим більше його оборотність, тим швидше наступає окупність складу. Окупність власних складів коливається від 3-х років (у логістичних посередників на початку зародження аутсорсингу) до 8-ми років, а іноді доходить й до 10 років. Такий широкий діапазон пояснюється тим, що середній рівень товарних запасів багатьох фірм складає 30 днів, а частіше й навіть набагато більше, до того ж більшість компаній так і не навчились забезпечувати умови ефективного функціонування складу, які є запорукою рентабельності складського господарства. Добре організований власний склад обіцяє не тільки скорочення логістичних витрат, підвищення гнучкості у обслуговуванні клієнтів, більш міцні позиції на ринку, але завдяки цьому й значні переваги у конкурентній боротьбі.

Окупність складу логістичного посередника напряму залежить від вартості послуг, які пропонуються клієнтам. За існуючого дефіциту складських потужностей тарифи послуг логістичного посередника на українському ринку доволі високі (значно вищі, ніж у країнах Західної Європи, за виключенням Великої Британії), що суттєво скорочує строки окупності таких складів.

У будь-якому випадку необхідно пам'ятати, що якщо компанія вирішує створити власне складське господарство, тоді орієнтуватись слід лише на будівництво складу, який відповідає всім сучасним вимогам як з позиції будівлі та технічного оснащення, так і з позиції технологій, котрі застосовуються. Такий склад дорого коштує на етапі будівництва, проте обіцяє високу продуктивність й організацію складських процесів, а у випадку його продажу дозволить власнику отримати прибуток, часто доволі значний.

Причиною будівництва власного складу нерідко стає і недосконаліть ринку логістичних послуг зі сторони логістичних посередників на тому рівні, котрий задають компанії-замовники. Пов'язано це, як правило, з нестачею складських площ, високими ставками на послуги, відсутністю складів у регіонах й поки що низьким рівнем обслуговування.

3. Стратегія аутсорсингу. Складські послуги логістичних посередників.

Аутсорсинг логістичних послуг для західних компаній є доволі звичайною стратегією, тоді як у більшості українських компаній він викликає недовіру. Причин кілька: нове поняття, нерозвинений ринок, дорогі послуги та невисокий рівень обслуговування. Перехід на аутсорсинг вимагає від компаній і у першу чергу від керівників певної зміни мислення у веденні бізнесу (своє не завжди краще та дешевше), вміння вести управлінський облік, особливо логістичних витрат, проводити порівняльний аналіз можливих логістичних стратегій.

Стратегію складування запасів пропонують на ринку логістичних послуг склади загального користування (СЗК), логістичні оператори та провайдери послуг усіх рівнів.

СЗК, не є власниками товару, реалізують лише послуги, тому багато функцій, які зазвичай реалізують склади, для СЗК розглядаються у якості логістичних послуг. У загальному виді СЗК здійснюють наступний комплекс послуг:

- обробка вантажів, зберігання та розподіл відносно упаковки чи вантажної одиниці;
- зберігання транзитних вантажів;
- контроль і регулювання температури і вологи у приміщенні складу;
- надання оренди складського простору споживачам;
- надання офісних приміщень, послуг відеотерміналів, телефонного та комп'ютерного сервісу;
- надання інформації, пов'язаної з транспортуванням вантажів, експедируванням, дорожнім рухом;
- фізичний розподіл продукції у межах складу;
- надання сучасних пристроїв підготовки та зчитування інформації, сканерів і т.п.;
- розробку плану консолідації вантажних відправлень;
- пакування і сортування товарів;
- маркування, прикріплення ярликів, написаних трафаретів, пакування у захисну плівку;
- поштові послуги й експрес-відправки;
- пакетування та обв'язування вантажу;
- навантажування (розвантажування) на автомобілі, причепи й напівпричепи;
- підготовку, тестування, випробування, зважування і контроль;
- консолідацію та розукрупнення партій вантажів;
- підготовку спеціальних місць зберігання;
- підготовку й доставку супроводжуючих товари документів;

- надання автотранспорту для місцевих та дальніх перевезень;
- встановлення спеціальних прилаштувань на транспортні засоби для доставки негабаритних вантажів;
- оформлення складських документів з прийомки вантажу, переадресування, транзиту і т.п.;
- розподіл вантажних відправок;
- підготовку вантажних документів;
- інформування про кредитування;
- надання у позику товарів, що зберігаються;
- територіальний складський сервіс;
- термінальний сервіс для вантажних водних, залізничних та змішаних перевезень;
- зберігання вантажів великих габаритів, металу та іншої продукції, які вимагають нестандартного складського обладнання;
- відкрите зберігання вантажів;
- вантажообробку, зберігання й затарювання відправок дрібних партій вантажів;
- розлив, вантажообробку, зберігання, бутелювання рідинних вантажів;
- вантажопереробку та зберігання контейнерів.

Таким чином, сьогоднішній ринок логістичних посередників пропонує нам не тільки чисто складські послуги (СЗК), але й комплекс послуг, включаючи увесь процес складської вантажообробки, транспортування й експедирування і т.п. Посередників, які пропонують комплекс послуг, на українському ринку прийнято називати логістичними операторами. Логістичні посередники, які беруть на себе функцію управління запасами у споживачів свого клієнта, переходять на рівень 3PL-провайдера. Класифікація логістичних посередників, до речі, як і самих складів, на жаль, ніде не регламентована, тому кожний посередник визначає свою діяльність як йому зручно чи вигідно. Усі склади логістичних посередників, по суті, є складами загального користування (СЗК), у зв'язку з цим у подальшому, кажучи про СЗК, ми будемо мати на увазі склади будь-якого логістичного посередника.

Стратегія складування запасів на складах логістичних посередників стає вигідною компаніям:

- на початкових етапах захоплення ринку чи на початковій стадії розвитку фірми;
- при виході на нові ринки збуту (особливо іноземним компаніям при експансії на український ринок);
- при реалізації сезонних товарів й товарів, орієнтованих на певний сегмент споживчого попиту;

- при низькому об’ємі продажів та нестабільному попиті товарів з високою вартістю.

Основна проблема ринку логістичних послуг – значний дефіцит складських потужностей світового класу навіть у Києві та Київській області, не кажучи про регіони, де він знаходиться у стані зародження, та недостатньо швидка реакція на зростаючі вимоги клієнтів. Кажучи про ринок логістичних послуг, не можна не зазначити про значне зростання будівництва сучасних складських комплексів. Незначний термін існування вітчизняного ринку складських послуг вже показав потенціальним клієнтам перспективи аутсорсингу. Багато керівників великих компаній розуміють переваги від використання послуг логістичних посередників, однак не всі поспішають їх використати.

У чому основні причини, які стримують впровадження стратегії аутсорсингу?

По-перше, завищена вартість послуг. Багато у чому це пояснюється підвищеним попитом при існуючому значному дефіциті складських потужностей та природним прагненням якомога швидше окупити створювану інфраструктуру.

По-друге, не всі посередники можуть запропонувати складну комплектацію по асортименту й у найкоротші терміни у зв’язку з відсутністю необхідних для цього зон комплектації. Хоча провідні гравці на нових складах передбачають виділення спеціалізованих зон, які дозволяють реалізувати будь-який рівень підготовки товару.

По-третє, ринок логістичних послуг, як і раніше, не працює з деякими видами товарів – металопрокатом, товарами, які вимагають змащення при зберіганні, вибухонебезпечною продукцією і т.д.

По-четверте, це консерватизм багатьох керівників компаній – потенціальних клієнтів ринку логістичних послуг. Звичка, що своє краще і цим легше керувати, адаптуючи процес до будь-яких змін ринку, як і раніше, примушує робити ставку на розвиток свого складського господарства.

І насамкінець, просто невміння об’єктивно оцінювати діяльність своєї інфраструктури і проводити аналіз логістичних витрат й особливо операційних витрат на складі. Багато у чому саме цим і пояснюється те, що основними клієнтами логістичних операторів є у першу чергу іноземні компанії, діючі на українському ринку.

Ринок логістичних послуг в Україні можна назвати таким, що розвивається, тому багато переваг, котрі роблять його привабливим на Заході, ще не стали реальністю для вітчизняного бізнесу.

Однак, якщо брати світовий досвід логістичних посередників, тоді причини, що примушують користуватись їх послугами, полягають у наступному.

1. Плата за послуги логістичного посередника (на Заході) відрізняється гнучкістю та вигідною при веденні масових операцій. Зі своїх клієнтів склади загального користування беруть платню за зберігання й операції вантажопереробки. Плата за операції вантажопереробки пропорційна числу упаковок чи вазі вантажу. Плата за зберігання також пропорційна числу упаковок чи вазі у розрахунку на місяць зберігання. Зазвичай сплата послуг логістичного посередника не перевищує витрати у порівнянні з послугами власного складу [15].

2. Складами загального користування керують досвідчені професійні команди, котрі розраховують ризики, супутні складським операціям, й націлені на максимальне використання ринкових можливостей не тільки для себе, але й для клієнтів.

3. Змінні витрати на складах загального користування часто бувають нижчими, ніж на власних складах компанії, з якими їх можна порівняти. Причинами цього, як правило, є більш налагоджена організація процесу, висока продуктивність праці й економія за рахунок масштабу операцій, можливо, менша заробітна платня. Використання складів загального користування забезпечує економію капіталовкладень й веде до підвищення прибутковості компаній, які до них звертаються.

4. Послуги складів логістичного посередника коштують дешевше, тому що одночасно обслуговують значне число клієнтів. Це забезпечує більший об’єм операцій, виправдовує використання підйомно-транспортного обладнання високої продуктивності та дає можливість розподіляти складські витрати на більший об’єм вантажів, що скорочує питомі витрати на одну тонну вантажу.

5. Склади загального користування дають своїм клієнтам можливість економити на транспортних витратах, особливо при консолідації партій відправок у роздрібну мережу від різних постачальників, вантажі котрих обслуговуються на їх складах.

Для українського ринку з перерахованих вище причин використання послуг логістичного посередника нехарактерною є перша. Вартість послуг посередників, працюючих на нашому ринку, надто велика, зниження її цілком можливе при подальшому нарощуванні складських потужностей (за повного забезпечення зростаючого попиту) та посилення конкуренції на цьому сегменті ринку.

За даними London Consulting & Management Company середній рівень орендних ставок у 2019-2020 рр. у залежності від класу складської нерухомості складав:

- клас А: діапазон орендних ставок - $ 12-16 за кв. м/міс.;
- клас В: діапазон орендних ставок - $ 6,9-13 за кв. м/міс.;
- клас С: діапазон орендних ставок - $ 4-8 за кв. м/міс.;
- клас D: діапазон орендних ставок - $ 1,2-4 за кв. м/міс.

Приблизно такі ж цифри називають й Colliers International: ставки пропозиції оренди на складські приміщення класів А та В складають $ 115-125 за кв. м за рік, без ПДВ й експлуатаційних витрат.

4. Вибір стратегії складування запасів.

Вибір стратегії складування запасів є непростою стратегічною задачею. Від розв'язку її залежить часто не просто реалізація процесу вантажопереробки, рівень обслуговування клієнтів і у кінцевому рахунку конкурентні переваги, але й саме існування компанії на ринку. Рішення готується керівництвом відділу логістики на основі аналізу та оцінки усіх можливих варіантів (які проводяться аналітичною службою логістики), але приймається вищим керівництвом компанії. Це є досить природним, якщо врахувати можливі ризики та витрати. При переході на аутсорсинг компанія, вже маюча складські потужності, вимушена буде їх продати, і у цьому випадку повністю попадає у залежність від логістичного посередника. Яким буде при цьому результат, ще невідомо. І навпаки, відмовившись від логістичних послуг, компанія починає нарощувати власну складську мережу чи складські площі, котрі ведуть до доволі значних витрат й не менших проблем з будівництвом та подальшою експлуатацією складу.

Керівники українських компаній повинні розуміти, що розвиток ринку логістичних послуг дає можливість кожному отримати право вибору: зробити самому чи віддати іншому і не користуватися цим, велика помилка. Необхідно навчитися порівнювати різні стратегії складування запасів та обирати оптимальний для себе варіант. Але вибір може бути доволі нестандартним. Треба навчитись обирати аутсорсинг послуг стосовно не тільки до усього процесу (наприклад, процесу вантажопереробки), але, можливо, й щодо окремих його операцій.

На етапі попередньої оцінки конкурентноздатності кожного варіанту стратегії (до проведення економічних розрахунків) логісти повинні оцінити їх організаційні, управлінські, комерційні та логістичні переваги.

Переваги власного складування можна сформулювати наступним чином:

- забезпечення високої степені контролю над процесом вантажопереробки;

- швидка адаптація до незапланованих змін попиту та обслуговування клієнтів;
- підтримка більш високого рівня інтеграції логістичної системи, що включає склад;
- забезпечення особливих умов зберігання та підтримки додаткової підготовки товару до продажу;
- здійснення будь-якого рівня комплектації замовлення;
- зниження витрат на складську вантажопереробку при збільшенні товарообігу та підвищенні оборотності товару;
- оптимізація людських ресурсів за рахунок кращої організації процесу, орієнтованої на специфіку товарних груп;
- підтримка іміджу стійкості компанії перед клієнтом.

Стратегія аутсорсингу складських послуг приваблива:

- переносом фінансових ризиків від складування на посередника;
- мобільністю (можливою зміною величини) у покритті потреб складських потужностей;
- відсутністю інвестицій у розвиток складських потужностей та технологій, а відповідно, й у технічне оснащення;
- розширенням охоплення ринку через складську мережу логістичних посередників;
- передачею інтегрованих логістичних функцій оператору;
- можливістю зниження операційних витрат за рахунок масштабності вантажопереробки;
- зняттям проблем управління вантажопереробкою та пошуку складського персоналу;
- можливістю концентрації на основному бізнесі.

Остаточний вибір форми власності складу вимагає проведення порівняльного аналізу витрат та оцінки задоволення потреб клієнтської бази кожним із розглядуваних варіантів стратегій складування запасів.

Для розрахунку витрат на будівництво та експлуатацію власного складу необхідно врахувати:

1. Інвестиції у будівництво й технічне оснащення складу:

- витрати на будівництво;
- витрати на придбання ділянки для забудови;
- витрати на технічне оснащення складу;
- ставки по кредиту та податки;
- витрати на оснащення;

а також

- витрати на розробку проекту складу;

- витрати на придбання інформаційної системи.

2. Експлуатаційні витрати:

а) витрати на утримання основних фондів:

- податок на землю;
- погашення банківського кредиту;
- амортизація будівель, споруд та транспортних комунікацій (включаючи навантажувально-розвантажувальний майданчик);
- ремонт та утримання будівлі, споруди й транспортних комунікацій (включаючи навантажувально-розвантажувальний майданчик);
- витрати на електроенергію, водопостачання і т.п.

б) витрати на утримання складського обладнання (підйомно-транспортної техніки та технологічного обладнання):

- погашення предмету кредиту;
- амортизація підйомно-транспортного обладнання (ПТО) і технологічного обладнання;
- ремонт і утримання ПТО й технологічного обладнання;
- витрати енергії для ПТО.

в) витрати на обслуговування інформаційної системи;

г) витрати на заробітну плату.

До того ж необхідно додати капітальні витрати на створення й експлуатацію транспортних комунікацій і рухомого складу (у випадку власних автотранспортних засобів).

При вже існуючому складі необхідно провести аналіз операційних витрат процесу вантажопереробки (змінних витрат) із урахуванням величини постійних витрат на утримання складу. Величина суми постійних та змінних витрат повинна бути визначена відносно одного піддону (краще умовного піддону, який дорівнює кубічному метру вантажу) або тонні вантажу. Доцільно провести такі розрахунки не тільки щодо процесу у цілому, але й по кожній операції окремо.

При оцінці задоволеності споживачів рівнем обслуговування компанії, яка має власний склад, необхідно визначити показники, за допомогою котрих проводиться аналіз. Необхідною умовою аналізу є визначення кількісної оцінки цих показників. Наприклад: термін виконання замовлення (співвідношення реально витраченого часу на заплановану величину часу); точність виконання замовлення по асортименту чи відсутність претензій за асортиментними позиціями з боку клієнта і т.д. Проведення аналізу запропонованого сервісу компанія може реально здійснити, спираючись тільки на власне сприйняття задоволеності клієнтської бази обслуговуванням. Для отримання об’єктивної оцінки рівня обслуговування необхідно здійснювати аналіз за відгуками (тобто

за показниками, що ранжовані самими клієнтами та встановленими ними оцінками) кожного конкретного клієнта.

Можливості обслуговування клієнтської бази логістичним посередником можна оцінити за декларованими ним показниками і у першу чергу: часу повного циклу замовлення й комплектації замовлення (із урахуванням числа асортиментних позицій), часу для усунення претензій клієнта і т.п. Система оцінки ринку була б набагато простішою при використанні логістичного аудиту незалежними експертами. Бенчмаркінг логістичних операторів дозволив би визначити не тільки лідерів логістичних посередників на українському ринку, але ранжирувати їх за різними показниками діяльності. Однак це справа майбутнього. Витрати на послуги, які надають логістичні посередники, встановлюються спочатку за прайс-листами компаній та уточнюються у залежності від операцій та термінів зберігання. На українському ринку сітка послуг може суттєво відрізнятись для клієнтів.

При виборі між власним складом й аутсорсингом складських послуг необхідно провести аналіз складських витрат обох варіантів за заданого рівня обслуговування. Обирається варіант з найменшими витратами ресурсів при умові відповідності необхідному рівню обслуговування.

Основні витрати, які враховуються при виборі форми власності складу, наведені нижче.

Як обрати що є більш ефективним: власний склад чи склад логістичного посередника? Чи використати власний склад? Чи піти до логістичного посередника? Слід при відповіді на ці питання врахувати основне обмеження – необхідний рівень обслуговування клієнта.

При виборі для використання власного складу слід врахувати наступні витрати: фіксовані платежі (оренда, лізинг, податки за земельну ділянку та за будівлю); комунальні платежі (електроенергія, водопостачання); амортизаційні відрахування (будівля, обладнання); витрати на вантажопереробку, включаючи заробітну плату; адміністративні витрати. Після цього визначається приведена сума витрат на один піддон.

При виборі логістичного посередника слід врахувати наступні витрати: витрати на послуги щодо вантажопереробки: зберігання; проведення операцій при прийомці; підготовка товару для продажу; комплектація замовлення. Після цього визначається приведена сума витрат на обслуговування одного піддону.

Даючи рекомендації щодо вибору стратегії складування запасів у загальному вигляді, можна виділити деякі найбільш значущі фактори, що впливають на прийняття рішень. У першу чергу це менталітет компанії чи загальна позиція компанії відносно форми власності логістичної інфраструктури. Як правило, іноземні компанії, котрі звикли працювати на

західному ринку з логістичними посередниками, виходячи на український ринок, притримуються тієї ж політики відносно виконання логістичних операцій.

Важливу роль при виборі грає також і специфіка зберігання та обробки товару на складі. За рядом товарних позицій, наприклад, вибухонебезпечним товарам, металопрокату, до теперішнього часу практично неможливо знайти логістичних посередників, тому для компаній, які займаються цими категоріями товару, варіант аутсорсинга не розглядається з самого початку.

До складських послуг логістичного посередника слід звертатись при низьких об'ємах товарообігу фірми чи при зберіганні товару сезонного попиту. У постачальницькій та розподільчій логістиці, у тих випадках, коли на перше місце виходять вимоги частих поставок дрібними партіями при строгій гарантії виконання, багато фірм намагаються використати послуги саме логістичних посередників, котрі мають СЗК (що надають складські послуги), які максимально наближені до споживачів. Це набуває особливого значення при роботі у системі «постачальник – споживач» на основі принципу «точно і у строк». При цьому вартість товару, як правило, є відносно високою, а саму компанію влаштовують розцінки за складські послуги. Складам посередників також віддається перевага, коли фірма вступає на новий ринок, де рівень стабільності продажів або невідомий, або ж непостійний.

Багато фірм на початковій стадії своєї діяльності у зв'язку з відсутністю фінансових можливостей для будівництва складського господарства також користуються складськими потужностями операторів. СЗК мають наступні переваги: не потрібні часті інвестиції фірми у розвиток складського господарства, скорочуються фінансові ризики, збільшується гнучкість необхідної складської площі (можна змінити орендовані складські потужності та строки їх оренди), відпадає необхідність у підборі кваліфікованих кадрів та знімається відповідальність щодо управління запасами.

Ключовим фактором вибору варіанту є об'єм складського товарообігу. Перевага власному складу надається за стабільно великого об'єму складованої продукції та високою оборотністю складу. При цьому стабільність має першочергове значення. Іншим визначальним фактором є ринковий простір: чим вище концентрація споживачів у регіоні збуту, тим доцільніше організація власного складу. Поряд зі щільністю ринку збуту у даному випадку необхідно враховувати також постійний попит на товар.

Важливе значення при виборі має конкуренція. Чим вище конкуренція при обслуговуванні покупців, тим важливішими є такі фактори, як забезпечення необхідних (і навіть спеціальних) умов зберігання та контролю над запасами продукції, гнучка політика щодо надання запропонованих клієнту

послуг. Все це можливо лише на власних складах фірми. Керівництву фірми у цих випадках простіше коригувати стратегію збуту з метою зміцнення своїх активних позицій у конкретній боротьбі.

На практиці задача вибору може виявитись набагато складнішою, оскільки багато компаній надають перевагу комбінуванню стратегії складування запасів не тільки при постачанні різних регіональних споживачів, але й у межах одного регіону збуту. Стратегія складування визначається двома питаннями. По-перше: скільки складів треба компанії для обслуговування клієнтів? По-друге: якими по формі власності повинні бути ці склади? У багатьох випадках оптимальним рішенням є сполучення варіантів, яке визначається вимогами замовників щодо обслуговування та характеристиками товарних потоків.

Комбінація складів з різними варіантами форм власності можлива за принципом:

- регіонального поділу (у одному регіоні використовується власний склад, а у інших може бути оренда чи послуги логістичного посередника);
- розділення потоків (на основі сезонності попиту на товар, оборотності товару, рівня комплектації при підготовці замовлення) та розподілу їх через склади різних форм власності.

Використання варіантів форм власності у мережі розподілу компанії - досить розповсюджене явище. До цього її можуть підштовхнути вимоги ринків. Комбінація власного складу й СЗК стає особливо привабливою та економічно вигідним рішенням, яке забезпечує мінімальні загальні витрати, при умові розширення ринку збуту фірми у різних регіонах, а також у випадку сезонного попиту на товар.

Комбінація форм власності складу за принципом розділення потоків поки застосовується не так вже й часто, але саме цей варіант для багатьох компаній є найбільш актуальним.

Комбінований варіант форм власності складів останнім часом зустрічається все частіше. Однак формування складської мережі на основі кількох стратегій складування запасів пов’язане ще з одним вибором – вибором самого логістичного посередника. Цей вибір торкається визначення посередника як за кількістю послуг, які надаються, так і за якістю їх надання та вартості кожної послуги.

При виборі компанією складських послуг логістичного посередника задача розв’язується досить просто й зводиться лише до розрахунку необхідної площі та вибору із запропонованих варіантів. До того ж при зміні ринку збуту умови оренди можуть коригуватись у залежності від інтересів компанії, які змінюються.

Однак розширення складської мережі завдяки будівництву нових власних складів, зміна положення за рахунок купівлі у власність вже діючих складів чи комбінації форм власності складів повинні стати результатом дослідження та розрахунків, де вирішальне значення має ефективність функціонування складу та його економічна доцільність у процесі подальшої експлуатації. На першому етапі вибору потенціальних регіонів під створення складського господарства необхідно сегментувати весь ринок збуту по «кущам» обслуговування, у котрі можуть входити більше двох регіонів збуту. У формування кущів можуть бути закладені різні принципи, але частіше за все це скорочення транспортних маршрутів доставки зі складу та підвищення надійності поставки. При прийнятті концептуального рішення необхідно враховувати цілу низку факторів, що впливають на вибір місця розміщення складу: близькість до ринків збуту (при постачанні роздрібної мережі), наявність конкурентів, близькість до ринків постачання (при створенні розподільчого центру виробника), рівень життя та заробітна плата населення, наявність комунікацій, наявні земельні ділянки та їх вартість, податки та фінансування, а також дозвіл екологічної служби. Остаточний вибір місця під складське господарство повинен спиратись на конкретні розрахунки щодо витрат, пов’язаних із створенням складського гомподарствана даній ділянці забудови та розробкою транспортних комунікацій, що забезпечують обслуговування складу. З цією метою використовуються наведені вище методи визначення витрат.

5. Вибір системи товаропостачання складської мережі.

Заключною задачею формування складської мережі є визначення степені об’єднання складської мережі (вибір форми товарозабезпечення: централізованої чи децентралізованої). Для вирішення цієї задачі, як правило, користуються рейтинговою оцінкою на основі аналізу та ранжирування найбільш значущих факторів, що впливають на степінь об’єднання складів. Чим більше факторів, які включені у аналіз, тим більш точною можна вважати експертну оцінку. Наприклад, висока вартість та широкий асортимент товару при умові підготовки самого товару до продажу вказують на доцільність централізованої системи товарозабезпечення. На цю ж систему постачання вказують спеціальні умови зберігання товару не у сезон, а також значне число постачальників при їх географічній розкиданості чи концентрації за кордоном.

І навпаки, незначне число постачальників та концентрація їх по певним сегментам ринку при незначній широті асортиментних позицій й при реалізації кінцевим споживачам кажуть про перевагу децентралізованої системи. Цей же вибір доцільний для вантажів великих габаритів та вантажів зі значними витратами при перевалці.

Зараз виробники, оптові кампанії та мережева роздрібна торгівля найчастіше всього використовують централізовану систему постачання своєї складської мережі.

Серед переваг централізованої системи постачання складів можна виділити організаційні та економічні аспекти.

До організаційних переваг слід віднести наступні, наведені нижче.

1. Забезпечення централізованої системи управління запасами у мережі розподілення дозволяє концентрувати основні запаси на центральному складі (ЦС) та здійснювати фазоване постачання регіональних складів, знижуючи на них рівень страхових запасів.

2. Покращення системи контролю та управління запасами на кожному складі та у цілому у мережі.

3. Забезпечення великих (збільшених) поставок у регіональні склади у розширеному товарному асортименті.

4. Відсутність доставки між регіональними складами.

5. Скорочення складських площ регіональних складів.

6. Досягається чітка функціональна спеціалізація регіональних складів як під сортувальних складів.

7. Підвищення рівня організації вхідних вантажопотоків на регіональних складах, оскільки скорочується число постачальників.

8. Покращення рівня організації вантажопереробки несезонних товарів, сконцентрованих у основній масі на центральному складі.

9. Підвищення надійності поставки кінцевим споживачам.

10. Скорочення терміну циклу замовлення клієнта.

11. Покращення якості за рахунок більш швидкої реакції на попит споживачів.

12. Покращення організації поставки товарів на склад, а значить, можливість більш точного визначення часу проходу товару на склад та скорочення використання людських ресурсів і техніки.

13. При постачанні регіональних складів з центрального складу можливий більш швидкий перехід на роботу в інтегрованій інформаційній системі і, зокрема, подачі замовлення у режимі «онлайн».

14. Відсутність дублювання функцій на складах.

15. Більш висока надійність системи у цілому.

Економічні переваги централізованої системи постачання складів полягають у наступному.

1. Зниження витрат на розширення складських потужностей регіональних складів.

2. Скорочення сукупних експлуатаційних витрат на одну тонну оброблюваного вантажу за рахунок масштабності вантажопотоків центрального складу та кращої організації постачання.

3. Скорочення транспортних витрат при поставці на регіональні склади за рахунок укрупнення вантажної одиниці поставки, використання великовантажних транспортних засобів й максимального заповнення транспорту.

4. Зниження рівня товарних запасів на регіональних складах.

5. Зниження витрат на підтримку на складах несезонних товарів.

6. Скорочення транспортних витрат кінцевих споживачів за рахунок скорочення величини пробігу транспортних засобів.

7. Скорочення транзакційних витрат.

8. Зниження ризиків при транспортуванні вантажу і відповідно, зниження витрат на страхування.

9. Скорочення витрат на обслуговування вантажів.

10. Зниження ризиків «недопоставки» і, відповідно, зниження витрат від втрачених продажів.

Оптимальне вирішення перерахованих задач закладає фундамент ефективного функціонування самої компанії та її конкурентноздатності на ринку.

Децентралізована система товаропостачання застосовується, яку правило, при вузькому асортименті товару з низькою оборотністю, непідвладного сезонним коливанням попиту. Компанії, які мають виробничі потужності у різних регіонах й такі, що випускають практично однакову номенклатуру товару, можуть забезпечувати поставки через регіональну децентралізовану систему постачання. Децентралізованою системою іноді користуються великі роздрібні мережі, які орієнтовані у основному на продукти харчування місцевого виробництва.

ВИСНОВКИ

1. На вибір системи товаропостачання складів впливають: 1) специфіка товару (умови зберігання, габаритні розміри і т.п.); 2) асортиментний перелік товарних позицій на складі й у замовленнях; 3) попит на товар у регіоні (сегменті обслуговування); 4) щільність клієнтської бази на території обслуговування; 5) географічне розміщення клієнтів; 6) частота поставки й партії поставки кожному клієнту; 7) вимоги до обслуговування клієнтів; 8) перспективи розвитку локальних ринків; 9) стратегії компанії на перспективу; 10) розвиток логістичної інфраструктури – власної та логістичних посередників на території, яка обслуговується.

2. Однак масштабність ринку збуту України й наростаючий потік надходження товарів з заходу примушує багато компаній розвивати змішану систему товаропостачання. Наприклад, залишаючи центральний склад у Києві для концентрації основних товарних потоків європейського ринку, компанія створює ще один склад (практично з тими ж функціями, що й центральний), розміщений у одному з великих міст заходу чи півдня (Львів, Тернопіль або Одеса, Миколаїв). На другому центральному складі консолідуються поставки з півночі, зі скандинавських країн (Норвегія, Швеція, Фінляндія, країни Прибалтійського регіону (Литва, Латвія, Естонія) або ж з півдня та сходу (з Туреччини, Румунії, Греції, Китаю, Індії, Японії, Південної Кореї) і звідси спрямовуються не тільки на київський склад для постачання у подальшому центральних регіонів України, але й безпосередньо на регіональні склади, котрі розміщені на півночі, півдні, а також на сході України.

3. Оптимальне рішення щодо вибору системи товаропостачання закладає фундамент ефективного функціонування самої компанії та її конкурентноздатності на ринку.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Дж. А. Харинг. Складирование. – Нью-Йорк: Роналд паблишинг, 1925. 400 с.
2. Савин В.А. Склады. Справочное пособие. – М.: Дело и Сервис, 2001. 340 с.
3. Харольд Е. Фирон, Майкл Р. Линдерс. Управление снабжением и запасами. Логистика. – СПб.: ООО «Издательство Полигон», 1999. 768 с.
4. Матвієнко-Біляєва Г.Л., Чумак Г.М.. Логістика: конспект лекцій у схемах для студентів напряму підготовки 6.030504 "Економіка підприємства": [Електронне видання]. – Х.: ХНЕУ ім. С. Кузнеця, 2015. 127 с.
5. Поткін О.О., Тубальцева Н.П., Фатєєв М.В. Логістика та управління ланцюгами постачань у виробничих системах: методичні вказівки для самостійної роботи слухачів Навчально-наукового центру післядипломної освіти. – Миколаїв: НУК, 2023.132 с.
6. Нікітенко К.С. Стратегічне планування у процесі логістичного постачання. Економічний простір. 2020. №. 161. С. 59-62.
7. Корпоративна логістика. 300 відповідей на питання професіоналів / за заг. і наук. ред. проф. В.І. Сергєєва. - Москва: ИНФРА-М, 2005. 976 с.
8. Ліндерс М.Р. Управління постачанням і запасами. Логістика. - Санкт-Петербург: Вікторія плюс, 2002. 768 с.
9. Токарєв Д.І. Стратегічна логістика в управлінні поставок (на прикладі підприємств автомобільної промисловості): автореф. ... дис. канд. екон. наук. - Самара, 2004. 171 с.
10. Уотерс Д. Логістика. Управління ланцюгом поставок корпоративного логіста. 300 відповідей на питання професіоналів. - Москва: ИНФРА-М, 2005. 976 с.
11. Крікавський Є.В. Логістика. Основи теорії: підручник. - Львів: Інтелект-Захід, 2006. 206 с.
12. Родніков А.Н. Логістика: Термінологічний словник. - Москва: ИНФРА-М, 2000. 340 с.

13. Трідід О.М. Логістичний менеджмент: навчальний посібник / за ред. проф., д-ра екон. наук О.М. Трідіда. - Харків: ІНЖЕК, 2005. 224 с.

14. Зайцева О.І., Жосан Г.В., Бетіна В.О. Стратегічна адаптація підприємства й аналіз методичних підходів до її оцінки в контексті інтеграції України до Європейського Союзу. *Бізнес Інформ*. 2018. № 3. С. 348–353. URL: http://www.business-inform.net/annotated-catalogue/?year=2018&abstract=2018_03_0&lang=ua&stqa=54.

15. Бауэрсокс Д. Дж., Клосс Д. Дж. Логистика. Интегрированная цепь поставок. – М.: Изд-во ЗАО «ОЛИМП-БИЗНЕС», 2001. 640с., гл. 3.

16. Човнюк Ю.В., Чередніченко П.П., Гасанова С.Ф., Міщенко О.Д. Розробка оптимальної системи логістики складування спортивних товарів, туристичного та альпіністського спорядження. Міжнародний наук. журнал "Інтернаука". Серія: "Економічні науки". - 2023. - №7(75). – С. 90-112. https://doi.org/10.25313/2520-2294-2023-7-9057.

17. Човнюк Ю.В., Приймаченко О.В., Зварич І.А., Зварич О.А., Чередніченко О.П. Моделювання оптимальної дислокації складів при їх розміщенні у складській мережі міст. / Просторовий розвиток, вип. 16. – К.: КНУБА, 2026. – С. 620-637. DOI: 10.32347/2786-7269.2026.16.620-637.

18. Човнюк Ю.В., Приймаченко О.В., Зварич І.А., Зварич О.А., Чередніченко О.П. Застосування методів прогнозування по часовим рядам у задачах формування ефективно функціонуючої мережі складів великих міст України / Просторовий розвиток, вип. 17. – К.: КНУБА, 2026. – С. 572-584. DOI: 10.32347/2786-7269.2026.17.572-584.

PhD, Associate Professor **Chovniuk Yuriy**,
PhD of Engineering Sciences **Oleksii Pryimachenko,**
Master of the Public Administration **Cherednichenko Oleksandra**,
Kyiv National University of Construction and Architecture

SELECTING THE OPTIMAL INVENTORY MANAGEMENT STRATEGY IN REGIONAL DEVELOPMENT PLANNING AND MANAGEMENT

The strategy for warehousing inventory (determining the form of warehouse ownership) within the framework of territorial development planning and management (specifically, for cities and regions) currently has its own priorities, linked to strengthening the market for warehousing services provided by logistics intermediaries and ensuring that the business community adequately understands the concept of "outsourcing." Warehouses are becoming an integral part of a company's infrastructure and a component of a successful business strategy for a city, region, or local community. The warehouse services market is developing rapidly, has gained credibility among foreign and domestic companies, and is significantly changing perceptions regarding the need to develop proprietary warehouse complexes within a specific territory.

This paper examines various inventory storage strategies, conducts a comparative analysis of them, and identifies their main advantages and disadvantages. The issue of warehouse ownership is particularly acute in supply and distribution logistics, and a solution to this problem must be based on finding economic trade-offs.

A study was conducted on the factors supporting the choice of various alternatives (a warehouse owned by the company, a leased warehouse, a warehouse managed by a logistics intermediary, or a combination thereof). It is shown that combined options can include any combination of the three possible alternatives mentioned above.

Each inventory storage strategy has its own characteristics in warehouse operations, as well as its own advantages and disadvantages. It has been demonstrated that the optimal form of warehouse ownership—or a combination thereof—is selected using a specialized algorithm.

Keywords: optimization; selection; storage strategies; inventory; planning; management; regional development.

REFERENCES

1. Dzh. A. Kharynh. Skladyrovanye. – Niu-York: Ronald pablyshynh, 1925. 400 s. {in Russian}

2. Savyn V.A. Skladы. Spravochnoe posobye. – M.: Delo y Servys, 2001. 340 s. {in Russian}

3. Kharold E. Fyron, Maikl R. Lynders. Upravlenye snabzhenyem y zapasamy. Lohystyka. – SPb.: OOO «Yzdatelstvo Polyhon», 1999. 768 s. {in Russian}

4. Matviienko-Biliaieva H.L., Chumak H.M.. Lohistyka: konspekt lektsii u skhemakh dlia studentiv napriamu pidhotovky 6.030504 "Ekonomika pidpryiemstva": [Elektronne vydannia]. – Kh.: KhNEU im. S. Kuznetsia, 2015. 127 s. {in Ukrainian}

5. Potkin O.O., Tubaltseva N.P., Fatieiev M.V. Lohistyka ta upravlinnia lantsiuhamy postachan u vyrobnychykh systemakh: metodychni vkazivky dlia samostiinoi roboty slukhachiv Navchalno-naukovoho tsentru pisliadyplomnoi osvity. – Mykolaiv: NUK, 2023.132 s. {in Ukrainian}

6. Nikitenko K.C. Stratehichne planuvannia u protsesi lohistychnoho postachannia. Ekonomichnyi prostir. 2020. №. 161. S. 59-62. {in Ukrainian}

7. Korporatyvna lohistyka. 300 vidpovidei na pytannia profesionaliv / za zah. i nauk. red. prof. V.I. Serhieieva. - Moskva: YNFRA-M, 2005. 976 s. {in Russian}

8. Linders M.R. Upravlinnia postachanniam i zapasamy. Lohistyka. - Sankt-Peterburh: Viktoriia plius, 2002. 768 s. {in Russian}

9. Tokariev D.I. Stratehichna lohistyka v upravlinni postavok (na prykladi pidpryiemstv avtomobilnoi promyslovosti): avtoref. ... dys. kand. ekon. nauk. - Samara, 2004. 171 s. {in Russian}

10. Uoters D. Lohistyka. Upravlinnia lantsiuhom postavok korporatyvnoho lohista. 300 vidpovidei na pytannia profesionaliv. - Moskva: YNFRA-M, 2005. 976 s. {in Russian}

11. Krikavskyi Ye.V. Lohistyka. Osnovy teorii: pidruchnyk. - Lviv: Intelekt-Zakhid, 2006. 206 s. {in Ukrainian}

12. Rodnikov A.N. Lohistyka: Terminolohichnyi slovnyk. - Moskva: YNFRA-M, 2000. 340 s. {in Russian}

13. Tridid O.M. Lohistychnyi menedzhment: navchalnyi posibnyk / za red. prof., d-ra ekon. nauk O.M. Tridida. - Kharkiv: INZhEK, 2005. 224 s. {in Ukrainian}

14. Zaitseva O.I., Zhosan H.V., Betina V.O. Stratehichna adaptatsiia pidpryiemstva y analiz metodychnykh pidkhodiv do yii otsinky v konteksti intehratsii Ukrainy do Yevropeiskoho Soiuzu. Biznes Inform. 2018. № 3. C. 348–353. URL: http://www.business-inform.net/annotated-satalogue/?year=2018&abstract=2018_03_0&lang=ua&stqa=54. {in Ukrainian}

15. Bauersoks D. Dzh., Kloss D. Dzh. Lohystyka. Yntehryrovannaia tsep postavok. – M.: Yzd-vo ZAO «OLYMP-BYZNES», 2001. 640s., hl. 3. {in Russian}

16. Chovniuk Yu.V., Cherednichenko P.P., Hasanova S.F., Mishchenko O.D. Rozrobka optymalnoi systemy lohistyky skladuvannia sportyvnykh tovariv, turystychnoho ta alpinistskoho sporiadzhennia. Mizhnarodnyi nauk. zhurnal "Internauka". Seriia: "Ekonomichni nauky". - 2023. - №7(75). – S. 90-112. https://doi.org/10.25313/2520-2294-2023-7-9057. {in Ukrainian}

17. Chovniuk Yu.V., Pryimachenko O.V., Zvarych I.A., Zvarych O.A., Cherednichenko O.P. Modeliuvannia optymalnoi dyslokatsii skladiv pry yikh rozmishchenni u skladskii merezhi mist. / Prostorovyi rozvytok, vyp. 16. – K.: KNUBA, 2026. – S. 620-637. DOI: 10.32347/2786-7269.2026.16.620-637. {in Ukrainian}

18. Chovniuk Yu.V., Pryimachenko O.V., Zvarych I.A., Zvarych O.A., Cherednichenko O.P. Zastosuvannia metodiv prohnozuvannia po chasovym riadam u zadachakh formuvannia efektyvno funktsionuiuchoi merezhi skladiv velykykh mist Ukrainy / Prostorovyi rozvytok, vyp. 17. – K.: KNUBA, 2026. – S. 572-584. DOI: 10.32347/2786-7269.2026.17.572-584. {in Ukrainian}

DOI: 10.32347/2076-815x.2026.93.610-623
УДК 69.003:005.94:004.9
д.е.н., професор **Чуприна Ю.А.,**
chupryna.iua@knuba.edu.ua, ORCID: 0000-0002-4934-2058,
Київський національний університет будівництва і архітектури

КОГНІТИВНО-ІНТЕГРАЦІЙНІ МОДЕЛІ ФОРМУВАННЯ АДАПТИВНОЇ ОРГАНІЗАЦІЇ БУДІВНИЦТВА В ЦИФРОВОМУ СЕРЕДОВИЩІ ПРОЄКТНОЇ ВЗАЄМОДІЇ

Цифрова трансформація будівельної галузі суттєво змінює підходи до організації проєктної діяльності, переводячи процеси управління у багатовимірне інформаційне середовище, де ефективність функціонування визначається не лише рівнем цифровізації, а й якістю когнітивної взаємодії між учасниками будівельного проєкту. У таких умовах організація будівництва набуває ознак відкритої адаптивної системи, здатної безперервно реагувати на зміни зовнішнього та внутрішнього середовища шляхом інтеграції цифрових технологій, інформаційних потоків і механізмів колективного прийняття управлінських рішень. Запропоновано когнітивно-інтеграційну модель формування адаптивної організації будівництва, яка поєднує структурні, процесні, інформаційні та когнітивні компоненти у межах єдиного цифрового простору проєктної взаємодії. Обґрунтовано математичний апарат оцінювання адаптивності організації на основі інтегральних показників когнітивної узгодженості, цифрової інтеграції, організаційної гнучкості та швидкості адаптивної реакції. Особливу увагу приділено використанню концепції цифрового двійника організації будівництва як інструменту прогнозування наслідків управлінських рішень і сценарного моделювання розвитку будівельних проєктів. Розроблено інтегровані показники, що враховують мережеву структуру взаємодії, когнітивну впорядкованість інформаційних потоків, алгебраїчну зв'язність цифрового середовища та рівень координації між учасниками проєкту.

Ключові слова: когнітивно-інтеграційні моделі; адаптивна організація будівництва; цифрове середовище; проєктна взаємодія; цифровий двійник; когнітивна узгодженість; BIM-технології; цифрова трансформація.

Постановка проблеми: Цифровізація будівельної галузі супроводжується переходом від традиційних ієрархічних моделей управління до інтегрованих цифрових систем, у яких ключове значення набуває ефективність інформаційної взаємодії між усіма учасниками реалізації будівельних проєктів. Використання BIM-технологій, цифрових платформ,

хмарних сервісів, систем автоматизованого моніторингу та інтелектуального аналізу даних суттєво збільшує обсяг інформаційних потоків, що потребують своєчасної інтерпретації та узгодження. За таких умов вирішальним чинником ефективності стає не лише технологічна інтеграція цифрових інструментів, а й здатність організації забезпечувати когнітивну узгодженість управлінських рішень, швидку адаптацію до змін середовища та координацію діяльності учасників проєкту. Водночас більшість існуючих моделей організації будівництва орієнтована переважно на оптимізацію окремих виробничих процесів або інформаційних потоків без урахування когнітивних механізмів сприйняття, аналізу та інтеграції інформації. Це призводить до виникнення інформаційних розривів, збільшення кількості конфліктів, затримок у прийнятті рішень та зниження адаптивності систем управління. У зв'язку з цим виникає необхідність формування когнітивно-інтеграційних моделей, здатних забезпечити комплексне поєднання цифрових технологій, мережевої взаємодії, математичного моделювання та когнітивних процесів у межах адаптивної організації будівництва.

Метою статті є розроблення когнітивно-інтеграційних моделей формування адаптивної організації будівництва в цифровому середовищі проєктної взаємодії шляхом інтеграції когнітивних, інформаційних, організаційних і цифрових компонентів у єдину систему підтримки управлінських рішень. Досягнення поставленої мети передбачає обґрунтування концепції когнітивної адаптивності, формування математичного апарату моделювання організаційної поведінки, розроблення інтегральних показників оцінювання цифрової взаємодії, створення концепції цифрового двійника організації будівництва та визначення можливостей практичного використання запропонованих моделей для підвищення ефективності управління будівельними проєктами в умовах цифрової трансформації.

Аналіз останніх досліджень і публікацій: Проблематика цифрової трансформації будівництва, адаптивного управління та когнітивного моделювання останніми роками посідає одне з провідних місць у сучасних наукових дослідженнях. Значна увага приділяється розвитку інформаційного моделювання будівель, цифрових платформ управління, мережевої взаємодії учасників проєктів, використанню штучного інтелекту, систем підтримки прийняття рішень і цифрових двійників у процесах реалізації інвестиційно-будівельних проєктів. Водночас активно розвиваються дослідження, присвячені когнітивному моделюванню складних організаційних систем, аналізу інформаційних потоків, формуванню моделей колективного прийняття рішень та інтеграції знань у цифровому середовищі. Сучасні наукові підходи дедалі частіше орієнтуються на розгляд будівельної організації як відкритої

адаптивної системи, здатної змінювати власну структуру залежно від умов функціонування та характеру інформаційної взаємодії.

Виклад основного матеріалу: Сучасна організація будівництва в умовах цифровізації проєктної діяльності розглядається як складна адаптивна система, що функціонує в багатовимірному інформаційно-когнітивному просторі. На відміну від традиційних ієрархічних моделей управління, цифрове середовище проєктної взаємодії формує мережеву конфігурацію суб'єктів, процесів і рішень, у якій ключову роль відіграють механізми когнітивного сприйняття, інтерпретації та інтеграції інформації.

Когнітивно-інтеграційна модель адаптивної організації будівництва базується на припущенні, що управлінські рішення формуються не лише на основі формалізованих даних, але й через когнітивні карти, ментальні моделі та колективні уявлення учасників проєкту. У цифровому середовищі ці когнітивні структури набувають формалізованого вигляду у вигляді інформаційних моделей, графів взаємодії та динамічних баз знань [1].

Формально організацію будівництва доцільно подати як відкриту когнітивно-адаптивну систему:

$$O = \langle S, P, I, C, A, \Phi \rangle, \tag{1}$$

де $S=\{s_1,s_2,\ldots,s_n\}$ — множина структурних елементів організації, $P=\{p_1,p_2,\ldots,p_m\}$ — множина процесів будівництва, $I(t)$ — потік цифрової інформації в момент часу t, C — когнітивна підсистема (індивідуальна та колективна), A — механізми адаптації, Φ — функція інтеграції проєктної взаємодії.

Ключовим параметром життєздатності такої системи є її адаптивність, що визначається здатністю перебудовувати внутрішню структуру відповідно до змін зовнішнього та внутрішнього цифрового середовища. У когнітивно-інтеграційній парадигмі адаптивність трактується як функція узгодженості між інформаційними потоками та когнітивними моделями учасників.

Кількісно рівень когнітивної узгодженості можна подати у вигляді інтегрального показника:

$$K_c(t) = \int_0^t \omega(\tau) \parallel I(\tau) - \hat{I}_c(\tau) \parallel d\tau, \tag{2}$$

де $I^c(\tau)$ — когнітивно інтерпретований образ інформації, $\omega(\tau)$ — вагова функція значущості інформаційного впливу, $\|\cdot\|$ — норма в просторі інформаційних станів.

Мінімізація значення $K_c(t)$ свідчить про високий рівень когнітивної інтеграції, що, у свою чергу, підвищує адаптивний потенціал організації будівництва.

На рисунку 1 подано узагальнену концептуальну схему когнітивно-інтеграційної моделі адаптивної організації будівництва, що відображає системну взаємодію цифрової інформації, будівельних процесів, когнітивної підсистеми та механізмів адаптації в єдиному середовищі проєктної взаємодії [2].

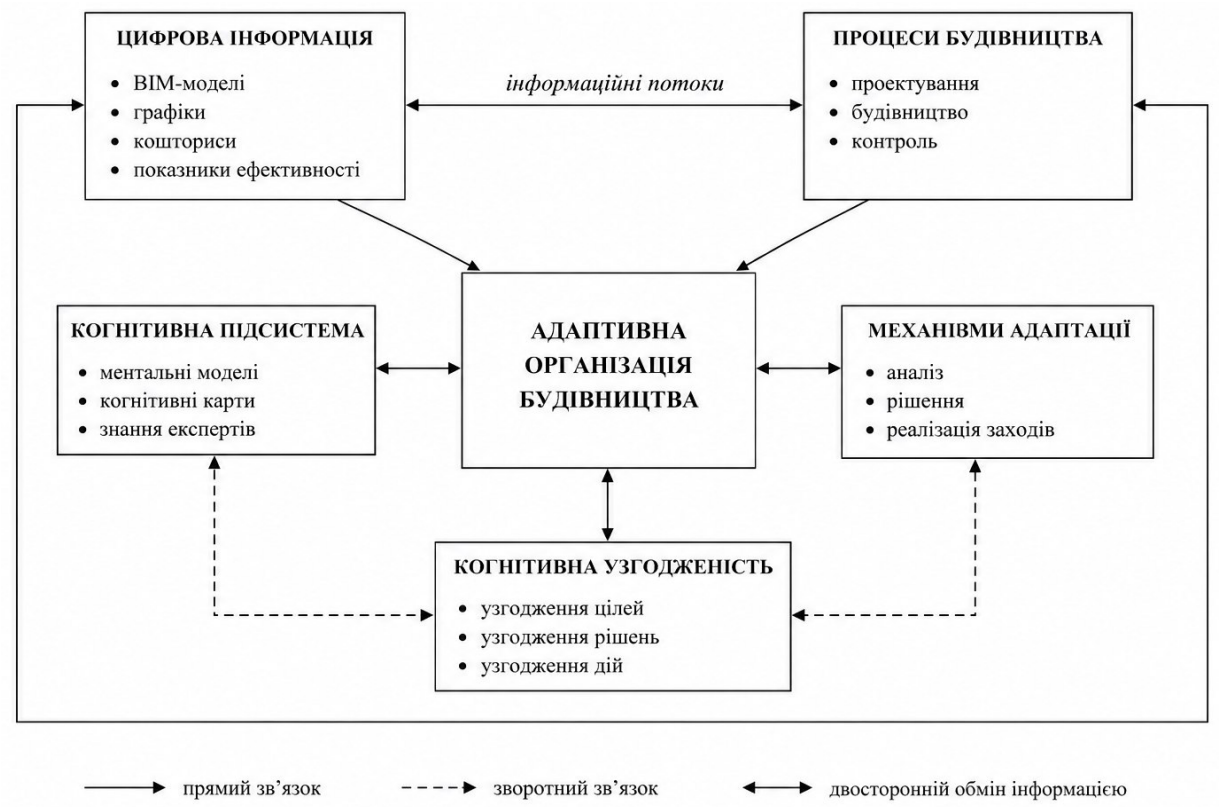


Рис. 1. Концептуальна схема когнітивно-інтеграційної моделі адаптивної організації будівництва *(розроблено автором на основі [2])*

В межах цифрового середовища проєктної взаємодії особливого значення набуває багаторівнева інтеграція: інформаційна, процесна та когнітивна. Саме когнітивний рівень забезпечує узгодженість інтерпретації цифрових моделей (BIM, графіки, кошториси) різними учасниками будівельного проєкту [3].

Для аналітичного опису інтеграційної здатності організації використовується матриця когнітивної взаємодії, у вигляді таблиці 1.

Таблиця 1.

Матриця когнітивно-інтеграційної взаємодії учасників будівельного проекту *(розроблено автором на основі [3])*

Елемент	**Інформаційна узгодженість**	**Процесна синхронізація**	**Когнітивна відповідність**

Проєктувальник	Висока	Середня	Висока
Генпідрядник	Середня	Висока	Середня
Замовник	Середня	Низька	Середня
Цифрова платформа	Висока	Висока	Висока

Когнітивно-інтеграційні засади формування адаптивної організації будівництва визначаються не лише технічним рівнем цифровізації, а й глибиною узгодження когнітивних моделей учасників.

Формування адаптивної організації будівництва в цифровому середовищі проєктної взаємодії потребує переходу від описових когнітивних моделей до строгого математичного апарату, здатного відображати нелінійну динаміку організаційних процесів, інформаційних потоків і когнітивних станів учасників. У цьому контексті адаптивність трактується як результат взаємодії внутрішніх структур організації з зовнішніми цифровими збуреннями, що мають стохастичний та сценарний характер [4].

Організація будівництва подається у вигляді багатовимірної динамічної системи, стан якої визначається вектором:

$$x(t) = \begin{bmatrix} x_1(t) \\ x_2(t) \\ x_3(t) \\ x_4(t) \end{bmatrix}, \quad (3)$$

де $x_1(t)$ — рівень цифрової інтеграції будівельних процесів, $x_2(t)$ — когнітивна узгодженість суб'єктів проєктної взаємодії, $x_3(t)$ — організаційна гнучкість структури управління, $x_4(t)$ — швидкість адаптивної реакції на зміни середовища.

Динаміка системи в цифровому середовищі описується системою нелінійних диференціальних рівнянь:

$$\frac{dx}{dt} = Ax + Bu(t) - Dx^2, \quad (4)$$

де A — матриця когнітивно-інформаційної взаємодії, B — матриця керувальних впливів цифрової платформи, D — діагональна матриця адаптивних обмежень, x^2 — покомпонентний квадрат вектора стану.

Числове задання матриць приймається таким:

$$A = \begin{bmatrix} 0 & 0.5 & 0 & 0 \\ 0.4 & 0 & 0.6 & 0 \\ 0 & 0.3 & 0 & 0.5 \\ 0 & 0 & 0.4 & 0 \end{bmatrix}, \qquad D = \begin{bmatrix} 0.2 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0.25 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0.3 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0.2 \end{bmatrix}.$$

Початковий стан організації:

$$x(0) = \begin{bmatrix} 0.42 \\ 0.35 \\ 0.28 \\ 0.30 \end{bmatrix}.$$

Підстановка числових значень у праву частину системи дає початкову швидкість адаптації:

$$\frac{dx}{dt}\Big|_{t=0} = \begin{bmatrix} 0.175 \\ 0.310 \\ 0.196 \\ 0.112 \end{bmatrix}.$$

Отримані значення свідчать про домінуючий вплив когнітивної узгодженості на загальну адаптивність системи, що узгоджується з концепцією когнітивно-інтеграційного управління.

Для узагальненої кількісної оцінки адаптивної поведінки організації вводиться інтегральний показник [5]:

$$A(t) = \int_0^t \left(\sum_{i=1}^{4} w_i x_i(\tau) \right) e^{-\lambda(t-\tau)}\, d\tau, \qquad (5)$$

де w_i — вагові коефіцієнти значущості, λ — коефіцієнт згасання адаптивного ефекту.

За умови:

$$w = \{0.3, 0.3, 0.2, 0.2\}, \qquad \lambda = 0.4.$$

та числової апроксимації (метод трапецій для t=5) отримано:

$$A(5) \approx 1.87.$$

Узагальнені результати числового моделювання динаміки адаптивної поведінки організації будівництва в цифровому середовищі проєктної взаємодії наведено в таблиці 2.

Таблиця 2.

Результати розрахунку показників адаптивної поведінки
(розроблено автором на основі [5])

Показник	**t = 0**	**t = 2**	**t = 5**
X_1	0.42	0.55	0.71
X_2	0.35	0.60	0.83
X_3	0.28	0.48	0.65
X_4	0.30	0.44	0.59
A(t)	0.00	0.96	1.87

Графічну інтерпретацію динаміки ключових показників адаптивності організації будівництва в цифровому середовищі проєктної взаємодії подано на рисунку 2.

Математичне моделювання демонструє, що адаптивна поведінка організації будівництва формується як результат нелінійної взаємодії цифрових, когнітивних та організаційних чинників. Отримані розрахунки підтверджують доцільність використання когнітивно-інтеграційних моделей як інструменту прогнозування та управління адаптивністю в цифровому середовищі проєктної взаємодії.

У цифровій платформі проєктної взаємодії мережевий характер координації природно описується орієнтованим зваженим графом G=(V,E), де вершини V відповідають учасникам (та/або функціональним ролям), а ребра E відображають інтенсивність та якість цифрової взаємодії (обмін моделями, погодження рішень, протоколи змін, запити до кошторисів тощо). Нехай $W=[w_{ij}]$ — матриця ваг, де $w_{ij} \in [0,1]$ характеризує “силу” взаємодії від i до j.

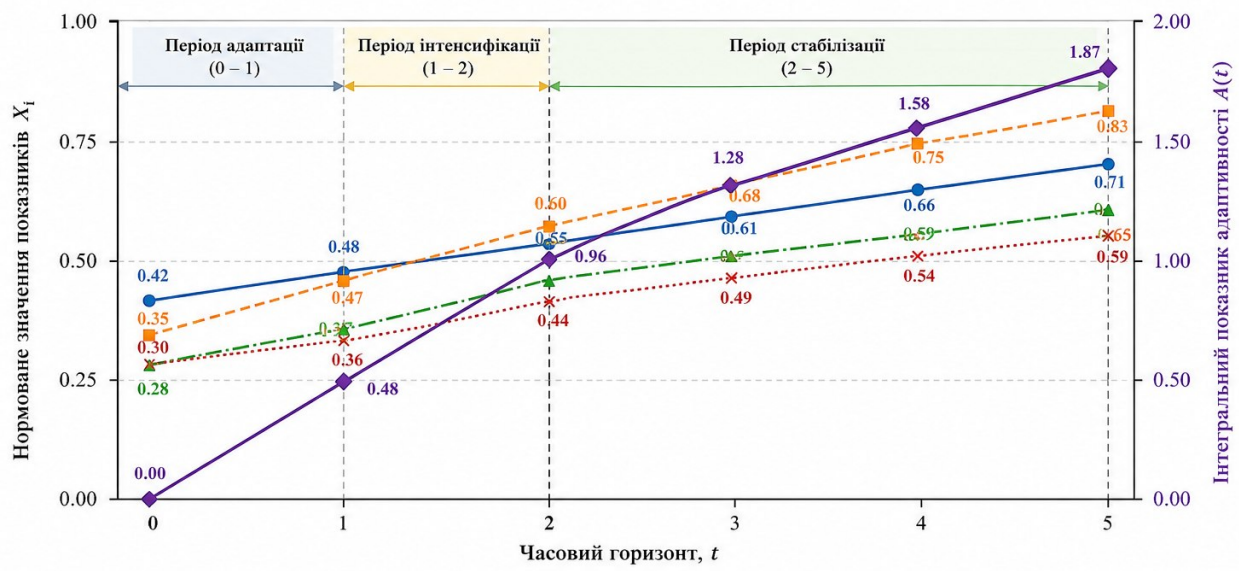


Рис. 2. Динаміка показників адаптивності організації будівництва в цифровому середовищі *(розроблено автором на основі [5])*

Для обчислювальної оцінки інтегрованої адаптивності цифрового двійника вводиться індекс, що одночасно враховує когнітивно-інформаційну впорядкованість (через ентропійний компонент), структурну концентрацію координації (через показник нерівномірності центральності) та зв'язність мережі (через алгебраїчну зв'язність графа):

$$E_{tot} = \left(0.45\left(1-\overline{H}\right) + 0.25\,G(c) + 0.30\frac{A(5)}{2.5}\right) \times \left(1 - e^{-\lambda 2(L)}\right), \qquad (6)$$

де $\overline{H}$ — нормована середня ентропія рядків матриці переходів P (рядково-нормованої з W), G(c) — показник нерівномірності (Gini-подібна міра) для вектора центральності c, $\lambda_2(L)$ — друге найменше власне значення лапласіана L (алгебраїчна зв'язність, що зростає зі структурною цілісністю взаємодії), а A(5) — інтегральна адаптивність, для горизонту t=5.

Практична інтерпретація цієї формули полягає в тому, що навіть за високих локальних показників (цифрова інтеграція, когнітивна узгодженість, гнучкість) система може втрачати керованість у разі мережевої фрагментації взаємодії; множник $(1-e^{-\lambda 2})$ "штрафує" слабку зв'язність і тим самим відрізняє декларативну цифровізацію від реально інтегрованого цифрового управління.

Для кількісного зіставлення впливу різних конфігурацій цифрової проєктної взаємодії на інтегровану адаптивність організації будівництва було виконано сценарний розрахунок ключових мережевих та когнітивно-інформаційних показників [6]. Зокрема, оцінювались нормована ентропія інформаційних потоків, структурна концентрація координації, алгебраїчна зв'язність графа взаємодії та підсумковий індекс інтегрованої адаптивності.

Результати розрахунків для базового, посиленого та ослабленого сценаріїв цифрової взаємодії наведено в таблиці 3.

Таблиця 3.

Розрахункові індикатори цифрового двійника організації будівництва

(розроблено автором на основі [6])

Сценарій	$\overline{H}$ **(норм.)**	**G(c)**	λ_2**(L)**	E_{tot}
Базовий (поточні ваги)	0.581	0.614	0.426	0.196
Посилення взаємодії +15% (узгоджені протоколи змін)	0.581	0.614	0.490	0.219
Послаблення взаємодії −15% (фрагментація обміну)	0.581	0.614	0.362	0.172

У наведеному сценарному аналізі структурний ефект проявляється саме через λ_2: рівномірне масштабування ваг зберігає відносні ймовірності (а отже, і $\overline{H}$), однак змінює “жорсткість” зв’язків у мережі, що безпосередньо впливає на зв’язність, стійкість координації та інтегровану адаптивність E_{tot}. Це важливо методологічно: цифрова платформа повинна не лише “додавати дані”, а й підсилювати структурну цілісність взаємодії через правила узгодження, контроль якості даних, SLA для реакцій на запити, автоматизовані маршрути погоджень і семантичну узгодженість термінів та атрибутів моделей [7].

З метою візуалізації структури цифрової проєктної взаємодії між ключовими учасниками будівельного проєкту побудовано зважений орієнтований граф, у якому інтенсивність та напрям інформаційно-когнітивних зв’язків відображаються через ваги ребер. Такий графічний опис дозволяє наочно ідентифікувати центри координації, асиметрію інформаційних потоків і потенційні вузли когнітивної напруги, що безпосередньо впливають на адаптивність організації будівництва. Структура зазначеної взаємодії представлена на рисунку 3 [8]. Для інтеграції когнітивно-інтеграційних моделей у практичні інструменти управління будівельними проєктами запропоновано архітектуру цифрового двійника адаптивної організації будівництва. Вона відображає логіку перетворення первинних цифрових даних у когнітивно узгоджені управлінські рішення через шари семантичної інтерпретації, математичного моделювання адаптації та сценарного аналізу. Узагальнена архітектурна схема цифрового двійника наведена на рисунку 4.

Інтеграція когнітивно-інтеграційних моделей у цифрові платформи управління будівельними проєктами забезпечує формальний перехід від “цифрової візуалізації” до “цифрового керування”, коли адаптивність вимірюється не декларативними показниками, а розрахунковим індексом, що

поєднує когнітивну впорядкованість, структурну концентрацію координації та мережеву зв'язність [9].

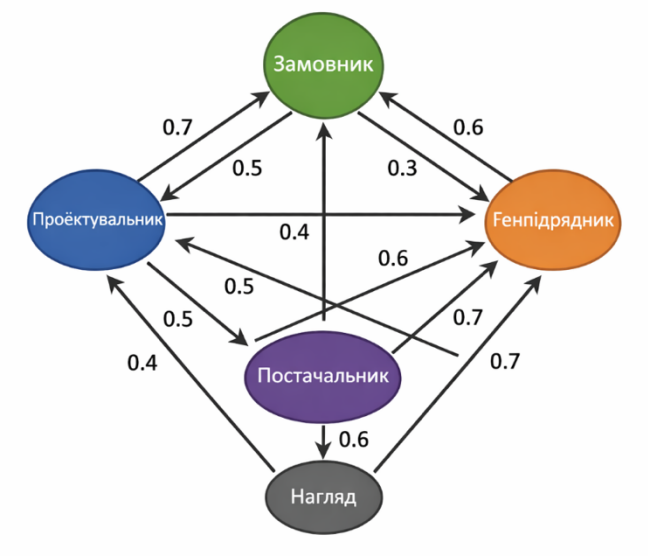


Рис. 3. Зважений граф цифрової проєктної взаємодії
(розроблено автором на основі [8])

Математичне моделювання адаптивної поведінки продемонструвало можливість формалізованого опису динаміки організації будівництва з урахуванням нелінійних ефектів, обмежень та інтегральних характеристик. Отримані розрахункові залежності підтвердили, що домінуючим чинником зростання адаптивності виступає когнітивна узгодженість, яка посилює ефект цифрової інтеграції процесів і підвищує стійкість організаційної системи до зовнішніх збурень. Використання інтегральних показників дало змогу перейти від локальних оцінок окремих параметрів до узагальненої кількісної характеристики адаптивності в заданому часовому горизонті [10].

Інтеграція побудованих моделей у цифрові платформи управління будівельними проєктами показала, що найбільш адекватною формою практичної реалізації є концепція цифрового двійника організації будівництва. У такій архітектурі когнітивні, інформаційні та мережеві аспекти поєднуються в єдину систему сценарного аналізу, що дозволяє оцінювати наслідки управлінських рішень ще до їх фактичної реалізації. Особливу методологічну цінність має урахування мережевої структури проєктної взаємодії, оскільки саме рівень зв'язності та збалансованості координаційних зв'язків визначає реальний адаптивний потенціал цифровізованої організації.

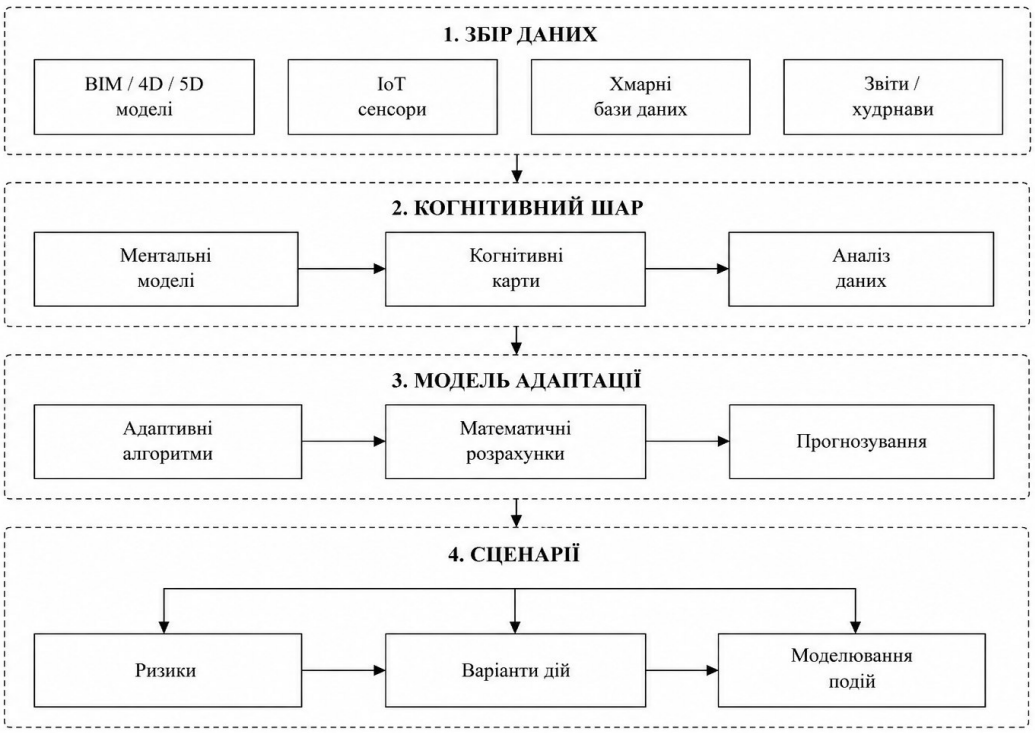


Рис. 4. Архітектура цифрового двійника адаптивної організації будівництва
(розроблено автором на основі [9])

Висновок

Формування адаптивної організації будівництва в цифровому середовищі проєктної взаємодії ґрунтується на інтеграції когнітивних, організаційних та інформаційних процесів у єдину систему управління. Запропоновані когнітивно-інтеграційні моделі, математичний апарат та інтегральні показники дозволяють оцінювати рівень адаптивності організації, когнітивної узгодженості учасників і ефективності цифрової взаємодії, що сприяє підвищенню якості управлінських рішень та стійкості будівельних проєктів.

Практичне використання розробленого підходу створює умови для впровадження цифрових двійників, удосконалення координації учасників проєкту, підвищення ефективності інформаційного обміну та розвитку адаптивних моделей управління будівельними підприємствами. Це забезпечує зміцнення конкурентоспроможності організацій і створює підґрунтя для подальшого розвитку цифрових технологій управління будівництвом.

Література

1. Vidal R.V.V. Review of *Making Strategy: The Journey of Strategic Management* by C. Eden & F. Ackermann and *The Practice of Making Strategy: A Step-by-Step Guide* by F. Ackermann, C. Eden & I. Brown // *European Journal of Operational Research*. 2007. Vol. 176, No. 2. P. 1294–1297. DOI: https://doi.org/10.1016/j.ejor.2006.02.002

2. ДСТУ ISO 21502:2025. Керування проєктами, програмами та портфелями. Настанова щодо керування проєктами (ISO 21502:2020, IDT). Чинний від 2025-12-01. Київ:

ДП «УкрНДНЦ», 2025. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=116489

3. ДСТУ ISO 19650-1:2020. Організація та оцифрування інформації щодо будівель та споруд включно з будівельним інформаційним моделюванням (BIM). Управління інформацією з використанням будівельного інформаційного моделювання. Частина 1. Концепції та принципи (ISO 19650-1:2018, IDT). Чинний від 2020-07-01. Київ: ДП «УкрНДНЦ», 2020. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=89571

4. Bertsekas D.P., Tsitsiklis J.N. *Neuro-Dynamic Programming*. 4th printing. Belmont, MA: Athena Scientific, 2021. 512 p. ISBN 978-1-886529-10-6. [Electronic resource]. – Available at: https://web.mit.edu/dimitrib/www/NDP.pdf

5. Biloshchytskyi A., Chupryna Yu., Tormosov R., Fedorchenko M. Applied Modules of System Performance of Changes in the Operational System of Construction Enterprises // *SNE 2025: Workshop on Software and Knowledge Engineering*. CEUR Workshop Proceedings. Vol. 4193. 2025. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://ceur-ws.org/Vol-4193/Paper14.pdf

6. Newman M.E.J. *Networks: An Introduction*. Oxford: Oxford University Press, 2010. 784 p. ISBN 978-0-19-920665-0. [Electronic resource]. – Available at: https://math.bme.hu/~gabor/oktatas/SztoM/Newman_Networks.pdf.

7. прДСТУ ISO 19650-2. Організація та оцифрування інформації щодо будівель та споруд включно з будівельним інформаційним моделюванням (BIM). Управління інформацією з використанням будівельного інформаційного моделювання. Частина 2. Етап будівництва (ISO 19650-2:2018, IDT): проект національного стандарту (перша редакція). Київ: ДП «УкрНДНЦ». 64 с. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://uscc.ua/uploads/page/images/normativnye%20dokumenty/bim/dstu-EN-ISO-19650_2.pdf

8. Чуприна Ю. Основні характеристики та організація когнітивних процесів у системі управлінського вибору // Просторовий розвиток. 2026. № 16. С. 353–364. DOI: https://doi.org/10.32347/2786-7269.2026.16.353-364

9. Grieves M., Vickers J. Digital Twin: Mitigating Unpredictable, Undesirable Emergent Behavior in Complex Systems // *Transdisciplinary Perspectives on Complex Systems: New Findings and Approaches* / ed. F.-J. Kahlen, S. Flumerfelt, A. Alves. Cham: Springer International Publishing, 2017. P. 85–113. DOI: https://doi.org/10.1007/978-3-319-38756-7_4. [Electronic resource]. – Available at: https://www.researchgate.net/publication/306223791_Digital_Twin_Mitigating_Unpredictable_Undesirable_Emergent_Behavior_in_Complex_Systems

10. Bar-Yam Y. *Dynamics of Complex Systems*. Reading, MA: Addison-Wesley, 1997. 848 p. ISBN 0-201-55748-7. [Electronic resource]. – Available at: https://fernandonogueiracosta.wordpress.com/wp-content/uploads/2015/08/yaneer-bar-yam-dynamics-of-complex-systems.pdf

Doctor of Economics, Professor **Chupryna Iurii,**
Kyiv National University of Construction and Architecture, Kyiv, Ukraine

COGNITIVE-INTEGRATION MODELS FOR FORMING AN ADAPTIVE CONSTRUCTION ORGANIZATION IN THE DIGITAL PROJECT INTERACTION ENVIRONMENT

The digital transformation of the construction industry is fundamentally reshaping approaches to project organization by transferring management processes

into a multidimensional information environment, where operational efficiency is determined not only by the degree of digitalization but also by the quality of cognitive interaction among project participants. Under these conditions, the construction organization acquires the characteristics of an open adaptive system capable of continuously responding to changes in both the external and internal environment through the integration of digital technologies, information flows, and collaborative managerial decision-making mechanisms. A cognitive-integration model for the formation of an adaptive construction organization is proposed, combining structural, process, informational, and cognitive components within a unified digital project interaction environment. A mathematical framework for assessing organizational adaptability is substantiated on the basis of integral indicators of cognitive coherence, digital integration, organizational flexibility, and adaptive response speed. Particular attention is devoted to the application of the digital twin concept of a construction organization as a tool for forecasting the consequences of managerial decisions and performing scenario-based modelling of construction project development. Integrated indicators have been developed that take into account the network structure of stakeholder interaction, the cognitive ordering of information flows, the algebraic connectivity of the digital environment, and the level of coordination among project participants.

Keywords: cognitive-integration models; adaptive construction organization; digital environment; project interaction; digital twin; cognitive coherence; BIM technologies; digital transformation.

REFERENCES

1. Vidal, R.V.V. Review of *Making Strategy: The Journey of Strategic Management* by C. Eden and F. Ackermann and *The Practice of Making Strategy: A Step-by-Step Guide* by F. Ackermann, C. Eden and I. Brown // *European Journal of Operational Research*. 2007. Vol. 176, No. 2. P. 1294–1297. DOI: https://doi.org/10.1016/j.ejor.2006.02.002. {in English}

2. DSTU ISO 21502:2025. Project, Programme and Portfolio Management. Guidance on Project Management (ISO 21502:2020, IDT). Effective from December 1, 2025. Kyiv: SE “UkrNDNC”, 2025. Electronic resource. – Available at: https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=116489. {in Ukrainian}

3. DSTU ISO 19650-1:2020. Organization and Digitization of Information about Buildings and Civil Engineering Works, Including Building Information Modelling (BIM). Information Management Using Building Information Modelling. Part 1: Concepts and Principles (ISO 19650-1:2018, IDT). Effective from July 1, 2020. Kyiv: SE “UkrNDNC”, 2020. Electronic resource. – Available at:

https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=89571. {in Ukrainian}

4. Bertsekas, D.P., & Tsitsiklis, J.N. *Neuro-Dynamic Programming*. 4th printing. Belmont, MA: Athena Scientific, 2021. 512 p. ISBN 978-1-886529-10-6. Electronic resource. – Available at: https://web.mit.edu/dimitrib/www/NDP.pdf. {in English}

5. Biloshchytskyi, A., Chupryna, Yu., Tormosov, R., & Fedorchenko, M. Applied Modules of System Performance of Changes in the Operational System of Construction Enterprises // *SNE 2025: Workshop on Software and Knowledge Engineering. CEUR Workshop Proceedings*. Vol. 4193. 2025. Electronic resource. – Available at: https://ceur-ws.org/Vol-4193/Paper14.pdf. {in English}

6. Newman, M.E.J. *Networks: An Introduction*. Oxford: Oxford University Press, 2010. 784 p. ISBN 978-0-19-920665-0. Electronic resource. – Available at: https://math.bme.hu/~gabor/oktatas/SztoM/Newman_Networks.pdf. {in English}

7. Draft DSTU ISO 19650-2. Organization and Digitization of Information about Buildings and Civil Engineering Works, Including Building Information Modelling (BIM). Information Management Using Building Information Modelling. Part 2: Delivery Phase of the Assets (ISO 19650-2:2018, IDT): Draft National Standard, First Edition. Kyiv: SE "UkrNDNC". 64 p. Electronic resource. – Available at: https://uscc.ua/uploads/page/images/normativnye%20dokumenty/bim/dstu-EN-ISO-19650_2.pdf. {in Ukrainian}

8. Chupryna, Yu. Main Characteristics and Organization of Cognitive Processes in the Managerial Choice System // *Spatial Development*. 2026. No. 16. P. 353–364. DOI: https://doi.org/10.32347/2786-7269.2026.16.353-364. {in Ukrainian}

9. Grieves, M., & Vickers, J. Digital Twin: Mitigating Unpredictable, Undesirable Emergent Behavior in Complex Systems // *Transdisciplinary Perspectives on Complex Systems: New Findings and Approaches* / ed. by F.-J. Kahlen, S. Flumerfelt, A. Alves. Cham: Springer International Publishing, 2017. P. 85–113. DOI: https://doi.org/10.1007/978-3-319-38756-7_4. Electronic resource. – Available at: https://www.researchgate.net/publication/306223791_Digital_Twin_Mitigating_Unpredictable_Undesirable_Emergent_Behavior_in_Complex_Systems. {in English}

10. Bar-Yam, Y. *Dynamics of Complex Systems*. Reading, MA: Addison-Wesley, 1997. 848 p. ISBN 0-201-55748-7. Electronic resource. – Available at: https://fernandonogueiracosta.wordpress.com/wp-content/uploads/2015/08/yaneer-bar-yam-dynamics-of-complex-systems.pdf. {in English}

DOI: 10.32347/2076-815x.2026.93.624-638
УДК 725.381.3(477)

Шелудько А.В.,
andrii.sheludko@igb-parkings.com, ORCID: 0009-0000-5460-0077,
Данилко Л.А.,
danylkol@igb-parkings.com, ORCID: 0009-0004-4483-2068,
Таратинська К.А.,
kateryna.taratynska@igb-parkings.com, ORCID: 0009-0004-9864-7941,
ТОВ «НВО «Інститут Гаражного Будівництва»,
д. арх., професор **Куцевич В.В.**,
vadym.kutsevych@Knuba.edu.ua, ORCID: 0000-0001-6128-7410,
Київський національний університет будівництва і архітектури

ПРОБЛЕМИ ЗБЕРІГАННЯ ЛЕГКОВИХ АВТОМОБІЛІВ З ДВИГУНАМИ НА ГАЗОВОМУ ПАЛИВІ У ГАРАЖАХ

Проведено комплексний аналіз проблеми зберігання транспортних засобів, оснащених газобалонним обладнанням (СВГ та СПГ), у паркінгах закритого типу в Україні. Досліджено невідповідність положень ДБН В.2.3-15:2007 «Споруди транспорту. Автостоянки і гаражі для легкових автомобілів» реальному стану автомобільного ринку, де частка легкових автомобілів на газовому пальному, станом на кінець 2025 року, досягла 22,5%. Проаналізовано чинники, які впливають на стабільну популярність автомобілів, що використовують скраплений вуглеводневий газ та стиснений природний газ у якості пального. Описані заходи безпеки транспортних засобів, оснащених газобалонним обладнанням та вимоги до оснащення приміщень, придатних для зберігання таких ТЗ, як в Україні, так і в країнах Європи. На основі аналізу міжнародного досвіду з нормування будівництва паркінгів для легкових автомобілів з двигунами на газовому паливі виявлено ефективні технічні та організаційні заходи, які дозволяють забезпечити надійний рівень безпеки експлуатації та зберігання автомобілів з газобалонним обладнанням (ГБО). Сформульовано пропозиції по внесенню змін до профільного ДБН В.2.3-15:2007 з метою забезпечення рівних прав автовласників всіх типів транспортних засобів на їх безпечне та комфортне зберігання.

Ключові слова: підземні паркінги; гаражі закритого типу; газобалонне обладнання; скраплений вуглеводневий газ; стиснений природний газ; пожежна безпека; ДБН В.2.3-15:2007; аварійна вентиляція; газоаналізатори; транспортний засіб.

Постановка проблеми. ДБН В.2.3-15:2007 Споруди транспорту. Автостоянки і гаражі для легкових автомобілів [1] в першому ж розділі зазначає, що його норми не поширюються на «будинки, споруди та приміщення для зберігання легкових автомобілів з двигунами, що працюють на стисненому природному газі (СПГ), скрапленому вуглеводневому газі (СВГ) та транспортних засобів, що використовують декілька видів палива, одним з яких є СПГ та/або СВГ».

В ситуації відсутності актуальних норм з будівництва гаражів для легкових автомобілів з двигунами, що працюють на газовому паливі, автовласники таких автомобілів стикаються з проблемою легального зберігання свого автомобіля. Кожен п'ятий автовласник у великому місті користується автомобілем з ГБО, і він технічно обмежений у праві на безпечне зберігання автомобіля через застарілі норми, що стимулює власників до несанкціонованого (прихованого) використання паркінгів без забезпечення належного рівня безпеки.

Існуючі норми та правила в будівництві не зобов’язують власників підземних та наземних гаражів закритого типу, які не обладнані відповідними системами безпеки, встановлювати на в’їздах заборонні знаки для автомобілів на газовому пальному. У такій ситуації водії автомобілів з ГБО мимоволі створюють потенційну небезпеку, як для будівлі гаража, так і для оточуючих автомобілів.

Аналіз останніх досліджень. В даний час ТОВ «НВО «Інститут Гаражного Будівництва.» здійснює наукові дослідження із вдосконалення положень ДБН щодо проєктування гаражів та нормативних параметрів машиномісць для автомобілів різних класів. За цими напрямками видані наукові публікації, зокрема, [2-5], (А.В. Шелудька, В.М. Татаренка, Л.А. Данилка, К.А. Таратинської, В.В. Куцевича).

Мета дослідження: показати невідповідність діючої нормативної бази в будівництві щодо зберігання автомобілів з двигунами на газовому пальному в підземних та наземних гаражах закритого типу реальному стану автомобільного ринку України, та обґрунтувати необхідність внесення змін до державних будівельних норм, які регламентують проєктування та будівництво таких гаражів.

Основна частина. Аналіз ринку легкових автомобілів в Україні.

Статистичні дані щодо реєстрацій транспортних засобів в Україні [6] станом на 31.12.2025 року свідчать, що бензинові двигуни все ще утримують лідерство, проте їхня частка поступово скорочується за рахунок електромобілів та гібридів. Водночас, сегмент автомобілів, що використовують скраплений вуглеводневий газ (СВГ/LPG) та стиснений природний газ (СПГ/CNG) у якості

пального, становить вагому частку ринку — близько 22% від загальної кількості легкових автомобілів (див. рис.1).

Важливо зазначити, що в сегменті бюджетних та комерційних авто, які найчастіше використовують закриті стоянки житлових масивів, частка ГБО досягає 30%. Це створює критичне навантаження на існуючу систему пожежної безпеки паркінгів, яка, згідно з ДБН В.2.3-15:2007, не розрахована на присутність потенційних джерел витоку вибухонебезпечних газів у приміщеннях зберігання легкових автомобілів.

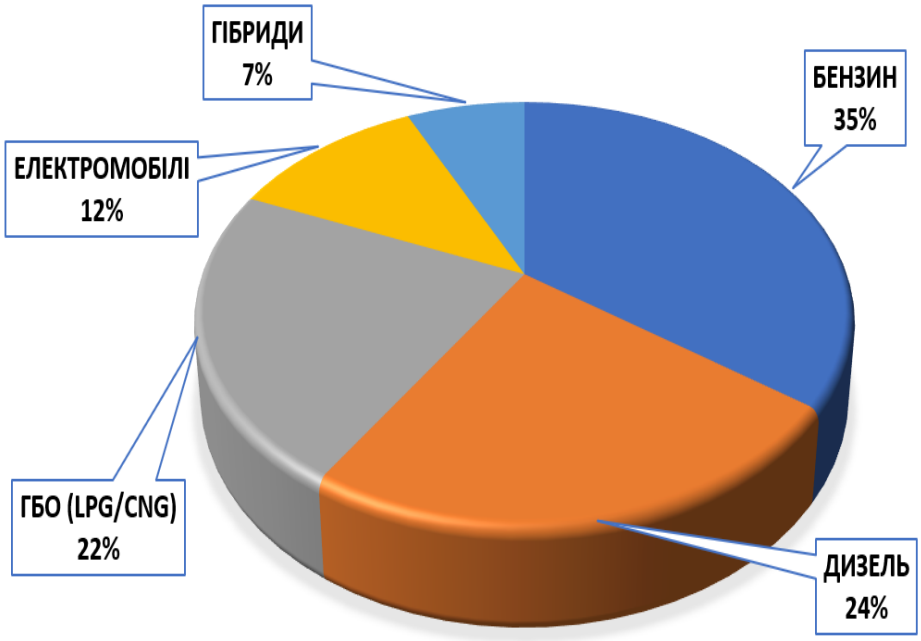


Рис. 1. Розподіл ринку легкових автомобілів за типом пального

Конкурентна перевага ГБО. Незважаючи на стрімкий розвиток сектору електромобілів, ГБО залишається найбільш доступним способом радикального зниження витрат для існуючого парку авто з двигунами внутрішнього згорання. Головним чинником, який забезпечує стабільну популярність автомобілів з ГБО, є економічний фактор. Порівняльний аналіз ціни палива різних типів та вартості 100 км пробігу станом на грудень 2025 року на основі даних Консалтингової групи «А-95» [7] наведено в таблиці 1.

Аналіз економічних показників різних типів моторного пального засвідчує, що різниця в ціні між бензином та СВГ складає понад 27 грн/л. При середній вартості встановлення ГБО 4-го покоління (еквівалент 450–550 євро), термін окупності обладнання становить близько 12 000 – 15 000 км пробігу, що робить його вкрай привабливим для приватного та комерційного сектору.

Таблиця 1.

Ціна палива та вартість пробігу

Тип палива / Енергоносія	Ціна (грн/од.)	Витрати палива на 100 км	Вартість 100 км пробігу (грн)	Економія відносно бензину (%)
Бензин	56,50	8,0 л	452,00	—
Дизельне паливо	53,80	6,5 л	349,70	22,6%
СВГ (Пропан-бутан)	29,20	10,0 л*	292,00	35,4%
СПГ (Метан)	32,50	8,0 м³	260,00	42,5%
Електроенергія	4,32**	18 кВт·год	77,76	82,8%
* При розрахунку СВГ враховано технологічне збільшення витрати на 25% відносно бензину для збереження динамічних характеристик двигуна. ** Ціна електроенергії вказана для побутового споживача (домашня зарядна станція). При використанні публічних хабів швидкої зарядки (DC) вартість 100 км зростає до 190–230 грн.				

Іншим вагомим чинником популярності газового пального є його екологічні показники, які є значно кращими у порівнянні з бензином та дизельним пальним. Порівняльний аналіз шкідливих викидів для різних типів пального за даними Харківського національного автомобільно-дорожнього університету [8] наведено в табл.2.

Таблиця 2.

Екологічні показники викидів різних типів палива

Показник	Бензин	Дизель	СВГ	СПГ
Вуглекислий газ (*CO*2)	100%	90%	85%	75%
Оксиди азоту (*NOx*)	100%	150%	40%	20%
Тверді частинки (PM)	100%	500%*	< 5%	< 2%

Дані таблиці засвідчують, що використання СВГ та СПГ значно знижує кількість викидів твердих часток та *CO*2 у порівнянні з бензином та дизельним пальним.

Разом з тим газове пальне характеризується високою пожежною небезпекою. Основна небезпека при зберіганні автомобілів з ГБО у закритих приміщеннях полягає у легкозаймистості та вибухонебезпечності летких продуктів, що утворюють вибухонебезпечну суміші з повітрям, які можуть проникати у приміщення при витоках з несправного газобалонного обладнання. Характеристики складових паливних газів за ДСТУ ISO 6976:2009 [9] наведені у табл.3.

Таблиця 3.

Фізико-хімічні властивості газів ГБО.

Газ	Хімічна формула	Співвідношення ваги до повітря (повітря = 1.0)	Нижня межа вибуховості (НМВ), %	Верхня межа вибуховості (ВМВ /), %
Метан (СПГ)	CH4	0,55 (легший)	5,00%	15,00%
Пропан (СВГ)	C3H8	1,55 (важчий)	2,10%	9,50%
Бутан (СВГ)	C4H10	2,01 (важчий)	1,80%	8,40%

Скраплений вуглеводневий (нафтовий) газ (СВГ), який складається з суміші пропану та бутану, є важчим за повітря, що зумовлює його накопичення у нижніх зонах приміщень, приямках та оглядових канавах. Натомість стиснений природний газ (СПГ), основу якого складає метан, є легшим за повітря і при витоку концентрується під перекриттям, утворюючи вибухонебезпечні «кишені».

Безпекова ситуація, пов'язана з експлуатацією та зберіганням автомобілів з ГБО, в Україні.

Заходи безпеки автомобілів з ГБО в Україні регламентуються ДСТУ 7434:2013 [10]. Стандарт встановлює вимоги безпеки до конструкції й технічного стану газобалонних транспортних засобів в частині спеціального обладнання для живлення їхніх двигунів СПГ або СВГ, а також вимоги до маркування таких автомобілів. Зокрема, стандарт регламентує вимоги до допоміжного обладнання балонів для СВГ та СПГ.

Для СВГ таке обладнання повинно складатися із:

- 80% стопорного клапана;
- покажчика рівня СВГ у газовому балоні;
- запобіжного (розвантажувального) клапана;
- дистанційно керованого робочого клапана з обмежувальним клапаном;
- запобіжного (пожежного) клапана (обмежувача тиску);

Допоміжне обладнання балона для СПГ повинно складатися із:

- вентиля (клапана) з ручним керуванням чи автоматичного клапана балона;
- запобіжного (пожежного) клапана (обмежувача тиску);
- обмежувального (швидкісного) клапана.

Стандарт, також, містить вимогу до кожного транспортного засобу з ГБО бути позначеним розпізнавальним знаком «Обережно! Інші небезпеки» з табличкою «ГАЗ».

Обов'язкова одоризація газу виконується згідно з ДСТУ 4047-2001 [11], що дозволяє по запаху виявляти витік на ранній стадії.

Основні вимоги до приміщень зберігання автомобілів з ГБО можна знайти в нині частково діючому ВСН 01-89 «Підприємства по обслуговуванню автомобілів» [12], та в НАПБ В.01.054-2015/510 «Правила пожежної безпеки для підприємств і організацій автомобільного транспорту України» [13]. Головні вимоги цих документів до приміщень зберігання автомобілів з ГБО зводяться до наступних заходів:

- Влаштування автоматичного контролю газового середовища;
- Влаштування аварійного освітлення приміщень та шляхів евакуації;
- Влаштування примусової припливно-витяжної вентиляції;
- Дозвіл зберігати газобалонні автомобілі у багатоповерхових будинках I та II ступенів вогнестійкості з кількістю поверхів не більше 7;
- Заборона влаштування підземних приміщень під приміщеннями зберігання;
- Заборона зберігання автомобілів з ГБО в підвальних та підземних приміщеннях.
- Визначення необхідної кількості первинних засобів пожежогасіння.

При цьому в системі нормування будівельної галузі України відсутні будівельні норми для будівництва стоянок та гаражів, придатних для зберігання легкових автомобілів з ГБО.

Європейський досвід з техніки безпеки автомобілів з ГБО

В країнах Європи безпека сучасного газобалонного обладнання для автомобілів ґрунтується на міжнародних правилах: ЄЕК ООН №67 (R67-01) [14] для СВГ (пропан-бутан) та ЄЕК ООН №110 (R110) [15] для СПГ (метан). Ці правила встановлюють вимогу застосування мультиклапанів з автоматичними відсікачами та запобіжних пристроїв скидання тиску в складі обладнання ГБО, що мінімізує ризик миттєвого руйнування балона з газовим паливом при пожежі.

Крім того, балони для СВГ повинні проходити гідростатичні випробування - перевірку тиском, що у 2.5–3 рази перевищує робочий.

Для об'єктивної оцінки ризиків використання автомобілів з ГБО було проаналізовано дані Національної асоціації протипожежного захисту США (NFPA) [16]. Згідно зі звітом NFPA за 2024 рік на кожні 100 000 зареєстрованих транспортних засобів кількість пожеж розподіляється наступним чином:

- Автомобілі з ДВЗ (бензин/дизель): ~1,5% випадків на рік.
- Автомобілі з ГБО (СВГ/СПГ): ~1,1% випадків на рік.
- Електромобілі (EV): ~0,03% (нижча частота, але вища складність гасіння).

Статистика свідчить, що наявність ГБО сама по собі не підвищує імовірність виникнення пожежі. Більшість загорянь у паркінгах спричинені несправністю електропроводки (до 60% випадків) або підпалами, незалежно від типу паливної системи.

Протипожежний захист паркінгів в країнах Європи.

Згідно з актуальними будівельними нормами Німеччини M-GarVO [17], паркування автомобілів на газу в підземних та багатоповерхових наземних гаражах дозволено, якщо гараж відповідає сучасним стандартам вентиляції. Більшість федеральних земель Німеччини скасували загальну заборону на в'їзд авто з ГБО ще у 1980-х та 90-х роках. Виняток з цього правила надає можливість власнику приватного гаража або об'єднанню співвласників (WEG) встановити власну заборону, але вона має бути обґрунтована (наприклад, через критичний стан старої вентиляції).

Навіть якщо в'їзд у гараж дозволено, правилами безпеки може бути заборонено залишати авто з ГБО безпосередньо над дренажними отворами або зливними решітками (куди газ може "стікати"), а також на нижніх ярусах автоматичних паркувальних систем (дуплекс-парковки), якщо там немає достатньої циркуляції повітря в нижній точці.

Якщо є заборона на паркування автомобілів з ГБО, то на в’їздах до гаражів встановлюється знак "Verbot für gasbetriebene Fahrzeuge" (червоне коло з авто та балоном), в’їзд суворо заборонено. Якщо такого знака немає — паркування дозволено за замовчуванням.

Німецькі нормативи M-GarVO, окрім власне будівельних норм, містять також положення про правила експлуатації гаражів (інструкцію) та розділ Адміністративні правопорушення, які встановлюють відповідальність за порушення правил експлуатації.

Польський досвід застосування заходів безпеки для паркування автомобілів з ГБО ґрунтується на застосуванні стандарту PN-EN 50545-1 [18], який регламентує вимоги до детекторів відпрацьованих та паливних газів в гаражах та тунелях. Застосування таких детекторів виявлення вибухонебезпених газів в системах керування витяжною вентиляцією дозволяє вмикати додаткові вентилятори при виявленні ознак витоку паливних газів та надсилати сигнал до інформаційної системи гаража.

В системі контролю вибухонебезпечних газів (метан, пропан-бутан) запроваджено чотири рівні (пороги) контролю концентрації газу в процентах від нижньої межі вибухонебезпечності. Пороги спрацювання сигналізації встановлюються в нижній половині діапазону щоб забезпечити достатній час між виявленням загрози, реагуванням виконавчого механізму (вентиляцією) та усуненням загрози. Нормативні акти не встановлюють конкретних порогів

тривоги, тому проєктувальник вибирає їх відповідно до потреб. Приклади порогів спрацювання сигналізації для детекторів вибухонебезпечних газів за матеріалами сайту https://detektory.pl [19] наведено в таблиці 4.

Таблиця 4.

Пороги спрацювання детекторів вибухонебезпечних газів.

Поріг спрацювання	Рівень концентрації газу	Тип сигналізації	Реакція виконавчих механізмів
Поріг 1	10% НПВ	Без сигналізації	Увімкнення вентиляції на першій швидкості
Поріг 2	20% НПВ	Без сигналізації	Увімкнення вентиляції на другій швидкості
Поріг 3	30% НПВ	Візуальний сигнал тривоги	Увімкнення візуальної сигналізації.
Поріг 4	40% НПВ	Звуковий сигнал тривоги	Увімкнення звукової сигналізації

В громадських гаражах великої місткості, обладнаних навігаційно-візуальною системою, при досягненні порогу 3 в окремому відсіку повинна бути можливість перенаправлення потоку автомобілів до інших протипожежних відсіків.

Вентилятори та обладнання, які працюють у приміщеннях для автомобілів з ГБО, мають бути сертифіковані для роботи у вибухонебезпечних середовищах (вентилятори в вибухозахищеному виконанні), щоб іскра від двигуна та рухомих частин вентилятора не стала джерелом займання.

Адміністративні механізми регулювання та контролю в європейській практиці.

Адміністративні заходи безпеки в країнах Європи базуються на трьох принципах: дозвільна документація, операційні регламенти та фінансова відповідальність.

Зокрема у Франції адміністративний допуск авто з ГБО до паркінгів регулюється через систему обов’язкового страхування. Згідно з нормами Arrêté du 31.01.1986 [20] та положеннями Code des assurances [21], технічне оснащення паркінгів системами за стандартом EN 50545-1 дозволяє власникам отримувати пільгові умови страхування через суттєве зниження ризику загазованості та вибуху. При в'їзді в довгострокові паркінги власник авто зобов'язаний надати підтвердження, що ГБО встановлено сертифікованим центром з дотриманням правил R67-01. Без цього документа страхова компанія може відмовити у виплатах у разі інциденту.

Постанова Міністра внутрішніх справ Польщі та адміністрації від 7 червня 2010 року «Про пожежний захист будівель, інших споруд та територій» [22] вимагає від власників, керівників чи користувачів громадських паркінгів

«розміщувати біля в’їздів до закритих гаражів з підлогою нижче рівня землі розбірливу інформацію про дозвіл або заборону паркування в цих гаражах транспортних засобів, що працюють на зрідженому пропан-бутановому газі, зазначену в технічних та будівельних нормах».

Порівняння європейських та українських заходів безпеки

В Україні заходи безпеки автомобілів базуються на дотриманні вимог ДСТУ 7434:2013 «Колісні транспортні засоби. Вимоги безпеки до конструкції та технічного стану колісних транспортних засобів, двигуни яких працюють на газовому моторному паливі, та методи контролю», що на нормативному рівні закріплює жорстку систему контролю за безпекою ТЗ з ГБО. Оскільки стандарт ДСТУ 7434:2013 повністю гармонізований із міжнародними Правилами ООН № 67 та № 110, автомобілі, що пройшли перевірку за цим ДСТУ, технічно нічим не поступаються європейським аналогам, яким дозволено в'їзд у підземні паркінги в країнах Європи.

Інша ситуація спостерігається щодо заходів безпеки приміщень зберігання ТЗ з ГБО. Вимоги до таких заходів в Україні та в країнах Європи мають суттєві відмінності. Порівняння цих заходів наведено в таблиці 5.

Таблиця 5.

Заходи безпеки приміщень зберігання ТЗ з ГБО

Параметр	ДБН В.2.3-15:2007 (Україна)	M-GarVO (Європейські норми)
Допуск у підземні паркінги та наземні закритого типу	Не визначено	Дозволено для ТЗ із сертифікованим ГБО (R67-01).
Тип вентиляції	Загальнообмінна (для відпрацьованих газів).	Спеціалізована (з урахуванням можливого накопичення паливного газу біля підлоги).
Кратність повітрообміну	Зазвичай 2–4 обміни на годину.	Аварійна витяжка 6–10 обмінів на годину при детекції витоку.
Детектори паливних газів	Не визначено	Обов'язкові в найнижчих точках (для СВГ) та під стелею (для СПГ).
Інформаційні знаки	Не визначено	Дозвільні дорожні знаки для в’їзду ТЗ з ГБО

Порівняння заходів безпеки щодо автомобілів з ГБО в українських та європейських нормах і стандартах показує, що більшість заходів є подібними. Але частина заходів, яка стосується створення умов безпечного зберігання автомобілів з ГБО у приміщеннях гаража, потребує доопрацювання для створення відповідного рівня безпеки та вирішення проблеми паркування ТЗ з ГБО. Для цього потрібно внести зміни в профільний ДБН та деякі стандарти безпеки.

Класифікація заходів безпеки

Аналіз зарубіжної та вітчизняної практики застосування різноманітних заходів, спрямованих на безпеку автомобілів на газовому паливі та приміщень для їх зберігання, дозволяє згрупувати ці заходи в наступні три групи.

Перша група містить технічні заходи, спрямовані на безпеку експлуатації автомобілів з ГБО згідно з ДСТУ 7434:2013 та правил R67-01 та R110, а також на безпеку приміщень зберігання (аварійна вентиляція, додаткові заходи пожежної безпеки тощо).

Друга група об'єднує інформаційні заходи, спрямовані на ідентифікацію автомобіля з сертифікованим ГБО, а також на позначення гаража, який відповідає або не відповідає умовам безпечного зберігання автомобілів з ГБО.

До третьої групи слід віднести заходи, спрямовані на створення відповідальних взаємовідносин між клієнтом (власник автомобіля) та надавачем послуг паркування чи зберігання автомобілів з ГБО (власником гаража). Ця група включає такі адміністративні заходи як страхування, державний аудит, відповідальність.

Кожна з цих груп поділяється на заходи, які стосуються автомобіля з ГБО, та на заходи які стосуються приміщень зберігання автомобілів з ГБО.

Висновки

Проблема безпечного зберігання автомобілів з ГБО потребує комплексного та системного підходу до її вирішення. Комплекс заходів має охоплювати три рівні реалізації:

1. Технічні заходи безпеки, в тому числі протипожежні.
2. Інформаційні засоби.
3. Організаційно-адміністративні заходи.

Заходи з підвищення безпеки повинні охоплювати два напрямки: перший комплекс заходів спрямований на забезпечення безпеки експлуатації автомобілів з ГБО, а другий має створити безпечні умови зберігання автомобілів з ГБО у гаражах закритого типу. Орієнтовний склад таких заходів наведено в таблиці 6.

Таблиця 6.

Заходи безпеки зберігання автомобілів з ГБО

№	Заходи	Автомобілі з ГБО	Приміщення зберігання автомобілів з ГБО
1	**2**	**3**	**4**
1	Технічні заходи безпеки	Мультиклапан з термозапобіжником та швидкісним клапаном. Вбудовані сенсори витоку газу. Кріплення балонів на навантаження 20g.	Газоаналізатори паливних газів. Вентиляція нижньої та верхньої зони. Протипожежні системи. Система контролю доступу для автомобілів з ГБО.

1	2	3	4
2	Інформаційні засоби	Маркування автомобілів з ГБО. Сертифікат на обладнання. Наклейка проходження ТО.	Дозвільні дорожні знаки для в'їзду автомобілів з ГБО. Інтерактивні табло з інформацією про поточну концентрацію газів та про загрозу.
3	Організаційно-адміністративні заходи	Контроль дотримання стандартів безпеки ГБО. Страхування автомобілів з ГБО. Регулярне проходження ТО автомобіля та перевірка газового обладнання.	Розробка будівельних норм та стандартів безпеки для приміщень зберігання автомобілів з ГБО. Сертифікація гаражів для автомобілів з ГБО. Регулярний контроль дотримання норм безпеки гаражів.

Оскільки детальний розгляд всіх складових такої організаційно-технічної системи виходить за межі будівельної галузі, зупинимось на позиціях, які можуть регулюватись засобами технічного нормування в будівництві. Профільний ДБН потрібно доповнити положеннями, які би врегульовували наступні питання:

1. Поширити дію профільного ДБН на приміщення для зберігання легкових автомобілів з ГБО.
2. Доповнити ДБН розділом про особливі вимоги до архітектурно-планувальних рішень та інженерних систем гаражів, пристосованих для зберігання автомобілів з ГБО.

Список джерел

1. ДБН В.2.3-15:2007 Споруди транспорту. Автостоянки і гаражі для легкових автомобілів. Актуалізована редакція зі Змінами №1, №2 і №3. [Чинні від 2022-09-01]. Київ: ДП «Укрархбудінформ», 2022. 53 с.

2. А.В. Шелудько, В.М. Татаренко, Л.А. Данилко, В.В. Куцевич. Питання проєктування гаражів для легкових автомобілів різного класу. Просторовий розвиток, науковий збірник, випуск 10, 2024. ISSN 2786-7269. - С.221-231.

3. А.В. Шелудько, В.М. Татаренко, Л.А. Данилко, В.В. Куцевич. Особливості організації планувальних рішень машиномісць із зарядними пристроями для електромобілів. Просторовий розвиток, науковий збірник, випуск 11, 2025. ISSN 2786-7269. - С.226-240.

4. А.В. Шелудько, В.М. Татаренко, Л.А. Данилко, В.В. Куцевич. Диференціація нормативних відстаней від гаражів до інших об'єктів забудови. Просторовий розвиток, науковий збірник, випуск 13, 2025. ISSN 2786-7269. - С.438-450.

5. А.В. Шелудько, Л.А. Данилко, К.А. Таратинська, В.В. Куцевич. Пропозиції щодо сучасної класифікації легкових автомобілів в будівельних нормах України. Містобудування

та територіальне планування. Науково-технічний збірник, випуск 91, 2026. ISSN 2522-9206. - С.531-547.

6. Аналітичний звіт реєстрацій ТЗ за 2025 рік. – Київ. : ГСЦ МВС України, 2026. – 62 с.

7. Моніторинг ринку альтернативних палив за 2025 рік : звіт. – К. : Консалтингова група «А-95», 2026. – 38 с.

8. Ф.І. Абрамчук, А.П. Кузьменко, В.В. Кузьменко. Порівняльна оцінка екологічних показників двигуна при роботі на дизельному та газовому паливах . Автомобільний транспорт. Збірник наукових праць, випуск 36, 2015 – Харків : ХНАДУ. С. 14–21.

9. ДСТУ ISO 6976:2009. Гази горючі природні. Показники якості – [Чинний від 2011-01-01]. – Київ : Держстандарт України, 2010. – 68 с.

10. ДСТУ 7434:2013 Колісні транспортні засоби. Вимоги безпеки до конструкції та технічного стану колісних транспортних засобів, двигуни яких працюють на газовому моторному паливі, та методи контролю. – [Чинний від 2014-07-01]. – Київ : Держстандарт України, 2014. – 26 с.

11. ДСТУ 4047-2001 Гази вуглеводневі скраплені паливні для комунально-побутового споживання. Технічні умови. З Поправкою (ІПС № 3-2007) та Зміною (ІПС № 11-2013). – Київ : Держстандарт України, 2002. – 13 с

12. ВСН 01-89 Відомчі будівельні норми. Підприємства по обслуговуванню автомобілів. Мінавтотранс, 1990. 30 с.

13. НАПБ В.01.054-2015/510 Правила пожежної безпеки для підприємств і організацій автомобільного транспорту України. Офіційний вісник України від 03.04.2015 - 2015 р., № 24.

14. Правила ЄЕК ООН № 67 (СВГ). – Женева : Економічна комісія ООН, 2001. – 124 с.

15. Правила ЄЕК ООН № 110 (СПГ). – Женева : Економічна комісія ООН, 2000. – 156 с.

16. Fire Loss in the United States During 2024. – Quincy : National Fire Protection Association, 2025. – 54 p.

17. Muster-Verordnung über den Bau und Betrieb von Garagen (M-GarVO). – Berlin, Bauministerkonferenz, 2008. – 28 s.

18. PN-EN 50545-1:2012. Electrical apparatus for the detection and measurement of toxic and combustible gases in car parks and tunnels. Warsaw : PKN, 2012.

19. DETEKCJA GAZÓW W HALACH GARAŻOWYCH. Michał Domin . P.T.SIGNAL 2023. URL: https://detektory.pl/pliki/projektowanie-detektory-co-lpg-w-garazach-pnen50545.pdf (дата звернення 08.04.2026).

20. Arrêté du 31 janvier 1986 relatif à la protection contre l'incendie des bâtiments d'habitation. Journal Officiel de la République Française. 1986. 5 fév. P. 1901. (із змінами та доповненнями).

21. Code des assurances (France). Version consolidée au 1er janvier 2024. Légifrance : le service public de la diffusion du droit. URL: legifrance.gouv.fr (дата звернення: 22.05.2024).

22. Rozporządzenie Ministra Spraw Wewnętrznych i Administracji z dnia 7 czerwca 2010 r. w sprawie ochrony przeciwpożarowej budynków, innych obiektów budowlanych i terenów. Dz.U. 2010. Nr 109. poz. 719.

Sheludko Andrii, **Danylko Leonid**, **Taratynska Kateryna**,
LLC «SPA «Institution of Garage Construction»,
Doctor of Arch., Professor **Kutsevych Vadym**,
Kyiv national university of construction and architecture

STORAGE CHALLENGES FOR GAS-FUELED PASSENGER CARS IN GARAGES

The article provides a comprehensive analysis of the issues surrounding the storage of vehicles equipped with gas cylinder systems (LPG and CNG) in closed-type parking facilities in Ukraine. It investigates the discrepancy between the provisions of State Building Code (DBN) V.2.3-15:2007 "Transport Facilities. Parking Lots and Garages for Passenger Cars" and the actual state of the automotive market, where the share of gas-powered passenger cars reached 22.5% by the end of 2025. The factors influencing the sustained popularity of vehicles utilizing liquefied petroleum gas and compressed natural gas as fuel are analyzed. The safety measures for vehicles equipped with gas cylinder systems and the requirements for equipping premises suitable for storing such vehicles, both in Ukraine and European countries, are described. Based on the analysis of international experience in the standardization of parking construction for gas-powered passenger cars, effective technical and organizational measures have been identified that ensure a reliable level of safety for the operation and storage of vehicles with gas cylinder equipment. Proposals for amending the specialized DBN V.2.3-15:2007 have been formulated to ensure equal rights for owners of all vehicle types regarding their safe and comfortable storage.

Keywords: underground parking; closed garages; liquefied petroleum gas/compressed natural gas systems; liquefied petroleum gas; compressed natural gas; fire safety; DBN V.2.3-15:2007; emergency ventilation; gas detectors.

REFERENCES

1. DBN V.2.3-15:2007 Sporudy transportu. Avtostoianky i harazhi dlia lehkovykh avtomobiliv [Transport Facilities. Parking Lots and Garages for Passenger Cars]. Kyiv: SE "Ukrarkhbudinform", 2022. 53 p. (Updated edition with Amendments No. 1, No. 2, and No. 3). {in Ukrainian}

2. Sheludko, A.V., Tatarenko, V.M., Danylko, L.A., & Kutsevych, V.V. (2024). Pytannia proiektuvannia harazhiv dlia lehkovykh avtomobiliv riznoho klasu [Issues

of Designing Garages for Passenger Cars of Various Classes]. Prostorovyi rozvytok [Spatial Development], (10), 221-231. ISSN 2786-7269. {in Ukrainian}

3. Sheludko, A.V., Tatarenko, V.M., Danylko, L.A., & Kutsevych, V.V. (2025). Osoblyvosti orhanizatsii planuvalnykh rishen mashynomists iz zariadnymy prystroiamy dlia elektromobiliv [Features of Organizing Planning Solutions for Parking Spaces with Charging Stations for Electric Vehicles]. Prostorovyi rozvytok [Spatial Development], (11), 226-240. ISSN 2786-7269. {in Ukrainian}

4. Sheludko, A.V., Tatarenko, V.M., Danylko, L.A., & Kutsevych, V.V. (2025). Dyferentsiatsiia normatyvnykh vidstanei vid harazhiv do inshykh obiektiv zabudovy [Differentiation of Normative Distances from Garages to Other Development Objects]. Prostorovyi rozvytok [Spatial Development], (13), 438-450. ISSN 2786-7269. {in Ukrainian}

5. Sheludko, A.V., Danylko, L.A., Taratynska, K.A., & Kutsevych, V.V. (2026). Propozytsii shchodo suchasnoi klasyfikatsii lehkovykh avtomobiliv v budivelnykh normakh Ukrainy [Proposals for Modern Classification of Passenger Cars in Ukrainian Building Codes]. Mistobuduvannia ta terytorialne planuvannia [Town Planning and Territorial Planning], (91), 531-547. ISSN 2522-9206. {in Ukrainian}

6. Main Service Center of the MIA of Ukraine (2026). Analitychnyi zvit reiestratsii TZ za 2025 rik [Analytical Report on Vehicle Registrations for 2025]. Kyiv. 62 p. {in Ukrainian}

7. Consulting Group "A-95" (2026). Monitorynh rynku alternatyvnykh palyv za 2025 rik: zvit [Monitoring of the Alternative Fuel Market for 2025: Report]. Kyiv. 38 p. {in Ukrainian}

8. Abramchuk, F.I., Kuzmenko, A.P., & Kuzmenko, V.V. (2015). Porivnialna otsinka ekolohichnykh pokaznykiv dvyhuna pry roboti na dyzelnomu ta hazovomu palyvakh [Comparative Assessment of Engine Environmental Performance when Running on Diesel and Gas Fuels]. Avtomobilnyi transport [Automobile Transport], (36), 14–21. Kharkiv: KhNADU. {in Ukrainian}

9. DSTU ISO 6976:2009. Hazy horiuchi pryrodni. Pokaznyky yakosti [Natural Gas. Quality Indicators]. Kyiv: Derzhstandart Ukrainy, 2010. 68 p. {in Ukrainian}

10. DSTU 7434:2013. Kolisni transportni zasoby. Vymohy bezpeky do konstruktsii ta tekhnichnoho stanu kolisnykh transportnykh zasobiv, dvyhuny yakykh pratsiuiut na hazovomu motornomu palyvi, ta metody kontroliu [Wheeled Vehicles. Safety Requirements for Design and Technical Condition of Wheeled Vehicles with Gas-Powered Engines and Control Methods]. Kyiv: Derzhstandart Ukrainy, 2014. 26 p. {in Ukrainian}

11. DSTU 4047-2001. Hazy vuhlevodnevi skrapleni palyvni dlia komunalno-pobutovoho spozhyvannia. Tekhnichni umovy [Liquefied Hydrocarbon

Fuel Gases for Communal and Household Consumption. Specifications]. Kyiv: Derzhstandart Ukrainy, 2002. 13 p. {in Ukrainian}

12. VSN 01-89. Vidomchi budivelni normy. Pidpryiemstva po obsluhovuvanniu avtomobiliv [Departmental Building Codes. Enterprises for Car Maintenance]. Minavtotrans, 1990. 30 p. {in Russian}

13. NAPB V.01.054-2015/510. Pravyla pozhezhnoi bezpeky dlia pidpryiemstv i orhanizatsii avtomobilnoho transportu Ukrainy [Fire Safety Rules for Enterprises and Organizations of Automobile Transport of Ukraine]. Official Gazette of Ukraine, (24), 2015. {in Ukrainian}

14. UN ECE Regulation No. 67 (LPG). Geneva: United Nations Economic Commission for Europe, 2001. 124 p.

15. UN ECE Regulation No. 110 (CNG). Geneva: United Nations Economic Commission for Europe, 2000. 156 p.

16. Fire Loss in the United States During 2024. – Quincy : National Fire Protection Association, 2025. – 54 p.

17. Muster-Verordnung über den Bau und Betrieb von Garagen (M-GarVO). Berlin: Bauministerkonferenz, 2008. 28 p. {in German}

18. PN-EN 50545-1:2012. Electrical apparatus for the detection and measurement of toxic and combustible gases in car parks and tunnels. Warsaw: PKN, 2012.

19. Domin, M. (2023). Detekcja gazów w halach garażowych [Gas Detection in Garage Halls]. P.T.SIGNAL. URL: https://detektory.pl/pliki/projektowanie-detektory-co-lpg-w-garazach-pnen50545.pdf (Accessed: April 08, 2026). {in Polish}

20. Arrêté du 31 janvier 1986 relatif à la protection contre l'incendie des bâtiments d'habitation [Order of January 31, 1986 on Fire Protection of Residential Buildings]. Journal Officiel de la République Française, Feb 5, 1986, p. 1901. {in French}

21. Code des assurances (France). Version consolidée au 1er janvier 2024 [Insurance Code (France). Consolidated version as of Jan 1, 2024]. Légifrance. URL: legifrance.gouv.fr (Accessed: May 22, 2024). {in French}

22. Rozporządzenie Ministra Spraw Wewnętrznych i Administracji z dnia 7 czerwca 2010 r. w sprawie ochrony przeciwpożarowej budynków, innych obiektów budowlanych i terenów [Regulation of the Minister of Interior and Administration of June 7, 2010 on Fire Protection of Buildings, Other Construction Objects, and Areas]. Dz.U. 2010. Nr 109. poz. 719. {in Polish}

DOI: 10.32347/2076-815x.2026.93.639-652
УДК 658.5:69:005.591.6

Шепета М.О.,
mshep448@gmail.com, ORCID: 0009-0000-5545-8471,
Київський національний університет будівництва і архітектури

ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ФУНКЦІОНУВАННЯ БУДІВЕЛЬНИХ ПІДПРИЄМСТВ НА ОСНОВІ ОРГАНІЗАЦІЙНИХ ТА ІННОВАЦІЙНИХ ТРАНСФОРМАЦІЙ

Функціонування будівельних підприємств у сучасних умовах визначається необхідністю постійного вдосконалення систем управління, підвищення організаційної адаптивності та активного впровадження інноваційних технологій. Досягнення стійкої економічної результативності пов'язується з інтеграцією організаційних і цифрових трансформацій, що забезпечують оптимізацію бізнес-процесів, ефективніше використання ресурсного потенціалу та зміцнення конкурентних переваг. Важливого значення набуває формування адаптивних моделей управління, здатних оперативно реагувати на зміни зовнішнього середовища, технологічні виклики та потреби будівельного ринку. Узагальнено концептуальні положення структурної модернізації підприємств, визначено взаємозв'язок між організаційною трансформацією, цифровізацією та економічною ефективністю. Запропоновано інтегрований підхід до оцінювання результативності організаційно-інноваційного розвитку, що ґрунтується на використанні системи інтегральних індикаторів, коефіцієнта структурної адаптивності, показників цифрової трансформації та комплексної економіко-математичної моделі оцінювання ефекту реалізованих змін. Практична цінність запропонованого підходу полягає у можливості комплексного аналізу рівня організаційної зрілості, інтенсивності впровадження інноваційних технологій, ефективності використання ресурсів і готовності підприємства до подальшої модернізації. Поєднання організаційних механізмів управління з цифровими платформами, інформаційним моделюванням будівель, системами підтримки прийняття рішень та технологіями штучного інтелекту створює підґрунтя для забезпечення довгострокової економічної стійкості, підвищення продуктивності діяльності та формування сучасної моделі розвитку будівельних підприємств в умовах цифрової трансформації галузі.

Ключові слова: будівельні підприємства; організаційна трансформація; інноваційний розвиток; цифровізація управління; BIM-технології; ефективність функціонування; структурна адаптація; інтегральне оцінювання.

Постановка проблеми: Будівельна галузь належить до найбільш складних секторів економіки, діяльність яких характеризується високою ресурсоємністю, значною тривалістю виробничого циклу, багаторівневою взаємодією учасників інвестиційно-будівельного процесу та підвищеною чутливістю до змін зовнішнього середовища. Посилення конкуренції, цифровізація економіки, необхідність скорочення витрат, зростання вимог до якості будівельної продукції та швидкості реалізації проєктів зумовлюють потребу у перегляді традиційних підходів до управління будівельними підприємствами. Існуючі організаційні структури часто не забезпечують достатньої гнучкості, що ускладнює оперативне реагування на технологічні зміни, трансформацію ринку та впровадження сучасних інформаційних технологій. Водночас окреме впровадження цифрових рішень без комплексної організаційної модернізації не дозволяє повністю реалізувати потенціал інноваційних технологій.

Метою статті є розвиток теоретико-концептуальних та науково-методичних засад підвищення ефективності функціонування будівельних підприємств на основі інтегрованого поєднання організаційних і інноваційних трансформацій, формування адаптивних моделей управління та впровадження сучасних цифрових технологій. Особлива увага приділяється обґрунтуванню взаємозв'язку між структурною адаптацією підприємства, цифровою модернізацією системи управління, інтенсивністю впровадження інновацій та результативністю використання ресурсного потенціалу.

Аналіз останніх досліджень і публікацій: Сучасні наукові дослідження свідчать про стале зростання уваги до проблематики підвищення ефективності функціонування будівельних підприємств в умовах цифрової трансформації економіки та розвитку інноваційних моделей управління. Значна частина наукових праць присвячена формуванню сучасних бізнес-моделей, розвитку стратегічного управління, удосконаленню механізмів реалізації будівельних проєктів і підвищенню адаптивності підприємств до змін зовнішнього середовища. Важливе місце займають дослідження, присвячені використанню інформаційного моделювання будівель (BIM), цифрових платформ управління проєктами, ERP- та CRM-систем, технологій штучного інтелекту, великих даних і автоматизованих систем підтримки прийняття управлінських рішень.

Виклад основного матеріалу: Суттєвий вплив на результативність діяльності будівельних підприємств здійснюють інноваційні трансформації, які охоплюють впровадження BIM-технологій, цифрових платформ управління проєктами, систем автоматизованого контролю ресурсів, технологій штучного інтелекту, великих даних та хмарних сервісів [4]. Комплексне використання

зазначених інструментів дозволяє знизити рівень виробничих ризиків, скоротити часові втрати, підвищити точність планування та забезпечити більш ефективне використання матеріально-технічних і трудових ресурсів.

Для підтвердження взаємозалежності між організаційними змінами, інноваційною активністю та рівнем конкурентоспроможності доцільно проаналізувати динаміку відповідних інтегральних показників. Узагальнення результатів такого аналізу свідчить про наявність прямої позитивної кореляції між масштабом організаційних перетворень, рівнем впровадження інноваційних технологій та зростанням конкурентних позицій підприємства на ринку. Наочне відображення зазначеної тенденції наведено на рисунку 1 [5].

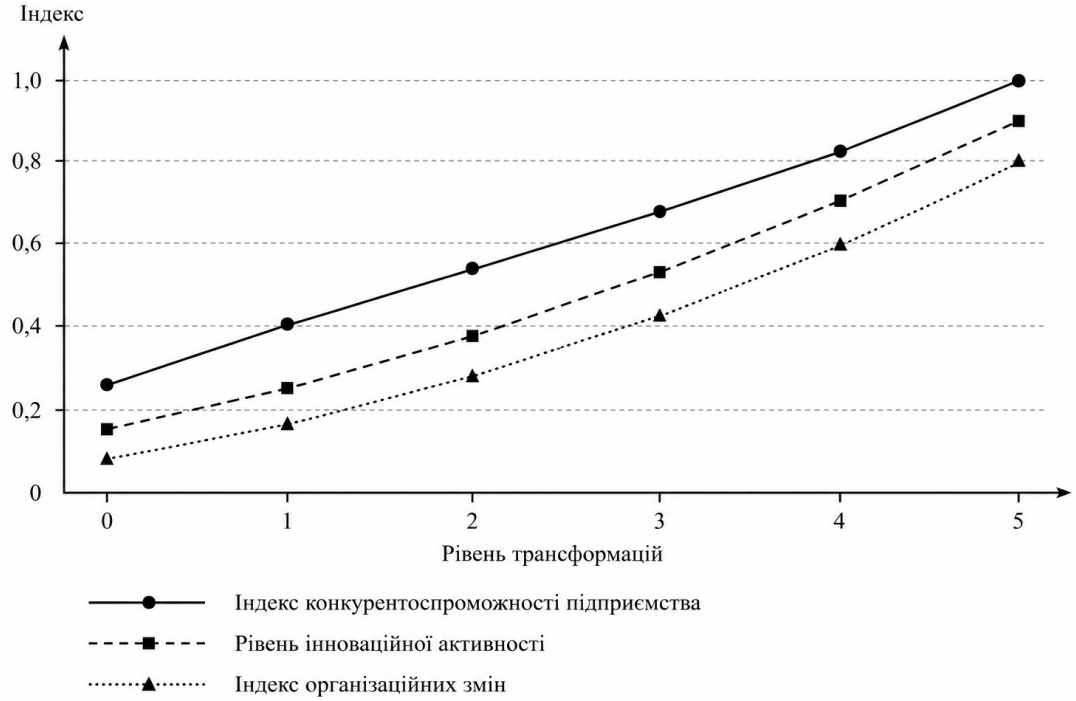


Рис. 1. Аналітичний графік впливу організаційних змін та інноваційних трансформацій на рівень конкурентоспроможності будівельного підприємства *(розроблено автором на основі [5])*

У контексті сучасної управлінської парадигми особливого значення набуває структурна адаптація підприємства, яка полягає у здатності організаційної системи своєчасно змінювати власну конфігурацію відповідно до технологічних, економічних та інституційних викликів [6].

Теоретичне обґрунтування взаємозв'язку між структурною адаптацією та результативністю функціонування дозволяє стверджувати, що оптимізація організаційної архітектури безпосередньо впливає на ефективність використання ресурсів, продуктивність виробничих процесів, рівень інноваційної спроможності та економічні результати діяльності підприємства.

Теоретико-концептуальні засади підвищення ефективності функціонування будівельних підприємств доцільно формувати на основі інтегрованого поєднання організаційних та інноваційних трансформацій.

Продовженням розвитку теоретичних положень щодо підвищення ефективності функціонування будівельних підприємств є дослідження впливу організаційної трансформації на адаптивність системи управління та кінцеві результати господарської діяльності [7].

Організаційна трансформація охоплює широкий комплекс взаємопов'язаних заходів, серед яких особливе місце посідають модернізація організаційної структури, реінжиніринг бізнес-процесів, цифровізація управлінської діяльності та оптимізація системи розподілу функціональних повноважень. Комплексна реалізація зазначених напрямів створює умови для скорочення управлінських витрат, підвищення швидкості прийняття рішень, покращення координації між структурними підрозділами та більш ефективного використання ресурсного потенціалу будівельного підприємства.

У науковій літературі дедалі частіше наголошується, що ефективність організаційної трансформації визначається не окремими локальними змінами, а синергетичною взаємодією всіх складових системи управління. На рисунку 2 наведено узагальнену схему організаційної трансформації системи управління будівельного підприємства в умовах цифровізації та нестабільного зовнішнього середовища. Модель демонструє, що процес трансформації розпочинається з аналізу факторів зовнішнього та внутрішнього середовища, після чого здійснюється перегляд організаційної структури, модернізація управлінських процесів і впровадження цифрових інструментів координації діяльності.

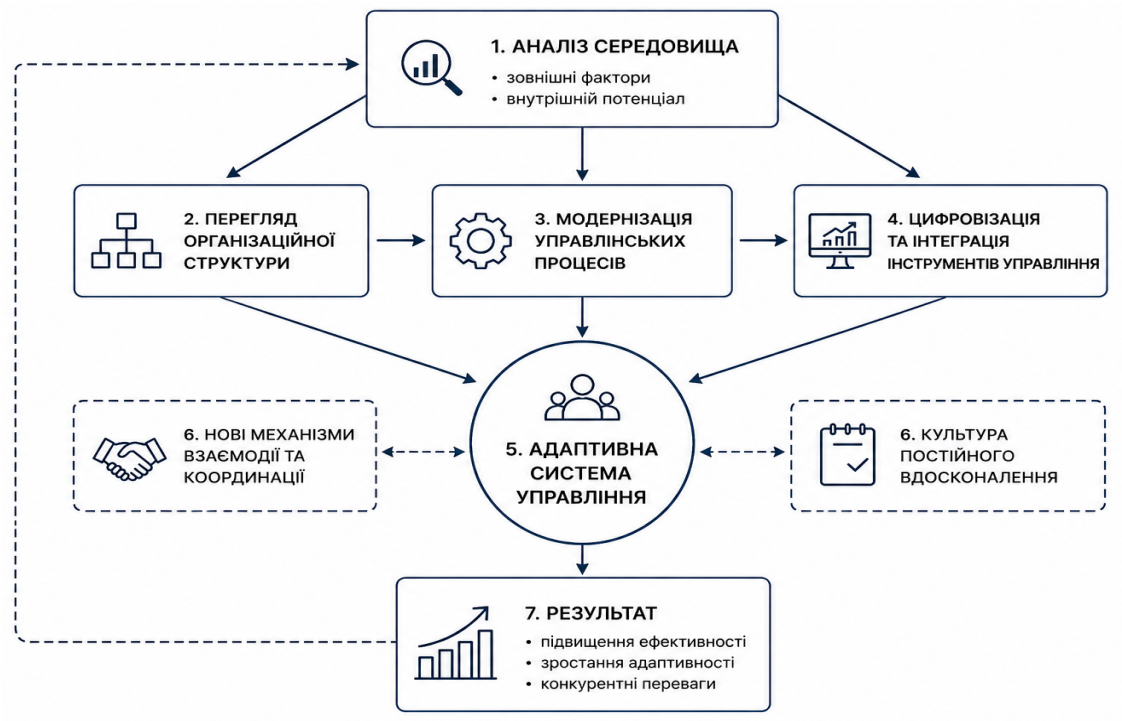


Рис. 2. Концептуальна модель організаційної трансформації системи управління будівельного підприємства *(розроблено автором на основі [7])*

Одним із ключових напрямів організаційної модернізації виступає оптимізація бізнес-процесів. Її реалізація передбачає усунення дублювання функцій, автоматизацію документообігу, скорочення непродуктивних операцій та інтеграцію сучасних інформаційних систем у єдиний управлінський простір. Водночас модернізація процесної архітектури супроводжується перерозподілом управлінських функцій між структурними підрозділами, що дозволяє знизити рівень централізації та підвищити оперативність прийняття управлінських рішень [8].

Для узагальнення основних напрямів організаційної трансформації та оцінювання їх впливу на діяльність будівельного підприємства доцільно систематизувати відповідні положення у таблиці 1.

Таблиця 1.

Основні напрями організаційної трансформації та їх вплив на ефективність функціонування будівельного підприємства

(розроблено автором на основі [8])

Напрям трансформації	**Основний зміст**	**Очікуваний результат**
Модернізація організаційної структури	Скорочення рівнів управління та формування гнучких проєктних команд	Підвищення швидкості управлінських рішень
Оптимізація бізнес-процесів	Реінжиніринг операцій та усунення дублювання функцій	Зменшення операційних витрат
Цифровізація системи управління	Впровадження BIM, ERP, CRM та електронного документообігу	Підвищення інформаційної прозорості
Перерозподіл функціональних повноважень	Делегування відповідальності та розвиток горизонтальної взаємодії	Зростання адаптивності організації
Формування адаптивної моделі управління	Інтеграція процесного підходу та цифрових платформ	Посилення конкурентоспроможності підприємства

Особливу увагу слід приділити формуванню адаптивних моделей управління, які базуються на принципах гнучкості, відкритості інформаційних потоків та оперативного перерозподілу ресурсів залежно від зміни умов реалізації будівельних проєктів [9].

В умовах прискорення цифровізації економіки саме технологічні інновації забезпечують формування нових конкурентних переваг, підвищення продуктивності використання ресурсів та створення умов для прийняття більш обґрунтованих управлінських рішень. Для будівельної галузі це має особливе значення, оскільки специфіка реалізації інвестиційно-будівельних проєктів характеризується значною кількістю взаємопов'язаних процесів, високим

рівнем ризиків та необхідністю оперативної координації великої кількості учасників.

У сучасній практиці ключовими напрямами цифрової трансформації виступають використання BIM-моделювання, впровадження ERP- та CRM-систем, застосування технологій штучного інтелекту, хмарних платформ управління проєктами, аналітики великих даних (Big Data), машинного навчання та автоматизованих систем підтримки прийняття рішень [10, 11].

З огляду на це взаємозв'язок між модернізацією організаційної структури, оптимізацією бізнес-процесів та результативністю діяльності доцільно розглядати як єдину інтегровану систему, окремі елементи якої взаємно підсилюють один одного. Структурно-логічне представлення такого взаємозв'язку наведено на рисунку 3.

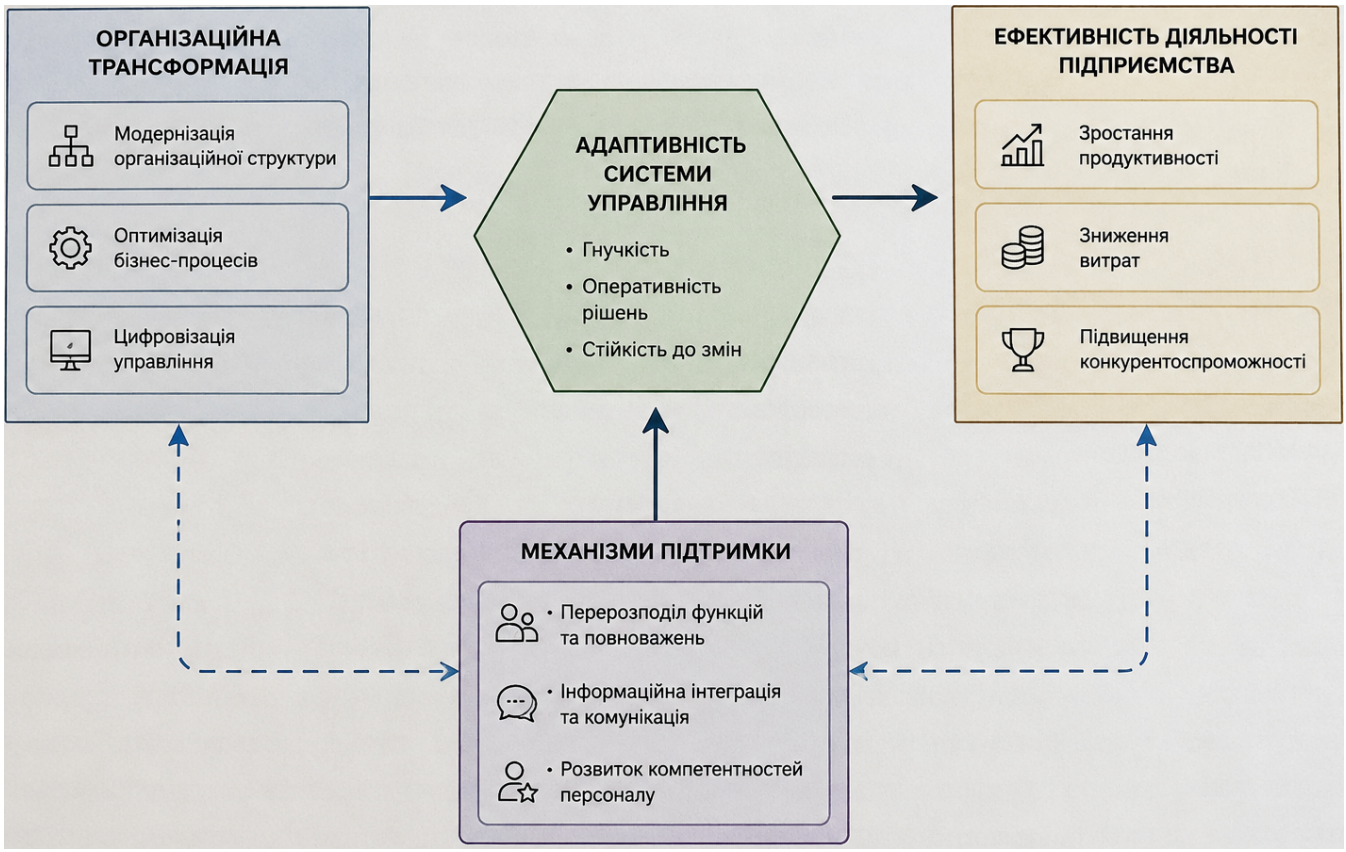


Рис. 3. Взаємозв'язок організаційної трансформації, адаптивності системи управління та ефективності діяльності будівельного підприємства
(розроблено автором на основі [9])

Їх інтеграція забезпечує створення єдиного інформаційного простору підприємства, у межах якого всі виробничі, фінансові та управлінські процеси функціонують як взаємопов'язана цифрова екосистема.

Особливе місце серед сучасних технологій займає інформаційне моделювання будівель (BIM), яке забезпечує інтеграцію проектних,

технологічних, економічних та експлуатаційних даних у єдину цифрову модель об'єкта. Використання BIM дозволяє мінімізувати помилки проектування, скоротити кількість колізій між окремими розділами проєктної документації, оптимізувати календарне планування та підвищити якість контролю за використанням матеріально-технічних ресурсів.

Зростання ролі цифрових технологій потребує також удосконалення методичного апарату оцінювання їх впливу на ефективність діяльності підприємства. Одним із можливих підходів є визначення інтегрального коефіцієнта цифрової трансформації:

$$K_{DT} = \sum_{i=1}^{n} w_i \times I_i, \quad (1)$$

де K_{DT} – інтегральний коефіцієнт цифрової трансформації підприємства; w_i – ваговий коефіцієнт і-го напряму цифровізації; I_i – нормоване значення відповідного показника; (n) – кількість оцінюваних компонентів.

Запропонований показник дозволяє комплексно враховувати рівень впровадження інформаційних технологій у різних сферах діяльності підприємства та визначати ступінь його цифрової зрілості.

Разом із цим доцільним є оцінювання економічного ефекту від використання інноваційних технологій шляхом визначення коефіцієнта приросту продуктивності управління:

$$K_{EP} = \frac{P_1 - P_0}{P_0} \times 100\%, \quad (2)$$

де P_1 – продуктивність після впровадження інноваційних технологій; P_0 – базовий рівень продуктивності до цифрової трансформації.

Наведений показник характеризує відносне зростання результативності управлінської діяльності та дозволяє оцінити ефективність реалізованих цифрових рішень.

Водночас інтегральний вплив цифрових технологій на ефективність функціонування будівельного підприємства може бути визначений за допомогою комплексної моделі:

$$E_{IT} = \alpha B + \beta A + \gamma C + \delta D, \quad (3)$$

де: E_{IT} – інтегральний ефект від впровадження інноваційних технологій; B – рівень використання BIM-моделювання; A – рівень автоматизації бізнес-процесів; C – ефективність використання хмарних платформ; D – рівень застосування систем аналітики даних та штучного інтелекту; α,β,γ,δ – вагові коефіцієнти впливу відповідних факторів.

Використання зазначених моделей дозволяє кількісно оцінити внесок окремих інноваційних компонентів у формування загальної ефективності діяльності підприємства та створює підґрунтя для прийняття стратегічних управлінських рішень.

Для узагальнення взаємозв'язку між основними цифровими інструментами доцільно представити відповідну концептуальну модель, представлену на рис. 4.

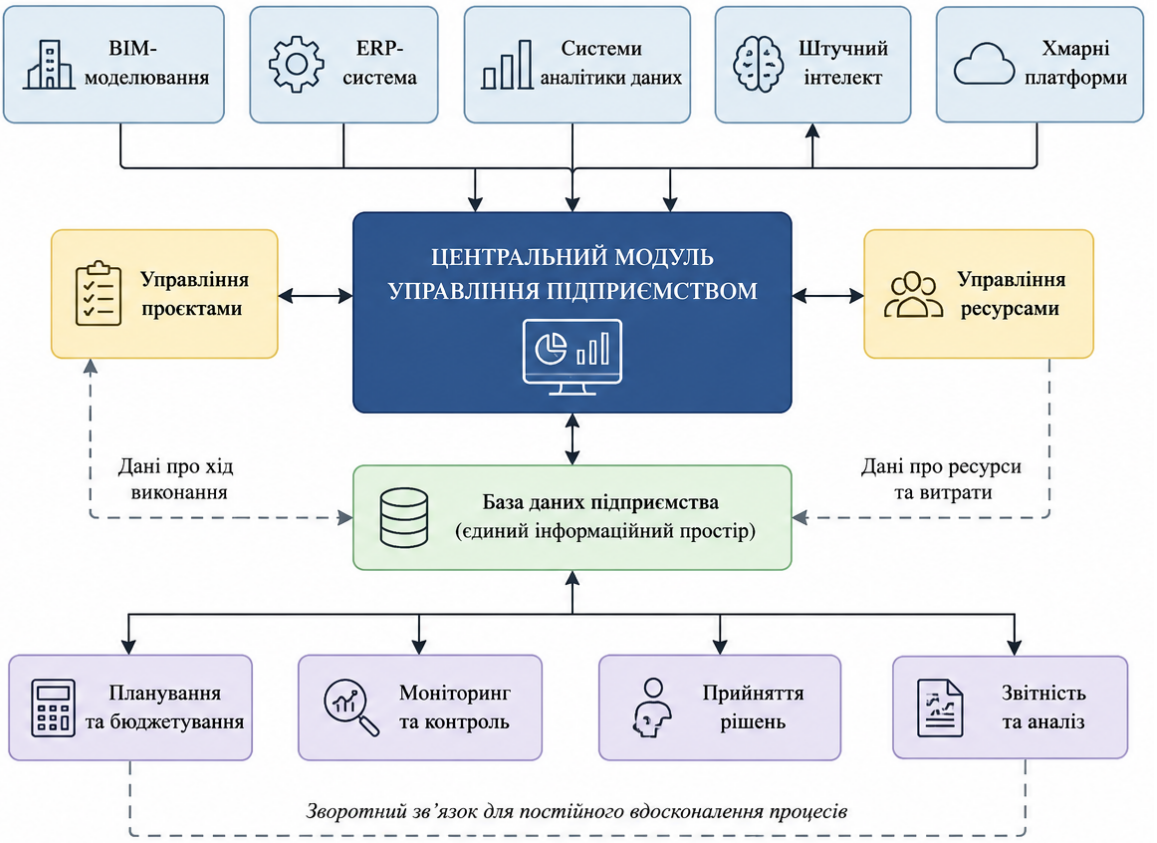


Рис. 4. Архітектура інтеграції інноваційних технологій у систему управління будівельним підприємством *(розроблено автором на основі [11])*

Ефективність впровадження сучасних цифрових технологій проявляється не лише у підвищенні якості інформаційного забезпечення, а й у покращенні основних виробничо-економічних показників діяльності підприємства [12]. Практичний досвід цифрової трансформації свідчить про стійку тенденцію до зростання продуктивності праці, скорочення тривалості реалізації проєктів та зменшення непродуктивних витрат після інтеграції сучасних інформаційних систем.

Динаміку зміни інтегрального індексу ефективності функціонування будівельного підприємства до та після впровадження цифрових технологій доцільно відобразити на рисунку 5.

У ході трансформації будівельної галузі ефективність організаційно-інноваційних змін доцільно розглядати як багатокомпонентну характеристику, що формується під впливом рівня структурної адаптивності підприємства, ступеня цифрової зрілості, інтенсивності впровадження інноваційних технологій, продуктивності використання ресурсів та економічної результативності реалізації управлінських рішень. Врахування зазначених складових дозволяє сформувати більш об'єктивну систему оцінювання, яка відображає реальний стан розвитку підприємства та його потенціал до подальшого вдосконалення.

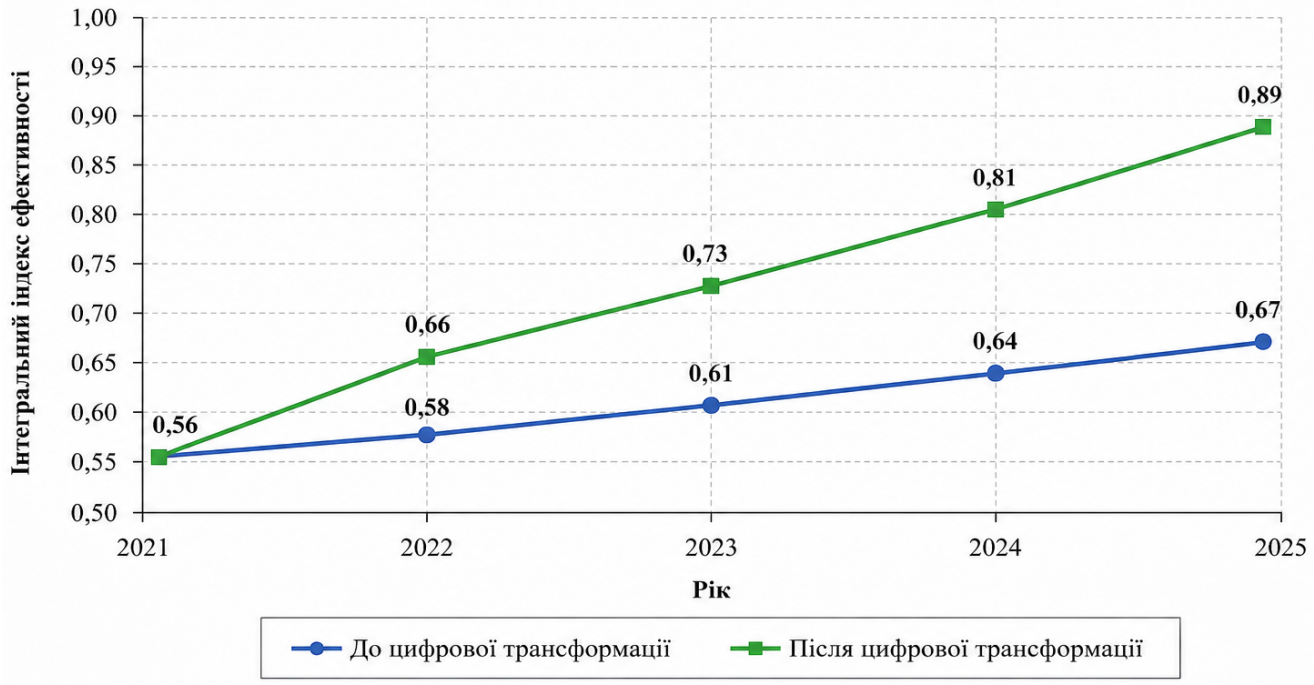


Рис. 5. Динаміка інтегрального індексу ефективності функціонування будівельного підприємства до та після цифрової трансформації
(розроблено автором на основі [12])

З цією метою пропонується використовувати інтегральний індекс організаційно-інноваційного розвитку, який агрегує ключові показники діяльності підприємства:

$$I_{OI} = \sum_{i=1}^{n} w_i \times P_i, \quad (4)$$

де I_{OI} – інтегральний індекс організаційно-інноваційного розвитку; w_i – ваговий коефіцієнт і-го показника; P_i – нормоване значення відповідного індикатора; n – кількість показників, що враховуються у моделі.

Запропонований показник забезпечує можливість комплексної оцінки рівня організаційної та технологічної трансформації незалежно від розміру підприємства та специфіки його діяльності.

Водночас для визначення ступеня адаптивності системи управління доцільно використовувати спеціалізований коефіцієнт структурної адаптації:

$$K_{SA} = \frac{F_d + F_i + F_c}{3}, \quad (5)$$

де K_{SA} – коефіцієнт структурної адаптивності; F_d – індекс цифровізації управління; F_i – індекс інноваційної активності; F_c – індекс організаційної гнучкості.

На відміну від традиційних показників ефективності, наведена модель дозволяє враховувати не лише економічні результати діяльності, а й рівень готовності підприємства до структурних змін та цифрової модернізації.

Для інтегральної оцінки кінцевого ефекту від впровадження організаційних та інноваційних трансформацій пропонується використовувати наступну економіко-математичну модель:

$$E_{TR} = K_{SA} \times I_{OI} \times K_P, \quad (6)$$

де E_{TR} – інтегральний ефект трансформації; K_{SA} – коефіцієнт структурної адаптивності; I_{OI} – інтегральний індекс організаційно-інноваційного розвитку; K_P – коефіцієнт продуктивності використання ресурсного потенціалу підприємства.

Використання наведеної моделі дозволяє кількісно оцінювати ефективність реалізованих трансформаційних заходів та визначати напрями подальшого вдосконалення системи управління.

Висновок

У результаті взаємодії зазначених елементів формується інтегрована організаційно-інноваційна модель розвитку, що дозволяє забезпечити стале підвищення продуктивності праці, оптимізацію використання ресурсів, скорочення операційних витрат, покращення координації між структурними підрозділами та зростання рівня конкурентоспроможності підприємства. Запропонований підхід відрізняється комплексністю, оскільки поєднує інструменти стратегічного управління, цифрової трансформації та організаційної адаптації в єдину методологічну конструкцію, яка може бути використана як основа для практичної модернізації діяльності сучасних будівельних підприємств.

Удосконалення методичних підходів до оцінювання ефективності організаційних та інноваційних трансформацій у поєднанні з формуванням інтегрованої моделі організаційно-інноваційного розвитку створює науково-методичне підґрунтя для комплексного управління процесами модернізації

будівельних підприємств та забезпечує досягнення їх довгострокової економічної стійкості в умовах цифрової трансформації галузі.

Література

1. Teece D.J. Business Models, Business Strategy and Innovation // Long Range Planning. 2010. Vol. 43, No. 2–3. P. 172–194. DOI: 10.1016/j.lrp.2009.07.003. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://doi.org/10.1016/j.lrp.2009.07.003

2. Osterwalder A., Pigneur Y. *Business Model Generation: A Handbook for Visionaries, Game Changers, and Challengers*. Hoboken, NJ: John Wiley & Sons, 2010. 288 p. ISBN 978-0-470-87641-1. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://www.wiley.com/en-us/Business+Model+Generation-p-9780470876411

3. Project Management Institute. A Guide to the Project Management Body of Knowledge (PMBOK® Guide). 7th Edition. Newtown Square, PA: Project Management Institute, 2021. 370 p. ISBN 978-1-62825-664-2. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://www.pmi.org/pmbok-guide-standards/foundational/pmbok

4. Jalghaf H.K., Kovács E., Bolló B. Comparison of Old and New Stable Explicit Methods for Heat Conduction, Convection, and Radiation in an Insulated Wall with Thermal Bridging // *Buildings*. 2022. Vol. 12, No. 9. Article 1365. DOI: 10.3390/buildings12091365. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://doi.org/10.3390/buildings12091365

5. Saka A.B., Chan D.W. M., Siu F.M. F. Drivers of Sustainable Adoption of Building Information Modelling (BIM) in the Nigerian Construction Small and Medium-Sized Enterprises (SMEs) // *Sustainability*. 2020. Vol. 12, No. 9. Article 3710. DOI: 10.3390/su12093710. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://doi.org/10.3390/su12093710

6. Sophie Stephenson. *PA Business Growth Conference 2026: What Agencies Need to Do to Thrive and Prosper in the Long-Term*. Institute of Practitioners in Advertising (IPA). 8 July 2026. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://events.ipa.co.uk/events/ipa-business-growth-conference-2026/?uid=77e533f6-9dc0-f011-bbd2-7ced8d6c55b8

7. Teece D.J., Peteraf M., Leih S. Dynamic Capabilities and Organizational Agility: Risk, Uncertainty, and Strategy in the Innovation Economy // California Management Review. 2016. Vol. 58. No. 4. P. 13–35. DOI: 10.1525/cmr.2016.58.4.13. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://doi.org/10.1525/cmr.2016.58.4.13

8. Hammer M., Champy J. *Reengineering the Corporation: A Manifesto for Business Revolution*. Revised and Updated Edition. New York: Harper Business, 2006. 272 p. ISBN 978-0-06-055953-3. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://archive.org/details/reengineeringcor00hamm

9. Appelbaum S.H., Calla R., Desautels D., Hasan L. The Challenges of Organizational Agility (Part 1) // *Industrial and Commercial Training*. 2017. Vol. 49, No. 1. P. 6–14. DOI: 10.1108/ICT-05-2016-0027. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://doi.org/10.1108/ICT-05-2016-0027

10. El-Din M.N., Pereira P.F., Martins J.P., Ramos N.M.M. Digital Twins for Construction Assets Using BIM Standard Specifications // *Buildings*. 2022. Vol. 12, No. 12. Article 2155. DOI: 10.3390/buildings12122155. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://doi.org/10.3390/buildings12122155

11. Алексєєнко В.О., Литарев О.Г., Чуприна Ю.А. Формування організаційно-технологічних рішень зведення багатоповерхових будівель девелоперських компаній з урахуванням оцінки оперативної системи за методом АВС у контексті науково-освітнього процесу // Актуальні проблеми освітнього процесу в контексті європейського вибору України: матеріали VIII Міжнародної науково-практичної конференції, 12 листопада 2025 р. Київ: Ліра-К, 2026. С. 555–556. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://repositary.knuba.edu.ua/handle/123456789/18470

12. Oesterreich T.D., Teuteberg F. Understanding the Implications of Digitisation and Automation in the Context of Industry 4.0: A Triangulation Approach and Elements of a Research Agenda for the Construction Industry // *Computers in Industry*. 2016. Vol. 83. P. 121–139. DOI: 10.1016/j.compind.2016.09.006. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://doi.org/10.1016/j.compind.2016.09.006

13. Sychov O., Fesun A., Ryzhakova H., Chupryna Y., Rubtsova S. et al. Investment Support for Digital Construction in the Context of Post-War Reconstruction in Ukraine // Financial and Credit Activity: Problems of Theory and Practice. 2025. Vol. 5, Iss. 64. P. 384–396. DOI: https://doi.org/10.55643/fcaptp.5.64.2025.4867

Shepeta Maksym,
Kyiv National University of Construction and Architecture, Kyiv

IMPROVING THE OPERATIONAL EFFICIENCY OF CONSTRUCTION ENTERPRISES THROUGH ORGANIZATIONAL AND INNOVATIVE TRANSFORMATIONS

The operation of construction enterprises under current conditions is characterized by the need for continuous improvement of management systems, enhancement of organizational adaptability, and active implementation of innovative technologies. Achieving sustainable economic performance is associated with the integration of organizational and digital transformations that facilitate business process optimization, more efficient utilization of resource potential, and the strengthening of competitive advantages. Particular importance is attached to the development of adaptive management models capable of responding promptly to changes in the external environment, technological challenges, and the evolving demands of the construction market. The conceptual foundations of structural modernization are generalized, highlighting the relationship between organizational

transformation, digitalization, and economic performance. An integrated approach to assessing the effectiveness of organizational and innovative development is proposed, based on a system of integral indicators, the structural adaptability coefficient, digital transformation metrics, and a comprehensive economic and mathematical model for evaluating the outcomes of implemented transformations. The practical significance of the proposed approach lies in its ability to provide a comprehensive assessment of organizational maturity, the intensity of innovative technology implementation, the efficiency of resource utilization, and the enterprise's readiness for further modernization. The integration of organizational management mechanisms with digital platforms, Building Information Modeling (BIM), decision support systems, and artificial intelligence technologies creates a foundation for ensuring long-term economic sustainability, improving operational productivity, and establishing a modern development model for construction enterprises under the conditions of the digital transformation of the construction industry.

Keywords: construction enterprises; organizational transformation; innovative development; management digitalization; Building Information Modeling (BIM); operational efficiency; structural adaptability; integrated assessment.

REFERENCES

1. Pastukhova, S., Arutiunian, I., & Azhazha, M. (2025). Improvement of organizational and technological solutions considering energy efficiency principles and sustainable development in civil construction. *Ways to Improve Construction Efficiency*, 2(55), 189–198. https://doi.org/10.32347/2707-501x.2025.55(2).189-198 {in English}

2. Herasiuta, K.A. (2025). *Improvement of the Development and Implementation of Managerial Decisions at an Enterprise*. Bachelor's Qualification Thesis in Specialty 073 "Management". Dnipro State Agrarian and Economic University, Dnipro, Ukraine. 72 p. Available at: https://dspace.dsau.dp.ua/handle/123456789/12814 {in Ukrainian}

3. Prykhodko, O.D. (2025). *Innovative Development of an Organization under the Conditions of Ukraine's Post-War Reconstruction*. Qualification Thesis in Specialty 073 "Management". West Ukrainian National University, Ternopil, Ukraine. 46 p. Available at: https://api.dspace.wunu.edu.ua/api/core/bitstreams/7d6b5882-7596-40cb-bf86-c6836827acc4/content {in Ukrainian}

4. Halushko, D. (2025). Conceptual formation of a system-integrated organizational and technological model of energy-efficient construction. *Ways to Improve Construction Efficiency*, 1(56), 123–131. https://doi.org/10.32347/2707-501x.2025.56(1).123-131 {in English}

5. Tsapura, R.V. (2025). *Accounting, Control and Analysis of the Production Process (Goods, Works and Services)*. Qualification Thesis in Specialty 071 "Accounting and Taxation". West Ukrainian National University, Vinnytsia Educational and Scientific Institute of Economics, Vinnytsia, Ukraine. 47 p. Available at: https://api.dspace.wunu.edu.ua/api/core/bitstreams/7463a80f-c4e8-4380-952f-e39fc74f25da/content {in Ukrainian}

6. Kasianenko, V.O. (2013). *Innovative Potential of the Economy of Ukraine: Theory and Practice of Formation, Assessment and Utilization*. Sumy: Sumy State University Publishing House. 602 p. Available at: http://essuir.sumdu.edu.ua/handle/123456789/31082 {in Ukrainian}

7. Herliand, T.M., Homeniuk, D.V., Drozich, I.A., Kalenskyi, A.A., Pashchenko, T.M., & Piatnychuk, T.V. (2025). *Development of Energy Efficiency Competence of Future Skilled Workers in the Construction Industry*. Methodological Guide. Kyiv: Institute of Vocational Education of the National Academy of Educational Sciences of Ukraine. 176 p. Available at: https://lib.iitta.gov.ua/id/eprint/747399/1/%D0%9C%D0%B5%D1%82%D0%BE%D0%B4%D0%B8%D1%87%D0%BD%D0%B8%D0%B9%20%D0%BF%D0%BE%D1%81%D1%96%D0%B1%D0%BD%D0%B8%D0%BA_.pdf {in Ukrainian}

8. Klymenko, Ye.V. (2024). *Analysis and Assessment of the Financial Condition and Prospects for Economic Development of an Enterprise*. Bachelor's Qualification Thesis in Specialty 072 "Finance, Banking and Insurance". Sumy State University, Sumy, Ukraine. 66 p. Available at: https://essuir.sumdu.edu.ua/handle/123456789/95882 {in Ukrainian}

9. Melnyk, O.H., & Lohvynenko, Yu.L. (2007). Indicators for Assessing the Efficiency of Foreign Economic Activity of an Enterprise. *Bulletin of Lviv Polytechnic National University. Series: Management and Entrepreneurship in Ukraine: Stages of Formation and Problems of Development*, 599, 124–130. Available at: https://ena.lpnu.ua/handle/ntb/35536 {in Ukrainian}

10. PJSC *Kyivmiskbud Holding Company*. Official website. Available at: https://kmb.ua/ua/ {in Ukrainian}

11. Chupryna, Yu.A. (2026). Methodology of Cognitive-Integrated Management of Organizational and Technological Complexity of Construction Systems. *Urban Planning and Territorial Planning*, 91, 518–530. https://doi.org/10.32347/2076-815x.2026.91.518-530 {in Ukrainian}

12. Aleksieienko, V.O., & Chupryna, Yu.A. (2026). Development of an Integrated Concept of Digital Reengineering of Organizational Management Structures of Construction Enterprises. *Formation of Market Relations in Ukraine*, 4(299), 64–76. https://doi.org/10.66416/2522-1620.4.2026.64-76 {in Ukrainian}

DOI: 10.32347/2076-815x.2026.93.653-665
УДК 528.9:711.4
к.т.н., доцент **Гряник В.О.,**
gryanyk.volodymyr@pdaba.edu.ua, ORCID ID: 0000-0001-8430-8392,
Ткаченко Л.В.,
l.v.tkachenko@ust.edu.ua, ORCID 0009-0009-3376-5599,
Лапшик М.П.,
m.p.lapshyk@ust.edu.ua, ORCID ID:0009-0005-4052-8517,
Український державний університет науки і технологій, м. Дніпро

ГЕОІНФОРМАЦІЙНЕ МОДЕЛЮВАННЯ РОЗВИТКУ УРБАНІЗОВАНИХ ТЕРИТОРІЙ ЗА УМОВ ЗМІНЮВАНИХ СОЦІАЛЬНО-ЕКОНОМІЧНИХ ФАКТОРІВ

Розглянуто теоретико-методичні засади геоінформаційного моделювання розвитку урбанізованих територій в умовах динамічних змін соціально-економічного середовища. Обґрунтовано, що традиційні підходи до містобудівного прогнозування, орієнтовані на стабільні тренди, не забезпечують адекватного відображення просторових трансформацій міст під впливом кризових явищ, структурних зрушень в економіці та демографічних коливань. Запропоновано класифікацію соціально-економічних факторів розвитку урбанізованих територій за характером просторового впливу з виокремленням кризових (шокових) факторів як самостійної групи. Розроблено методичний підхід до геоінформаційного моделювання, що ґрунтується на поєднанні багатокритеріального просторового аналізу, інтегрального оцінювання потенціалу розвитку територіальних одиниць та сценарного прогнозування з використанням апарату клітинних автоматів. Обґрунтовано, що застосування запропонованого підходу дає змогу формалізувати вплив змінюваних соціально-економічних факторів на просторовий розвиток міст, порівнювати альтернативні сценарії забудови та підвищувати обґрунтованість рішень під час розроблення комплексних планів просторового розвитку територій і генеральних планів населених пунктів.

Ключові слова: геоінформаційні системи; геоінформаційне моделювання; урбанізовані території; просторовий розвиток; соціально-економічні фактори; сценарне моделювання; містобудівний моніторинг; клітинні автомати.

Постановка проблеми.

Розвиток урбанізованих територій є результатом складної взаємодії природних, інженерно-технічних, соціальних та економічних процесів, що

розгортаються у просторі й часі. В умовах відносної стабільності соціально-економічного середовища закономірності такого розвитку можуть бути описані екстраполяційними моделями, які покладено в основу традиційної практики містобудівного проєктування. Проте сучасний етап розвитку українських міст характеризується високою динамічністю та невизначеністю визначальних факторів впливу: структурними зрушеннями в економіці, суттєвими коливаннями інвестиційної активності, масштабними міграційними процесами, руйнуванням частини забудови та інфраструктури внаслідок збройної агресії, а також появою нових функціональних потреб, пов'язаних із відновленням і релокацією виробництв.

За таких умов методи прогнозування, що спираються на припущення про незмінність трендів, втрачають адекватність, а містобудівна документація, розроблена на їх основі, швидко застаріває. Виникає потреба у переході до динамічних моделей просторового розвитку, здатних оперативно враховувати зміни соціально-економічних параметрів та відтворювати їхні просторові наслідки. Технологічною основою такого переходу є геоінформаційні системи (ГІС), які забезпечують інтеграцію різнорідних просторових і атрибутивних даних, їх аналітичне оброблення та візуалізацію результатів моделювання. Водночас методичні аспекти застосування ГІС для моделювання розвитку урбанізованих територій саме за умов змінюваних соціально-економічних факторів залишаються недостатньо розробленими, що й зумовлює актуальність дослідження.

Мета статті полягає в обґрунтуванні методичного підходу до геоінформаційного моделювання розвитку урбанізованих територій, який забезпечує врахування змінюваних соціально-економічних факторів шляхом поєднання багатокритеріального просторового аналізу, інтегрального оцінювання потенціалу територій та сценарного прогнозування просторових трансформацій.

Аналіз останніх досліджень і публікацій.

Теоретичні основи геоінформаційного аналізу та моделювання висвітлено у фундаментальних працях P. Longley, M. Goodchild, D. Maguire, D. Rhind [16], де систематизовано методи просторового аналізу, геостатистики та підтримки прийняття рішень. Концептуальні засади кількісного моделювання міських систем закладено у роботах M. Batty [12], який розглядає місто як складну систему, що самоорганізується, та обґрунтовує застосування мереж, потоків і клітинних автоматів для відтворення міської динаміки. Класичною основою динамічного просторового моделювання є принцип просторової залежності, сформульований W. Tobler [11]. Серед прикладних моделей просторового розвитку найбільшого поширення набули модель SLEUTH на основі клітинних

автоматів, що самомодифікуються (K. Clarke та ін. [13]), та модель CLUE-S для моделювання динаміки землекористування (P. Verburg та ін. [14]).

У вітчизняній науці принципи побудови та застосування ГІС у завданнях управління територіями системно викладено у працях В. Д. Шипуліна [10]. Економіко-географічні аспекти оцінювання територій населених пунктів, зокрема із застосуванням геоінформаційних технологій, досліджено Ю. М. Палехою [4].

Разом з тим аналіз наукових джерел свідчить, що більшість наявних моделей просторового розвитку орієнтована на умови еволюційних, поступових змін соціально-економічного середовища: їхні параметри калібруються за ретроспективними даними і вважаються незмінними на прогнозному горизонті. Питання формалізації впливу швидкозмінних та шокових факторів на просторовий розвиток міст, адаптації відомих модельних конструкцій до умов високої невизначеності, а також інтеграції сценарного підходу в геоінформаційне моделювання урбанізованих територій потребують подальшого опрацювання. Особливої актуальності ці питання набувають у контексті завдань повоєнного відновлення населених пунктів України, де просторові рішення ухвалюються за принципово нових соціально-економічних умов, для яких відсутні релевантні ретроспективні аналоги.

Основна частина.

Під геоінформаційним моделюванням розвитку урбанізованих територій розуміємо процес створення та дослідження формалізованих просторово-часових моделей міських систем засобами ГІС з метою відтворення закономірностей їх трансформації, оцінювання станів та прогнозування напрямів подальшого розвитку. На відміну від традиційного картографічного відображення, геоінформаційна модель є динамічною: вона поєднує геометричну (просторову) складову – межі територіальних одиниць, елементи забудови, транспортні та інженерні мережі, планувальні обмеження – з атрибутивною складовою, що містить кількісні характеристики соціально-економічних процесів, прив'язані до відповідних просторових об'єктів і моментів часу.

Структурно геоінформаційне моделювання розвитку територій охоплює чотири взаємопов'язані рівні: інформаційний (формування бази геопросторових даних та часових рядів соціально-економічних показників), аналітичний (просторовий аналіз, виявлення закономірностей та оцінювання станів територій), прогнозний (побудова моделей динаміки та сценаріїв розвитку) і презентаційний (візуалізація результатів у формі тематичних карт, картограм, тривимірних моделей для підтримки прийняття містобудівних рішень).

Досить детально понятєво-термінологічний апарат щодо геоінформаційного моделювання розвинув в своєму дослідженні Серьогін Д. С., зокрема, науковець розглядає поняття урбогеосистеми як тематичний клас соціогеосистем та провів комплексне дослідження урбогеосистем через тривимірне моделювання міського середовища різнорангових міст [9].

Цікавими та унікальними є наукові напрацювання Кінь Д.О, Лазоренко-Гевель Н.Ю., Шудра Н.С., які дослідили зміни території міста Харкова за ретроспективними картографічними даними у період 1786 – 2012 рр. у геоінформаційному середовищі QGIS. Це стало можливим завдяки використанню геопростороворетроспективного аналізу і геоінформаційного моделювання. Для цього було виконано оцінку точності ретроспективних картографічних даних [3].

На відміну від використання геоінформаційного моделей при ретроспективному аналізі науковці Шебек Н., Майєр. В. досліджували можливості передових інформаційних технологій, які наразі застосовуються в містобудівному проєктуванні, зокрема, технології геоінформаційного моделювання просторових об’єктів. Вчені проаналізували екосистему програм ESRI для містобудівного проєктування, що утворена таким програмним забезпеченням: ArcGIS Pro, ArcGIS Urban, ArcGIS CityEngine, ArcGIS StoryMaps та ArcGIS Living Atlas of the World і надає проєктувальнику широкий спектр можливостей для аналізу урбанізованих утворень [11].

Досліджуючи геоінформаційне моделювання в урбанізації, розглянемо територію як цілісну соціально-економіко-просторову систему, що включає сельбищні, виробничі та ландшафтно-рекреаційні території у межах населеного пункту та зони його активного впливу. Системний характер об'єкта зумовлює дві принципові вимоги до моделі. По-перше, модель має відтворювати не лише стан окремих територіальних одиниць, а й просторові взаємодії між ними – транспортні кореспонденції, конкуренцію за інвестиції, ефекти сусідства, коли освоєння однієї ділянки підвищує або знижує привабливість суміжних. По-друге, модель має бути відкритою до зовнішніх впливів: соціально-економічні фактори у ній виступають керуючими параметрами, зміна яких трансформує траєкторію просторового розвитку системи.

Слід підкреслити відмінність геоінформаційного моделювання від суміжних понять. Містобудівний кадастр та містобудівний моніторинг фіксують фактичний стан території та його зміни, тобто виконують інформаційно-обліковувальну функцію. Геоінформаційне моделювання надбудовується над ними як аналітико-прогнозний рівень: воно використовує накопичені дані для виявлення закономірностей і побудови прогнозів, перетворюючи масиви спостережень на знання, придатні для обґрунтування

управлінських рішень. У такому розумінні модель є сполучною ланкою між системою спостереження за територією та системою прийняття містобудівних рішень [10]. Отже, моніторинг забезпечує спостереження та первинну оцінку стану території у межах реалізації затвердженої документації, тоді як геоінформаційне моделювання розширює цю функцію до багатоваріантного сценарного прогнозування за змінюваних зовнішніх умов, які виходять за межі закладеного в документації сценарію.

Для формалізації впливу соціально-економічного середовища на просторовий розвиток міста фактори доцільно згрупувати за змістом та характером просторового впливу (табл. 1). Принциповим для умов сьогодення є виокремлення групи кризових факторів, дія яких має не еволюційний, а стрибкоподібний характер і не може бути врахована екстраполяційними методами.

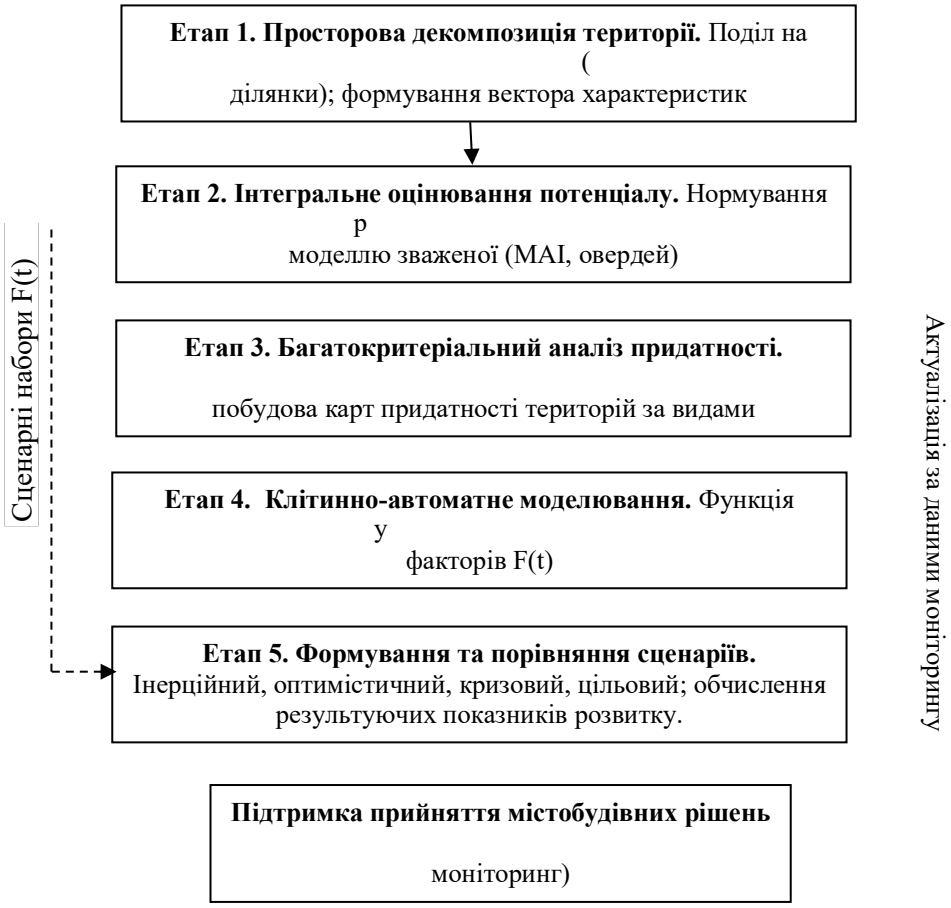
Таблиця 1

Класифікація соціально-економічних факторів розвитку урбанізованих територій

Група факторів	Основні показники	Характер просторового впливу
Демографічні	Чисельність та щільність населення, міграційний приріст, вікова структура, рівень урбанізації	Визначають попит на житлову забудову, соціальну інфраструктуру та громадський транспорт
Економічні	Обсяг капітальних інвестицій, вартість земельних ділянок та нерухомості, рівень зайнятості, доходи населення	Формують інвестиційну привабливість територій та інтенсивність девелоперської активності
Інфраструктурні	Транспортна доступність, забезпеченість інженерними мережами, наявність об'єктів обслуговування	Визначають придатність територій до освоєння та вартість підготовки ділянок
Соціальні	Забезпеченість житлом, доступність освіти та охорони здоров'я, рівень безпеки	Впливають на привабливість районів для проживання та внутрішньоміську міграцію
Інституційно-правові	Містобудівна документація, обмеження у використанні земель, режими зон	Встановлюють юридичні межі можливих просторових трансформацій
Кризові (шокові)	Руйнування забудови та інфраструктури, вимушене переміщення населення, релокація бізнесу	Спричиняють стрибкоподібні зміни функціонального використання та потребують сценарного підходу

Кожна група факторів характеризується власною динамікою: демографічні та соціальні показники змінюються порівняно повільно, економічні – у середньостроковому горизонті, тоді як кризові фактори здатні докорінно змінити просторову структуру попиту на території протягом місяців. Саме різношвидкісний характер змін зумовлює необхідність побудови моделей, у яких параметри не фіксуються, а задаються як змінні у часі функції або сценарні набори значень.

Пропонований методичний підхід передбачає послідовне виконання п'яти етапів (рис. 1).



x

території за умов змінюваних соціально-економічних факторів.

На першому етапі здійснюється просторова декомпозиція урбанізованої території на елементарні одиниці моделювання. Залежно від масштабу завдання такими одиницями можуть бути регулярні комірки растрової сітки (для моделей динаміки землекористування), квартали або планувальні райони (для оцінювання потенціалу розвитку), земельні ділянки (для детальних моделей).

Для кожної одиниці формується вектор характеристик, що включає показники всіх груп факторів згідно з табл. 1.

На другому етапі виконується нормування різнорідних показників та їх згортання в інтегральний індекс потенціалу розвитку територіальної одиниці за адитивною моделлю зваженої суми:

$$Ij = \Sigma\, wi \cdot xij, \quad (1)$$

де xij – нормоване значення i-го показника для j-ї територіальної одиниці;

wi – ваговий коефіцієнт показника, що визначається методом аналізу ієрархій або експертним оцінюванням, причому $\Sigma\, wi = 1$.

Обчислення індексу реалізується засобами алгебри карт у растровому середовищі ГІС або через операції оверлейного аналізу для векторних даних.

На третьому етапі виконується багатокритеріальний просторовий аналіз придатності територій до різних видів функціонального використання (житлова, громадська, виробнича забудова, рекреація), який поєднує обмежувальні критерії (планувальні обмеження, охоронні зони, санітарно-захисні зони, території з руйнуваннями) та факторні критерії (складові інтегрального індексу). Результатом є серія карт придатності, що визначають просторовий каркас можливих трансформацій.

На четвертому етапі здійснюється динамічне моделювання просторового розвитку на основі апарату клітинних автоматів. Стан комірки у наступний момент часу визначається функцією переходу:

$$St+1 = f\,(St, Nt, P, Ft), \quad (2)$$

де St – поточний стан комірки (вид використання території);

Nt – стан сусідніх комірок;

P – карти придатності; Ft – вектор соціально-економічних факторів у момент часу t.

Принциповою відмінністю від класичних реалізацій є те, що вектор Ft задається не константою, а сценарною траєкторією, що відображає прогнозовані зміни соціально-економічного середовища.

На п'ятому етапі формуються та порівнюються альтернативні сценарії розвитку: інерційний (збереження поточних тенденцій), оптимістичний (зростання інвестиційної активності та повернення населення), кризовий (подальше скорочення економічної бази) та цільовий (реалізація пріоритетів, визначених містобудівною документацією). Кожен сценарій задається узгодженим набором траєкторій ключових факторів – прогнозної чисельності населення, обсягів інвестицій, темпів відновлення пошкодженої забудови – та відповідними значеннями параметрів функції переходу.

Для порівняння сценаріїв формується система результуючих показників, що обчислюються безпосередньо з просторової моделі: площі освоєння

територій за видами функціонального використання; компактність та зв'язність забудови; середня транспортна доступність місць прикладання праці та об'єктів обслуговування; прогнозне навантаження на інженерні мережі; потреба у місцях в закладах освіти та охорони здоров'я за планувальними районами. Зіставлення показників за сценаріями дає особам, які приймають рішення, кількісну основу для вибору стратегії просторового розвитку та оцінювання ризиків кожної альтернативи, а просторова локалізація відмінностей між сценаріями вказує на території, найчутливіші до зміни соціально-економічних умов, які потребують першочергової уваги під час планування.

Програмно-технологічною платформою реалізації запропонованого підходу може слугувати як пропрієтарне середовище (ArcGIS Pro з модулями Spatial Analyst та Network Analyst), так і стек відкритого програмного забезпечення, що є особливо актуальним для органів місцевого самоврядування з обмеженими бюджетами: настільна ГІС QGIS для підготовки даних та візуалізації, просторова база даних PostgreSQL/PostGIS для зберігання й оброблення геопросторових даних, мова програмування Python з бібліотеками просторового аналізу для реалізації обчислювальних процедур інтегрального оцінювання та клітинно-автоматного моделювання.

Архітектурно система моделювання будується за трирівневою схемою. Рівень даних забезпечує централізоване зберігання базових наборів геопросторових даних, тематичних шарів та часових рядів соціально-економічних показників з контролем версій і метаданими. Аналітичний рівень реалізує обчислювальні процедури – від нормування показників до ітераційного виконання функції переходу клітинного автомата – у вигляді відтворюваних скриптів, що гарантує повторюваність результатів та можливість перерахунку моделі за оновленими даними. Презентаційний рівень забезпечує публікацію результатів у формі інтерактивних картографічних вебзастосунків, доступних фахівцям органів містобудування та архітектури, депутатам місцевих рад і громадськості, що відповідає принципам відкритості та участі громадян у плануванні розвитку територій.

Окремим технологічним завданням є актуалізація моделі за матеріалами дистанційного зондування Землі. Регулярні знімальні місії із середньою просторовою розрізненністю забезпечують періодичність оновлення відомостей про фактичний стан забудови, достатню для щорічної верифікації моделі, а знімки високої розрізненності – деталізацію у зонах активних трансформацій. Автоматизована класифікація типів земного покриву за різночасовими знімками дає змогу формувати карти фактичних змін використання територій без проведення суцільних натурних обстежень, що особливо важливо для територій з ускладненим доступом.

Специфіка моделювання за умов змінюваних факторів полягає у тому, що ретроспективне калібрування на «спокійному» періоді не гарантує адекватності моделі у кризовий період. Тому доцільним є ковзне перекалібрування моделі з коротким кроком та ведення архіву сценарних прогнозів: систематичне зіставлення попередніх прогнозів з фактичним розвитком подій дає змогу оцінювати, який зі сценаріїв реалізується, та своєчасно коригувати як параметри моделі, так і містобудівні рішення, ухвалені на її основі.

Достовірність геоінформаційного моделювання визначається якістю вихідних даних. Базовими джерелами є: містобудівний кадастр, склад та зміст якого регламентовано державними будівельними нормами [5]; Державний земельний кадастр; дані офіційної статистики, агреговані за адміністративними та планувальними одиницями; матеріали дистанційного зондування Землі, що забезпечують актуалізацію відомостей про фактичний стан забудови. Системотвірну роль відіграє національна інфраструктура геопросторових даних, створення якої передбачено Законом України № 554-IX [6]: вона встановлює єдині вимоги до виробництва, оновлення та оприлюднення базових і тематичних наборів геопросторових даних, забезпечуючи їхню інтероперабельність та можливість багаторазового використання у моделях різного призначення.

Результати моделювання підлягають інтеграції у процеси розроблення містобудівної документації, порядок якого визначено постановою Кабінету Міністрів України № 926 [7]. Зокрема, сценарні прогнози просторового розвитку доцільно використовувати під час підготовки комплексних планів просторового розвитку територій територіальних громад та генеральних планів населених пунктів, а систему показників моделі – як основу містобудівного моніторингу, передбаченого статтею 23 Закону України «Про регулювання містобудівної діяльності» [5]. Це перетворює геоінформаційну модель з разового проєктного інструменту на постійно діючий компонент системи управління розвитком території.

Водночас слід окреслити межі застосовності запропонованого підходу. По-перше, модель відтворює закономірності просторового розвитку на рівні територіальних одиниць і не призначена для прогнозування рішень окремих суб'єктів містобудування щодо конкретних об'єктів. По-друге, якість сценарних прогнозів безпосередньо залежить від обґрунтованості вихідних гіпотез щодо траєкторій соціально-економічних факторів, формулювання яких лежить поза межами власне геоінформаційної моделі й потребує залучення фахівців з регіональної економіки та демографії. По-третє, за умов радикальної невизначеності результати моделювання слід інтерпретувати не як прогноз у власному розумінні, а як інструмент структурування альтернатив та перевірки

стійкості планувальних рішень до різних варіантів розвитку подій. Усвідомлення цих обмежень є передумовою коректного використання моделі у практиці містобудівного планування.

У підсумку запропонований підхід реалізує концепцію адаптивного управління просторовим розвитком: цикл «моніторинг – актуалізація моделі – сценарний прогноз – коригування рішень» повторюється з визначеною періодичністю, завдяки чому система планування набуває здатності реагувати на зміни соціально-економічного середовища не постфактум, через тривалу процедуру внесення змін до документації, а превентивно – через завчасне виявлення тенденцій, що відхиляються від закладеного у документації сценарію. Це принципово змінює роль ГІС у містобудівній діяльності: від засобу виготовлення картографічних матеріалів до постійно діючого аналітичного ядра системи управління розвитком урбанізованої території.

Висновки.

За умов високої динамічності соціально-економічного середовища традиційні екстраполяційні методи містобудівного прогнозування втрачають адекватність, а їх альтернативою є динамічне геоінформаційне моделювання, що поєднує просторову та атрибутивну складові розвитку урбанізованих територій у єдиному аналітичному середовищі. Соціально-економічні фактори розвитку урбанізованих територій пропонуємо класифікувати за характером просторового впливу, у якій виокремлено групу кризових (шокових) факторів зі стрибкоподібною динамікою, що зумовлює необхідність застосування сценарного підходу до моделювання.

Розроблено методичний підхід до геоінформаційного моделювання розвитку урбанізованих територій, який передбачає просторову декомпозицію території, інтегральне оцінювання потенціалу розвитку територіальних одиниць за адитивною моделлю, багатокритеріальний аналіз придатності територій та динамічне сценарне моделювання на основі клітинних автоматів зі змінним у часі вектором соціально-економічних факторів. Разом з тим, визначено склад інформаційного забезпечення моделювання та показано системотвірну роль національної інфраструктури геопросторових даних у його формуванні, а також напрями інтеграції результатів моделювання у процеси розроблення містобудівної документації та містобудівного моніторингу.

В перспективі подальших досліджень можна розглядати калібрування запропонованої моделі на матеріалах конкретних міст України, розроблення процедур верифікації сценарних прогнозів за даними дистанційного зондування Землі та створення прототипу геоінформаційної системи підтримки прийняття містобудівних рішень.

Список використаних джерел

1. ДБН Б.2.2-12:2019. Планування та забудова територій. Київ: Мінрегіон України, 2019. 177 с. URL: https://mindev.gov.ua/storage/app/sites/1/uploaded-files/zmina-no-1-dbn.pdf

2. ДБН Б.1.1-16:2013. Склад та зміст містобудівного кадастру. Київ: Мінрегіон України, 2013. 57 с. URL: https://dbn.co.ua/load/normativy/dbn/1-1-0-1035

3. Кінь Д.О, Лазоренко-Гевель Н.Ю., Шудра Н.С. Геоінформаційне моделювання розвтку території м. Харкова у ретроспективі. *Містобудування та територіальне планування.* Вип.76, 2021. С.119–131. https://doi.org/10.32347/2076-815x.2021.76.119-131

4. Палеха Ю.М. Економіко-географічні аспекти формування вартості територій населених пунктів: монографія. Київ: Профі, 2006. 324 с.

5. Про регулювання містобудівної діяльності: закон України від 17.02.2011 № 3038-VI. URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/3038-17

6. Про національну інфраструктуру геопросторових даних: Закон України від 13.04.2020 № 554-IX. URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/554-20

7. Порядок розроблення, оновлення, внесення змін та затвердження містобудівної документації: затв. постановою Кабінету Міністрів України від 01.09.2021 № 926. URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/926-2021-п

8. Про затвердження Порядку проведення містобудівного моніторингу: наказ Міністерства регіонального розвитку, будівництва та житлово-комунального господарства України від 01.09.2011 № 170. URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z1075-11

9. Серьогін Д.С. Геоінформаційне моделювання та аналіз регіональних сегментів глобального урбанізованого простору (на прикладах різнорангових міст): дис… д-ра філософії: 103 Науки про Землю / Харківський національний університет імені В.Н. Казаріна, 2024, 289 с.

10. Шипулін В.Д. Основні принципи геоінформаційних систем: навч. посібник. Харків: ХНАМГ, 2010. 313 с.

11. Шебек Н., Майєр. В. Технології геоінформаційного моделювання просторових об’єктів. *Містобудування та територіальне планування*, Вип. 89, 2025 С. 286–301. URL: https://doi.org/10.32347/2076-815x.2025.89.286-301

12. Batty M. The New Science of Cities. Cambridge, MA: MIT Press, 2013. 496 p.

13. Clarke K.C., Hoppen S., Gaydos L. A self-modifying cellular automaton model of historical urbanization in the San Francisco Bay area. Environment and Planning B: Planning and Design. 1997. Vol. 24, No. 2. P. 247–261.

14. Verburg P.H., Soepboer W., Veldkamp A., Limpiada R., Espaldon V., Mastura S. S. A. Modeling the spatial dynamics of regional land use: the CLUE-S model. Environmental Management. 2002. Vol. 30, No. 3. P. 391–405.

15. Tobler W.R. A computer movie simulating urban growth in the Detroit region. Economic Geography. 1970. Vol. 46. P. 234–240.

16. Longley P.A., Goodchild M.F., Maguire D.J., Rhind D.W. Geographic Information Science and Systems. 4th ed. Hoboken: Wiley, 2015. 477 p.

Ph.D., associate professor **Volodymyr Gryanyk,**
PhD student **Lyudmyla Tkachenko,**
PhD student **Lapshyk Maksym,**
Ukrainian State University of Science and Technologies, Dnipro

GEOINFORMATION MODELING OF URBANIZED TERRITORIES DEVELOPMENT UNDER CHANGING SOCIO-ECONOMIC FACTORS

The article considers the theoretical and methodological foundations of geoinformation modeling of urbanized territories development under dynamic changes in the socio-economic environment. It is substantiated that traditional approaches to urban planning forecasting, based on the assumption of stable trends, do not adequately reflect spatial transformations of cities caused by crisis phenomena, structural economic shifts and demographic fluctuations. A classification of socio-economic factors of urban development according to the nature of their spatial impact is proposed, with crisis (shock) factors distinguished as a separate group. A methodological approach to geoinformation modeling is developed, combining multi-criteria spatial analysis, integral assessment of the development potential of territorial units and scenario forecasting based on cellular automata with a time-varying vector of socio-economic factors. The composition of the geoinformation base for modeling is determined, and the system-forming role of the national spatial data infrastructure in its formation is shown. It is demonstrated that the proposed approach makes it possible to formalize the influence of changing socio-economic factors on urban spatial development, to compare alternative development scenarios and to increase the validity of decisions in the process of developing comprehensive spatial development plans and master plans of settlements.

Keywords: geographic information systems; geoinformation modeling; urbanized territories; spatial development; socio-economic factors; scenario modeling; urban planning monitoring; cellular automata.

REFERENCES

1. DBN B.2.2-12:2019. *Planuvannia ta zabudova terytorii* [Planning and Development of Territories]. (2019). Kyiv: Minrehion Ukrainy. 177 p. {in Ukrainian}.

2. DBN B.1.1-16:2013. *Sklad ta zmist mistobudivnoho kadastru* [Composition and Content of the Urban Planning Cadastre]. (2013). Kyiv: Minrehion Ukrainy. 57 p. {in Ukrainian}.

3. Kin, D.O., Lazorenko-Hevel, N.Yu., & Shudra, N.S. (2021). Heoinformatsiine modeliuvannia rozvytku terytorii m. Kharkova u retrospektyvi [Geoinformation Modeling of the Development of Kharkiv Territory in Retrospect]. *Mistobuduvannia ta terytorialne planuvannia – Urban Development and Spatial Planning*, *76*, 119–131. https://doi.org/10.32347/2076-815x.2021.76.119-131 {in Ukrainian}.

4. Palekha, Yu.M. (2006). *Ekonomiko-heohrafichni aspekty formuvannia vartosti terytorii naselenykh punktiv* [Economic and Geographical Aspects of Forming the Value of Settlement Territories]: monograph. Kyiv: Profi. 324 p. {in Ukrainian}.

5. Pro rehuliuvannia mistobudivnoi diialnosti [On the Regulation of Urban Planning Activity]: Law of Ukraine No. 3038-VI (2011, February 17). Retrieved from https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/3038-17 {in Ukrainian}.

6. Pro natsionalnu infrastrukturu heoprostorovykh danykh [On the National Geospatial Data Infrastructure]: Law of Ukraine No. 554-IX (2020, April 13). Retrieved from https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/554-20 {in Ukrainian}.

7. Poriadok rozroblennia, onovlennia, vnesennia zmin ta zatverdzhennia mistobudivnoi dokumentatsii [Procedure for the Development, Updating, Amendment and Approval of Urban Planning Documentation]. (2021). Approved by Resolution of the Cabinet of Ministers of Ukraine No. 926 (2021, September 1). Retrieved from https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/926-2021-p {in Ukrainian}.

8. Pro zatverdzhennia Poriadku provedennia mistobudivnoho monitorynhu [On the Approval of the Procedure for Conducting Urban Planning Monitoring]: Order of the Ministry of Regional Development, Construction and Housing and Communal Services of Ukraine No. 170 (2011, September 1). Retrieved from https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z1075-11 {in Ukrainian}.

9. Serohin. Heoinformatsiine modeliuvannia ta analiz rehionalnykh sehmentiv hlobalnoho urbanizovanoho prostoru (na prykladakh riznorankovykh mist) [Geoinformation Modeling and Analysis of Regional Segments of the Global Urbanized Space (on the Examples of Cities of Different Ranks)]: dissertation. {in Ukrainian}.

10. Shypulin, V.D. (2010). *Osnovni pryntsypy heoinformatsiinykh system* [Basic Principles of Geographic Information Systems]: textbook. Kharkiv: KhNAMH. 313 p. {in Ukrainian}.

11. Shebek, N., & Maiier, V. (2025). Tekhnolohii heoinformatsiinoho modeliuvannia prostorovykh obiektiv [Technologies of Geoinformation Modeling of Spatial Objects]. *Mistobuduvannia ta terytorialne planuvannia – Urban Development and Spatial Planning*, *89*, 286–301. https://doi.org/10.32347/2076-815x.2025.89.286-301 {in Ukrainian}.

12. Batty M. The New Science of Cities. Cambridge, MA: MIT Press, 2013. 496 p. {in English}

13. Clarke K.C., Hoppen S., Gaydos L. A self-modifying cellular automaton model of historical urbanization in the San Francisco Bay area. Environment and Planning B Planning and Design. 1997. Vol. 24, No. 2. P. 247–261. {in English}

14. Verburg P.H., Soepboer W., Veldkamp A., Limpiada R., Espaldon V., Mastura S. S. A. Modeling the spatial dynamics of regional land use: the CLUE-S model. Environmental Management. 2002. Vol. 30, No. 3. P. 391–405. {in English}

15. Tobler W.R. A computer movie simulating urban growth in the Detroit region. Economic Geography. 1970. Vol. 46. P. 234–240. {in English}

16. Longley P.A., Goodchild M.F., Maguire D.J., Rhind D.W. Geographic Information Science and Systems. 4th ed. Hoboken : Wiley, 2015. 477 p. {in English}

DOI: 10.32347/2076-815x.2026.93.666-677
УДК 528.4

Зіненко Р.О.,
zinenko@gki.com.ua, ORCID: 0000-0002-3337-7168,
Київський національний університет будівництва і архітектури,
Науково-дослідний інститут геодезії і картографії, м. Київ

МЕТОДИ ТА МОДЕЛІ ГЕОВІЗУАЛІЗАЦІЇ ГЕНЕРАЛІЗОВАНИХ ГЕОПРОСТОРОВИХ ДАНИХ НА НАЦІОНАЛЬНОМУ ГЕОПОРТАЛІ

Дослідження присвячено методичному та математичному обґрунтуванню методів і моделей геовізуалізації топографічної основи в середовищіяк основної фонової основи національного геопорталу Національної інфраструктури геопросторових даних. Розроблено математичну модель подання каталогу об'єктів та їх атрибутів на основі методів дискретної математики, а,також, геоінформаційні методи автоматизованої генералізації базової топографічної карти масштабу 1:10 000. Представлено структуру Специфікації для наборів геопросторових даних топографічних карт масштабів 1:25 000, 1:50 000, 1:100 000, 1:200 000, 1:500 000, 1:1 000 000. Наведено приклади застосування предикатів для відбору об'єктів та трансформації їх геометрії. Доведено, що застосування єдиної базової топографічної основи в масштабі 1:10000 з наступною програмною генералізацією геоінформаційними методами є необхідним для забезпечення цілісності геовізуалізації масштабного ряду від 1:25 000 до 1:1 000 000 на національному геопорталі

Ключові слова: національна інфраструктура геопросторових даних; геовізуалізація; автоматизована генералізація; геопортал; топографічна основа; специфікація геопросторових даних.

Постановка проблеми. Національний геопортал в умовах розвитку Національної інфраструктури геопросторових даних є центральним технічним та організаційним інструментом, що забезпечує інтеграцію, стандартизацію, відкритість і ефективне використання геопросторових даних усіма користувачами. Функціонально геопортал забезпечує інтеграцію даних з різних джерел та візуалізацію і пошук геопросторових даних через інтерактивні карти [1, 8]. Основою геовізуалізації геопросторових даних на національному геопорталі є топографічна основа, яка представляє собою набір базових геопросторових даних, представлений в основним фоном [3, 7]. Для збереження семантичної, топологічної та геометричної цілісності топографічної основи на різних фіксованих рівнях масштабування доцільно генерувати топографічну

основу різних масштабів як похідну від єдиної базової топографічної карти в масштабі 1:10 000 [7, 12]. Саме тут виникає складна науково-технічна проблема автоматизованої генералізації базової топографічної карти при переході до різних масштабів. Просте оптичне (машинне) зменшення масштабу неминуче призводить до картографічної інтерференції, злиття просторових об'єктів, втрати наочності, читабельності, спотворення топології та загального падіння інформативності картографічних матеріалів [4]. Вирішення цієї проблеми вимагає переходу від традиційних підходів до картографічної генералізації, які десятиліттями орієнтувалися на створення фіксованих номенклатурних аркушів паперових карт і виявляються недостатньо ефективними у вебсередовищі, де навігація потребує динамічного управління відображенням мільйонів просторових об’єктів у реальному часі, до використання систем множинного представлення даних (Multiple Representation Databases, MRDB) та автоматизованих геоінформаційних методів [9–12].

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Проблематика побудови інфраструктур геопросторових даних, інтероперабельності картографічних вебсервісів та геовізуалізації просторово-координованої інформації становить основу активних наукових досліджень. Методологічні засади створення НІГД та розроблення вітчизняних стандартів географічної інформації ґрунтовно висвітлено у працях українських вчених, зокрема Ю. Карпінського, А. Лященка, Н. Лазаренко, Д. Кіня, А. Черіна [1–3, 7, 8]. Аналізуючи світовий досвід, варто зосередитися на веб генералізації на геопорталах при публікації фонових картографічних зображень і на використанні геоінформаційних сервісів. Фундаментальні дослідження аспектів багатомасштабної вебкартографії та багатомасштабного представлення топографічних даних представлені у працях М. Дюмон, Г. Туї, С. Дюшен, Й. Стотер, Т. Віссера, П. ван Оостерома, В. Квака, Н. Баккера, Б. Баелли, А. Ллеопарта, М. Пла та інших дослідників [4, 9, 12]. У праці М. Дюмон, Г. Туї та С. Дюшен [4] розглянуто проблеми сприйняття інформації при безперервній навігації електронними картами, зокрема «ефект пустельного туману» (desert fog effect) та концептуальні розриви (conceptual gaps). Значним кроком у забезпеченні продуктивності візуалізації є перехід до сучасних протоколів передачі даних. Для формування багатомасштабної фонової карти національного геопорталу використовується сервіс WMTS (Web Map Tile Service), що забезпечує подання картографічного зображення у вигляді ієрархічної піраміди тайлів та швидке завантаження необхідних фрагментів карти [5]. Для публікації картографічних зображень та забезпечення доступу до векторних геопросторових об’єктів використовуються відповідно сервіси WMS (Web Map Service) і WFS (Web Feature Service) [6, 14]. Разом з тим залишається невирішеною проблемою відсутність математично формалізованою

Специфікації для наборів геопросторових даних похідних топографічних карт масштабів 1:25 000, 1:50 000, 1:100 000, 1:200 000, 1:500 000 та 1:1 000 000, що дозволяє алгоритмізувати і автоматизувати відбір, геометричну трансформацію і типізацію об'єктів за допомогою предикатів безпосередньо у системі керування базою даних національного геопорталу

Мета дослідження полягає у підвищенні інформаційно-технологічного рівня підготовки топографічної основи національного геопорталу на основі автоматизованої генералізації базової топографічної карти в масштабі 1:10000 при переході до дрібніших масштабів. Досягнення цієї мети вимагає розроблення наукової методики, побудови дискретних математичних моделей топографічних об'єктів на основі створення Специфікації геопросторових даних для масштабного ряду від 1:25 000 до 1:1 000 000. Це дозволить створити швидку, безшовну інтерактивну карту, здатну забезпечити коректне накладання будь-яких користувацьких тематичних геопросторових шарів на геопорталі.

Основна частина. Для вирішення проблеми геовізуалізації топографічної основи на геопорталі необхідно розробити методику, основу якої є використання базової топографічної карти в масштабі 1:10000, з якої генералізуються всі зображення топографічної основи на різних ZOOMax. Цей підхід («Single Source of Truth») гарантує, що всі похідні набори даних залишатимуться топологічно узгодженими, а оновлення об'єкта на базовому масштабі автоматично каскадуватиметься через усі рівні піраміди тайлів. Ця методика має грунтуватися на Специфікації для наборів геопросторових даних топографічних карт масштабу 1:25 000, 1:50 000, 1:100 000, 1:200 000, 1:500 000, 1:1000 000 в якій регламентуються критерії відбору визначених об'єктів місцевості для кожного конкретного масштабу та алгоритмізовано зміну їх атрибутів чи типу геометрії**.**

Математична модель подання каталогу об’єктів та їх атрибутів. У межах дослідження створено математичну модель подання каталогу об’єктів та їх атрибутів із використанням методів дискретної математики для відбору за критеріями, що задаються предикатами, та обґрунтовано застосування каталогу базової топографічної основи в методах автоматизованої генералізації.

Нехай $\boldsymbol{U}$— універсальна множина, яка репрезентує сукупність усіх топографічних об'єктів (географічних сутностей), наявних у базовій топографічній карті масштабу 1:10000. Специфікація визначає скінченну множину дискретних класів (типів) об'єктів

$$\boldsymbol{F} = \{\boldsymbol{f_1}, \boldsymbol{f_2}, \dots, \boldsymbol{f_{75}}\}, \quad (1)$$

де кожен тип $\boldsymbol{f_i}$є множиною екземплярів із спільними семантичними та просторовими характеристиками (наприклад, $\boldsymbol{f_{0306}}$— «Гідротехнічні споруди», $\boldsymbol{f_{0501}}$— «Будівлі»).

Множина $\boldsymbol{F}$піддається строгій математичній операції розчленування (partition) на систему тематичних пакетів

$$P = \{\boldsymbol{p_1}, \boldsymbol{p_2}, \dots, \boldsymbol{p_{12}}\} \quad (2)$$

Згідно з аксіоматикою теорії множин, для цього розбиття виконуються умови:

1. об'єднання всіх пакетів повністю покриває множину класів

$$\bigcup_{k=1}^{12} \boldsymbol{p_k} = \boldsymbol{F} \quad (3)$$

2. попарні перетини є порожніми множинами. Це гарантує відсутність логічної двозначності при класифікації будь-якого просторового об'єкта

$$\boldsymbol{p_i} \cap \boldsymbol{p_j} = \emptyset, \forall \boldsymbol{i} \neq \boldsymbol{j} \quad (4)$$

Кожен екземпляр топографічного об'єкта $\boldsymbol{x} \in \boldsymbol{U}$ концептуально моделюється як впорядкований кортеж (n-ка) його атрибутивних та просторових властивостей:

$$\boldsymbol{x} = \langle \boldsymbol{ID}, \boldsymbol{C}, \boldsymbol{G}, \boldsymbol{A}, \boldsymbol{M_{meta}}, \boldsymbol{S_{symb}} \rangle \quad (5)$$

де:

- $\boldsymbol{ID}$— вектор унікальних ідентифікаторів об'єкта [2, 7] (включаючи глобальний GIDта еталонний $TOID$).
- $\boldsymbol{C} \in \boldsymbol{F}$— класифікатор типу просторового об'єкта.
- $\boldsymbol{G}$— геометричне подання об'єкта в топологічному просторі $\mathbf{R^2}$ **або** $\mathbf{R^3}$, що є екземпляром класів геометричних примітивів Point, LineString або Polygon згідно з просторовою схемою міжнародного стандарту ДСТУ ISO 19107:2017 (ISO 19107:2003, IDT) [15]
- $\boldsymbol{A}$— множина семантичних атрибутів.
- $\boldsymbol{M_{meta}}$— часовий інтервал існування версії об'єкта в базі даних ($beginLifeSpanVersion$, $endLifespanVersion$).
- $\boldsymbol{S_{symb}}$— вектор картографічних ідентифікаторів символів для різних цільових масштабів ($Symbol25K$, $Symbol50K$, ..., $Symbol1M$).

Нехай $\boldsymbol{S} = \{\boldsymbol{25k}, \boldsymbol{50k}, \boldsymbol{100k}, \boldsymbol{200k}, \boldsymbol{500k}, \boldsymbol{1M}\}$ — впорядкована множина масштабних рівнів, для яких розробляється специфікація. Процес формування наборів даних для візуалізації на цільовому масштабі $\boldsymbol{s} \in \boldsymbol{S}$описується відображенням генералізації $\boldsymbol{\Gamma}$**:**

$$\boldsymbol{\Gamma}: \boldsymbol{U_{10k}} \times \boldsymbol{S} \rightarrow \boldsymbol{U_s} \quad (6)$$

Це складне відображення реалізується через суперпозицію функціональних операторів дискретної алгебри, відбору за критеріями, які задаються предикатами.

Розглянемо застосування функції зміни розмірності та відбору ($\boldsymbol{\kappa} \circ \boldsymbol{\sigma}$) для типу об'єкта «Будівлі» (код 0501) залежно від масштабу $\boldsymbol{s} \in \boldsymbol{S}$**.** Для об'єкта

«Будівля» $b \in f_{0501}$ з площею $Area(b)$, геометричне представлення $Geom_s(b)$ на певному масштабі s визначається предикатом:

$$Geom_s(b) = \begin{cases} GM\_Polygon, & Area(b) > Threshold_s \\ GM_{Point}, & Area(b) \le Threshold_s \wedge IsLandmark(b) = True \\ \emptyset, & \text{в іншому випадку (об'єкт вилучається)} \end{cases} \quad (7)$$

Порогові значення $Threshold_s$ для різних масштабів, які формалізують цей предикат, наведені у Специфікації. Аналогічно, для гідротехнічних споруд критерії включають не лише площу, але й ширину **($Width$)** та довжину **($Length$)** для переходу у лінійну розмірність **($GM\_LineString$).**

Функціональні оператори відбору за критеріями мають вигляд:

1. Оператор селекції **(σ)**: Здійснює відбір об'єктів на основі характеристичної функції (предиката), яка оцінює параметри об'єкта відносно порогових значень цільового масштабу. Наприклад, предикат збереження будівлі на масштабі 1:100 000 має вигляд:

$$P_{sel}(x,s) = \text{True} \Leftrightarrow \text{Area}(G_x) \ge \tau_{area}(s) \vee \text{IsLandmark}(x) = \text{True} \quad (8)$$

де $\tau_{area}(s)$— масштабний ценз площі.

2. Оператор геометричного колапсу **(κ):** Застосовується для зниження топологічної розмірності об'єкта (перехід від 2D до 1D або 0D) із збереженням топологічного центру мас або осі. Якщо об'єкт не долає ценз площі, але має значну довжину, він трансформується: κ:**Polygon** → **LineString**.

3. Оператор спрощення геометрії **(ω)**: Діє на множину вершин Vполілінії. Наприклад, алгоритм Дугласа-Пекера (Douglas-Peucker) ітеративно видаляє вершини v_i, для яких перпендикулярна відстань до базової хорди менша за допуск $\varepsilon(s)$, значно зменшуючи інформаційну ентропію запису контуру.

4. Оператор агрегації **(α)**: Використовує відношення просторової суміжності на множині об'єктів. Дрібні об'єкти, відстань між якими

$$\text{Dist}(G_{x_1}, G_{x_2}) < \delta(s) \quad (9)$$

об'єднуються в макроструктури (наприклад, квартали).

Програмні алгоритми генералізації в сучасних ГІС об'єднують описані вище дискретні математичні моделі у виробничі потоки (workflows) Сховище множинного представлення (MRDB - Multiple Representation Database): Базова карта 1:10 000 фізично зберігається у реляційній просторовій базі даних PostgreSQL/PostGIS. Для пришвидшення роботи геопорталу результати роботи предикатів P_M та Tr_M матеріалізуються у представленнях (Materialized Views).

Це забезпечує принцип Scale-centered approach (масштабоцентричний підхід), коли зміни на базовому рівні автоматично каскадуються на похідні рівні [9–11].

Структура цих методів генералізації в сучасних ГІС включає послідовне виконання інструментів:

1. Алгоритмічне спрощення (Simplification): Зменшення кількості вершин уздовж кривих з використанням алгоритмів Дугласа-Пекера або Visvalingam-Williamson, який усуває вершини за критерієм мінімальної ефективної площі. Це критично для зменшення розміру тайлів при веб-трансляції.

2. Розрідження та згладжування (Weeding & Smoothing): Заміна ламаних ліній гладкими кривими за допомогою сплайн-апроксимації для природних об'єктів, наприклад річок, горизонталей та усунення надлишкових проміжних точок (Line Thinning) [13].

3. Злиття та агрегація (Amalgamation & Aggregation): Усунення меж між суміжними полігонами з однаковими атрибутами (Polygon Dissolve) та перетворення скупчень точкових об'єктів у полігональні кластери.

4. Згортання (Collapse): Перехід від полігональних річок чи вулиць до осьових ліній (Centerline extraction) при зменшенні масштабу.

Геоінформаційні сервіси (WMTS / WFS / WMS): Оброблена і топологічно коректна геометрія транслюється на геопортал. Для растрового подання та фонової карти використовуються Web Map Tile Service (WMTS), які кешують розраховану піраміду тайлів (розміром 256x256 або 512x512) відповідно до матриці ZOOM-рівнів. Для завантаження векторних даних кінцевим користувачам національного геопорталу застосовується Web Feature Service (WFS), що віддає дані у форматах GeoPackage, GDB, GML, GeoJSON та FlatGeobuf. Для динамічного формування та публікації картографічних зображень використовується Web Map Service (WMS) [6, 14].

Структура Специфікації для наборів геопросторових даних топографічних карт масштабів 1:25 000, 1:50 000, 1:100 000, 1:200 000, 1:500 000, 1:1 000 000. Розроблена специфікація повністю відповідає вимогам міжнародного стандарту ISO 19131:2022 [16] та національного стандарту ДСТУ 8774:2018 «Правила моделювання геопросторових даних» [17]. Документ містить вичерпний опис і складається з 11 модульних розділів:

1. Загальні відомості: Метадані специфікації, нормативні посилання (Закон України "Про НІГД", ДСТУ ISO), термінологічний апарат.

2. Ідентифікація та призначення: Визначення цілей продукту (створення топографічної основи для національного геопорталу НІГД).

3. Сфера застосування та рівні деталізації.

4. Зміст і структура даних: Ядро специфікації, що містить UML-моделі узагальненої прикладної схеми та деталізований каталог 75 типів топографічних об'єктів, згрупованих у 12 пакетів.

5. Система відліку та математична основа: Розграфка та математична основа при використанні прямокутних координат у 6-градусних зонах проекції Гаусса-Крюгера в системі координат УСК-2000.

6. Вимоги до якості даних: Регламентація топологічної узгодженості та геометричної позиційної точності.

7. Формування та виробництво даних: Методики автоматизованої генералізації та зведення цифрових даних по рамках аркушів.

8. Обслуговування даних: Регламент оновлення (Continual — постійне оновлення в процесі топографічного моніторингу).

9. Вимоги до зображення: Картографічний рендеринг, де кожному умовному знаку жорстко відповідають RGB-коди (наприклад, синій rgb(17, 50, 133) для гідрографії, коричневий rgb(176, 88, 0) для рельєфу).

10. Постачання даних: Комплектація сервісних наборів (GeoPackage, GML, GeoJSON, FlatGeobuf для векторів; GeoTIFF для GRID-моделей рельєфу).

11. Вимоги до метаданих: опис структури XML-реалізації метаданих відповідно до ДСТУ ISO/TS 19139:2017 (ISO/TS 19139:2007, IDT) [18].

Узагальнену UML-діаграму пакетів типів топографічних об’єктів набору геопросторових даних топографічних карт масштабного ряду від 1:25 000 до 1:1 000 000 наведено на рис. 1.

Важливою інновацією розробленої прикладної схеми є створення абстрактного класу TopographicObject, що виступає суперкласом і успадковується всіма 75 типами просторових об'єктів. Він містить критичні ідентифікаційні атрибути: GID, TOID (ідентифікатор базового об'єкта 1:10 000), featureTypeCode, geom, verticalPosition, UkrName, EngName, а також атрибут upperScale (верхнє значення масштабу відображення) та ідентифікатори символів для рендерингу для кожного з масштабів (наприклад, Symbol25K, Symbol50K ... Symbol1M). Наявність атрибута TOID забезпечує строгу інваріантність ідентифікації об'єкта під час транзакцій між рівнями піраміди тайлів.

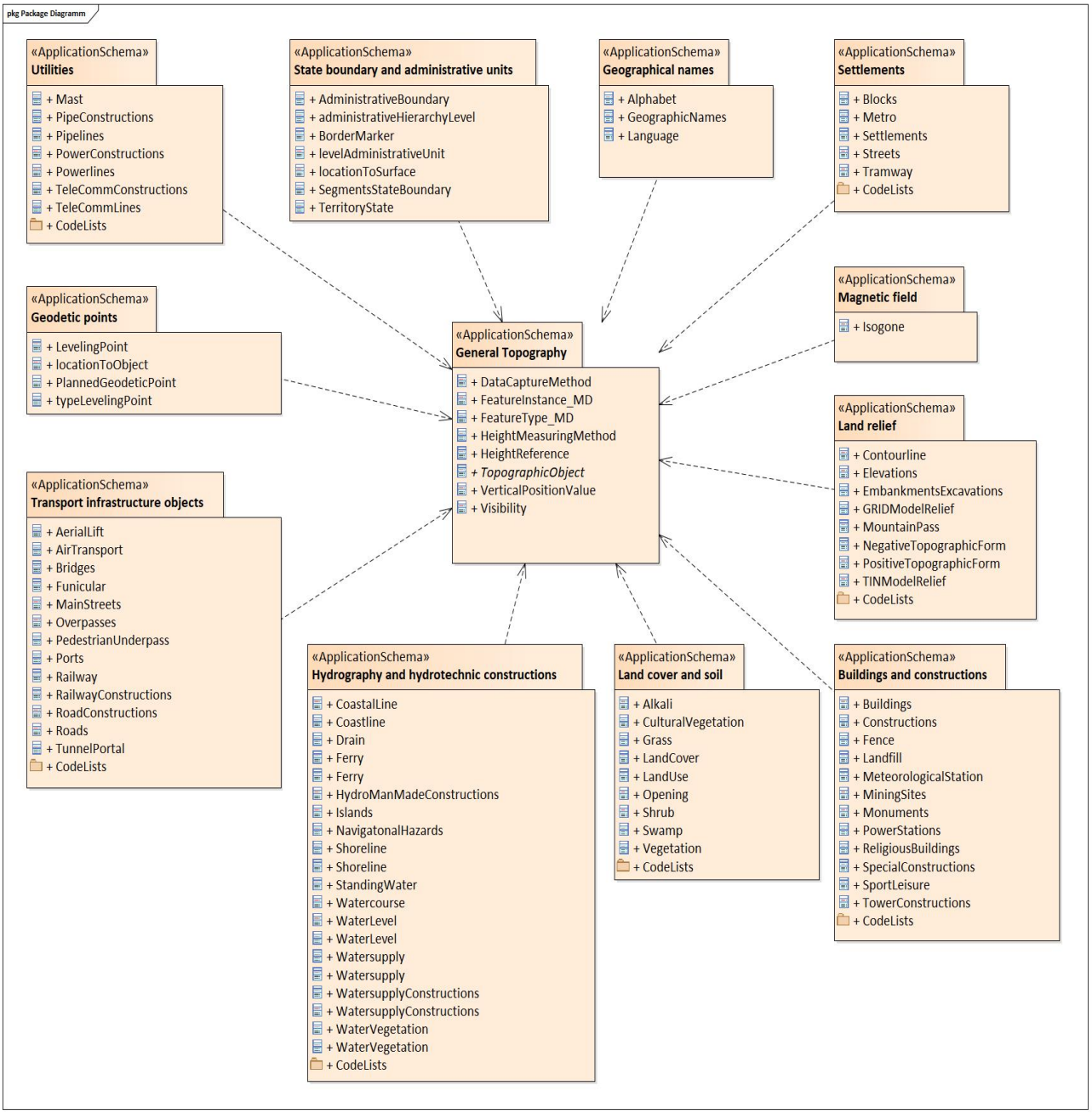


Рис 1. UML діаграма пакетів типів топографічних об’єктів набору геопросторових даних топографічної карти масштабів 1:25 000, 1:50 000, 1: 100 000, 1:200 000, 1:500 000, 1:1 000 000

Висновки і перспективи подальших досліджень. Встановлено, що розроблена «Специфікація для наборів геопросторових даних топографічних карт масштабу 1:25 000, 1:50 000, 1: 100 000, 1:200 000, 1:500 000, 1:1000 000» в якій наведений каталог об’єктів, є цілком похідною з каталогу об’єктів базової топографічної основи в масштабі 1:10 000 і з якої автоматизовано генералізуються всі зображення на різних ZOOMax. Це повністю відповідає

принципу "єдиного джерела істини" (Single Source of Truth), виключаючи дублювання та гарантуючи наскрізну просторову цілісність даних по всій державі.

Перспективи подальших досліджень у даному напрямі охоплюють інтеграцію методів глибинного машинного навчання (Deep Learning) та штучного інтелекту для динамічної рекласифікації та інтелектуального зміщення (displacement) просторових об'єктів при розв'язанні топологічних конфліктів у режимі реального часу. Крім того, нагальним викликом залишається розширення розроблених методів геовізуалізації на тривимірні (3D) та просторово-часові (4D) кадастрові та містобудівні моделі для ефективної післявоєнної відбудови територій України.

Список використаних джерел:

1. Карпінський, Ю.О., Лященко А.А., Лазоренко Н.Ю., Кін Д.О. (2023). Основи створення інтероперабельних геопросторових даних /КНУБА. Режим доступу: https://repositary.knuba.edu.ua/handle/123456789/14205 [укр.]

2. Карпінський, Ю., Лазоренко-Гевель, Н., та Кін, Д. (2020). Реалізація INSPIREID у топографічній базі даних головної державної топографічної карти України. ISTCGCAP, 91(91), 20–27. DOI: https://doi.org/10.23939/istcgcap2020.91.020

3. Карпінський, Ю., Лященко А., Лазоренко, Н., Кінь, Д. Система компонентів забезпечення створення цифрових топографічних карт. Сучасні досягнення геодезичної науки та виробництва. Випуск I (51), 2026, стор.127-138 https://ena.lpnu.ua/handle/ntb/125358

4. Dumont M., Touya G., Duchêne C. Designing Multi-Scale Maps: Lessons Learned from Existing Practices. International Journal of Cartography, 2020. https://doi.org/10.1080/23729333.2020.1717832

5. Зіненко Р. (2025). ОСОБЛИВОСТІ ВИКОРИСТАННЯ ВЕБ СЕРВІСУ КАРТОГРАФІЧНИХ ТАЙЛІВ WMST В НАЦІОНАЛЬНОМУ ГЕОПОРТАЛІ НІГД. Просторовий розвиток, (13), 514–524. https://doi.org/10.32347/2786-7269.2025.13.514-524

6. Зіненко Р. (2026). АНАЛІЗ ТА ОЦІНЮВАННЯ ВИКОРИСТАННЯ ВЕБ-СЕРВІСУ ВІЗУАЛІЗАЦІЇ WMS У НАЦІОНАЛЬНОМУ ГЕОПОРТАЛІ НІГД. Просторовий розвиток, (16), 431–441. https://doi.org/10.32347/2786-7269.2026.16.431-441

7. Karpinskyi Yu., Lyashchenko A., Lazorenko-Hevel N., Cherin A., Kin D., Havryliuk Ye. Main state topographic map: structure and principles of the creation of a database. Geoinformatics. 2021. Vol. 2021. P. 1–6. https://doi.org/10.3997/2214-4609.20215521043

8. Лященко А., Карпінський Ю., Гаврилюк Є., Черін А. Методи та засоби забезпечення інтероперабельності компонентів національної інфраструктури геопросторових даних. Містобудування та територіальне планування. 2021. № 77. С. 309–319. https://doi.org/10.32347/2076-815x.2021.77.309-319

9. Baella B., Lleopart A., Pla M. ICC topographic databases: design of a MRDB for data management optimization. In: Proceedings of the 15th ICA Workshop on Generalisation and Multiple Representation. Istanbul, 2012. URL: https://kartographie.geo.tu-dresden.de/downloads/ica-gen/submissions2012/genemr2012_session4_sub4.pdf

10. Zhang X., Guo T., Huang J., Xin Q. Propagating updates of residential areas in multi-representation databases using constrained Delaunay triangulations. ISPRS International Journal of Geo-Information. 2016. Vol. 5, No. 6. P. 80. https://doi.org/10.3390/ijgi5060080

11. Çobankaya O.N., Uluğtekin N. Updating the multiple representation database. In: Proceedings of the 26th International Cartographic Conference. 2013. P. 1–8. URL: https://icaci.org/files/documents/ICC_proceedings/ICC2013/_extended_Abstract/49_proceeding.pdf

12. Stoter J., Visser T., van Oosterom P., Quak W., Bakker N. A semantic-rich multi-scale information model for topography. International Journal of Geographical Information Science. 2011. Vol. 25, No. 5. P. 739–763. https://doi.org/10.1080/13658816.2010.490218

13. Brewer C.A., Stanislawski L.V., Buttenfield B.P., Sparks K.A., McGilloway J., Howard M.A. Automated thinning of road networks and road labels for multiscale design of The National Map of the United States. Cartography and Geographic Information Science. 2013. Vol. 40, No. 4. P. 259–270. https://doi.org/10.1080/15230406.2013.799735

14. Varol M.B., Şanlıoğlu İ. Open geospatial consortium web map and feature services and free/open source server/client software. International Journal of Engineering and Geosciences. 2017. Vol. 2, No. 1. P. 17–26. https://doi.org/10.26833/ijeg.286691

15. ДСТУ ISO 19107:2017. Географічна інформація. Просторова схема (ISO 19107:2003, IDT). Київ: ДП «УкрНДНЦ», 2017.

16. ISO 19131:2022. Geographic information — Data product specifications. 2nd ed. Geneva: International Organization for Standardization, 2022.

17. ДСТУ 8774:2018. Географічна інформація. Правила моделювання геопросторових даних. Київ: ДП «УкрНДНЦ», 2018.

18. ДСТУ ISO/TS 19139:2017. Географічна інформація. Метадані — XML-схема реалізації (ISO/TS 19139:2007, IDT). Київ: ДП «УкрНДНЦ», 2017.

Roman Zinenko,
Kyiv National University of Construction and Architecture
Research Institute of Geodesy and Cartography

METHODS AND MODELS FOR GEOVISUALIZATION OF GENERALIZED GEOSPATIAL DATA ON THE NATIONAL GEOPORTAL

The study is devoted to the methodological and mathematical substantiation of methods and models for geovisualization of the topographic base as the primary background layer of the National Geoportal of the National Spatial Data Infrastructure. A mathematical model for representing the feature catalogue and its attributes based on discrete mathematics methods has been developed, along with geoinformation methods for the automated generalization of the basic topographic map at a scale of 1:10,000. The structure of the Specification for geospatial datasets of topographic maps at scales of 1:25,000, 1:50,000, 1:100,000, 1:200,000, 1:500,000, and 1:1,000,000 is presented. Examples of applying predicates for feature selection and geometry transformation are provided. It is demonstrated that the use of a unified basic topographic base at a scale of 1:10,000, followed by its software-based generalization using geoinformation methods, is necessary to ensure the consistency of geovisualization across the scale range from 1:25,000 to 1:1,000,000 on the National Geoportal.

Keywords: National Spatial Data Infrastructure; geovisualization; automated generalization; geoportal; topographic base; geospatial data specification.

REFERENCES

1. Karpinskyi Yu.O., Lyashchenko A.A., Lazorenko N.Yu., Kin D.O. (2023). Fundamentals of Creating Interoperable Geospatial Data. Kyiv: KNUBA. Available at: https://repositary.knuba.edu.ua/handle/123456789/14205 {in Ukrainian}.

2. Karpinskyi Yu., Lazorenko-Hevel N., Kin D. (2020). INSPIREID implementation in the topographic database of the Main State Topographic Map of Ukraine. ISTCGCAP, 91(91), 20-27. DOI: https://doi.org/10.23939/istcgcap2020.91.020. {in English}

3. Karpinskyi Yu., Lyashchenko A., Lazorenko N., Kin D. (2026). System of components for ensuring the creation of digital topographic maps. Modern Achievements of Geodetic Science and Industry. Issue I (51), 127-138. Available at: https://ena.lpnu.ua/handle/ntb/125358 {in Ukrainian}.

4. Dumont M., Touya G., Duchêne C. (2020). Designing Multi-Scale Maps: Lessons Learned from Existing Practices. International Journal of Cartography. DOI: https://doi.org/10.1080/23729333.2020.1717832. {in English}

5. Zinenko R. (2025). Features of using the Web Map Tile Service WMTS in the National Geoportal of the NSDI. Spatial Development, 13, 514-524. DOI: https://doi.org/10.32347/2786-7269.2025.13.514-524 {in Ukrainian}.

6. Zinenko R. (2026). Analysis and evaluation of the use of the WMS visualization web service in the National Geoportal of the NSDI. Spatial Development, 16, 431-441. DOI: https://doi.org/10.32347/2786-7269.2026.16.431-441 {in Ukrainian}.

7. Karpinskyi Yu., Lyashchenko A., Lazorenko-Hevel N., Cherin A., Kin D., Havryliuk Ye. (2021). Main state topographic map: structure and principles of the creation of a database. Geoinformatics. Vol. 2021. P. 1-6. DOI: https://doi.org/10.3997/2214-4609.20215521043. {in English}

8. Lyashchenko A., Karpinskyi Yu., Havryliuk Ye., Cherin A. (2021). Methods and tools for ensuring interoperability of the components of the National Spatial Data Infrastructure. Urban Development and Spatial Planning, 77, 309-319. DOI: https://doi.org/10.32347/2076-815x.2021.77.309-319 {in Ukrainian}.

9. Baella B., Lleopart A., Pla M. (2012). ICC topographic databases: design of a MRDB for data management optimization. In: Proceedings of the 15th ICA Workshop on Generalisation and Multiple Representation. Istanbul. Available at: https://kartographie.geo.tu-dresden.de/downloads/ica-gen/submissions2012/genemr2012_session4_sub4.pdf. {in English}

10. Zhang X., Guo T., Huang J., Xin Q. (2016). Propagating updates of residential areas in multi-representation databases using constrained Delaunay triangulations. ISPRS International Journal of Geo-Information. Vol. 5, No. 6. P. 80. DOI: https://doi.org/10.3390/ijgi5060080. {in English}

11. Çobankaya O.N., Uluğtekin N. (2013). Updating the multiple representation database. In: Proceedings of the 26th International Cartographic Conference. P. 1-8. Available at: https://icaci.org/files/documents/ICC_proceedings/ICC2013/_extended_Abstract/49_proceeding.pdf. {in English}

12. Stoter J., Visser T., van Oosterom P., Quak W., Bakker N. (2011). A semantic-rich multi-scale information model for topography. International Journal of Geographical Information Science. Vol. 25, No. 5. P. 739-763. DOI: https://doi.org/10.1080/13658816.2010.490218. {in English}

13. Brewer C.A., Stanislawski L.V., Buttenfield B.P., Sparks K.A., McGilloway J., Howard M. A. (2013). Automated thinning of road networks and road labels for multiscale design of The National Map of the United States. Cartography and Geographic Information Science. Vol. 40, No. 4. P. 259-270. DOI: https://doi.org/10.1080/15230406.2013.799735. {in English}

14. Varol M.B., Şanlıoğlu İ. (2017). Open geospatial consortium web map and feature services and free/open source server/client software. International Journal of Engineering and Geosciences. Vol. 2, No. 1. P. 17-26. DOI: https://doi.org/10.26833/ijeg.286691. {in English}

15. DSTU ISO 19107:2017. (2017). Geographic Information. Spatial Schema (ISO 19107:2003, IDT). Kyiv: SE UkrNDNC {in Ukrainian}.

16. ISO 19131:2022. (2022). Geographic Information - Data Product Specifications. 2nd ed. Geneva: International Organization for Standardization.

17. DSTU 8774:2018. (2018). Geographic Information. Rules for Geospatial Data Modelling. Kyiv: SE UkrNDNC {in Ukrainian}.

18. DSTU ISO/TS 19139:2017. (2017). Geographic Information. Metadata - XML Schema Implementation (ISO/TS 19139:2007, IDT). Kyiv: SE UkrNDNC {in Ukrainian}.

DOI: 10.32347/2076-815x.2026.93.678-693
УДК 528.44:349.6:502.3(477)
к.е.н., доцент **Нестеренко Г.Б.**,
galianesterenko@gmail.com, ORCID: 0000-0002-4411-1242,
Львівський національний університет ветеринарної медицини
та біотехнологій імені С.З. Ґжицького

ІНФОРМАЦІЙНІ СИСТЕМИ ЗЕМЕЛЬНОГО КАДАСТРУ В УМОВАХ ВОЄННОГО СТАНУ: ВИКЛИКИ ТА ШЛЯХИ АДАПТАЦІЇ

Актуальність дослідження зумовлена необхідністю забезпечення стійкого та захищеного функціонування земельно-кадастрових систем України в умовах воєнного стану. Кадастрова система є критичною інформаційною інфраструктурою, яка гарантує прозорість земельних відносин, юридичну визначеність прав власності та інвестиційну привабливість держави. В умовах військових загроз особливої ваги набувають питання кіберзахисту, резервування даних та інтеграції міжнародних стандартів. Мета роботи полягає у комплексному дослідженні міжнародних стандартів захисту кадастрових систем (ISO 19152 LADM, INSPIRE Directive, OGC Standards), оцінці сучасного стану українського кадастру та визначенні можливостей їх адаптації до українських реалій. Методологія дослідження ґрунтується на системному та порівняльному аналізі міжнародних моделей, SWOT-аналізі та побудові ризик-матриці української кадастрової системи, а також на використанні методів правового аналізу, геоінформаційного моделювання та стратегічного планування. Основні результати включають класифікацію загроз для кадастрових систем (технічні, кібернетичні, правові, військові та соціальні), побудову ризик-матриці, аналіз сучасного стану українського кадастру у кризових умовах, узагальнення міжнародного досвіду (Естонія, Нідерланди, Грузія, Боснія і Герцеговина, Афганістан) та розробку практичних рекомендацій щодо модернізації й захисту кадастрових систем України. Практична цінність роботи полягає у можливості використання запропонованих рішень органами влади для захисту кадастрових даних, відновлення територій та залучення інвестицій. Рекомендації охоплюють резервування даних у хмарних та міжнародних дата-центрах, гармонізацію українського кадастру з міжнародними стандартами ISO та INSPIRE, впровадження супутникових технологій для оперативного оновлення інформації, удосконалення законодавчої бази та підвищення рівня кіберзахисту. Перспективи подальших досліджень полягають у створенні інтегрованих моделей управління земельними ресурсами, які поєднують кадастрові дані з екологічними та економічними реєстрами, а також у

розробці інноваційних механізмів захисту критичної інфраструктури від гібридних загроз.

Ключові слова: земельний кадастр; інформаційні системи; воєнний стан; міжнародні стандарти; ISO 19152; INSPIRE Directive; кіберзахист; ризик-матриця.

Проблема і її зв'язок із науковими і практичними завданнями. Земельно-кадастрові системи України є складовою критичної інформаційної інфраструктури, від якої залежить прозорість земельних відносин, юридична визначеність прав власності та інвестиційна привабливість держави. У мирний час вони забезпечують ефективне управління територіями, інтеграцію даних про землекористування та підтримку стратегій сталого розвитку. Проте в умовах воєнного стану їхнє функціонування опинилося під загрозою через низку чинників.

По-перше, військові дії спричинили руйнування серверів, втрату архівів та знищення адміністративних будівель, що унеможливлює безперервне ведення кадастрових даних. По-друге, зросла кількість кібернетичних атак, спрямованих на маніпуляцію інформацією про права власності та межі земельних ділянок, що створює правову невизначеність і соціальну напругу. По-третє, чинне законодавство України не містить достатньо чітких норм щодо резервування кадастрових даних у кризових умовах, що підвищує ризики їхньої втрати. Нарешті, недовіра громадян до достовірності кадастрової інформації знижує інвестиційну привабливість територій та ускладнює процес відновлення земельних прав.

Таким чином, проблема полягає у необхідності забезпечення стійкості та захищеності кадастрових систем України в умовах воєнного стану. Це потребує інтеграції міжнародних стандартів (ISO 19152 LADM [1, 2], INSPIRE Directive [3], OGC Standards [4]), впровадження сучасних технологій резервування та супутникового моніторингу, а також удосконалення законодавчої бази. Лише комплексний підхід дозволить гарантувати безперервність функціонування кадастрових систем, захист прав власності та створення умов для відновлення територій після завершення воєнних дій.

У сучасних наукових дослідженнях земельного адміністрування особлива увага приділяється цифровізації кадастрових систем та їхньому захисту у кризових умовах. Актуальність проблеми підтверджується сучасними публікаціями, де українські та міжнародні автори наголошують на необхідності поєднання геоінформаційних технологій, правових механізмів та міжнародних стандартів для забезпечення стійкості кадастрових систем.

Домашенко Г., Молнар С., Прокопенко Н. [5] досліджували зміни у структурі землекористування України під час війни, підкреслюючи важливість геодезичного моніторингу для відновлення територій. Калина Т., Островський І., Соловйов І. [6] показали ефективність дистанційного зондування Землі для виявлення наслідків військових дій у землекористуванні, що підтверджує значення супутникових технологій у кризових умовах.

Міжнародні стандарти ISO 19152:2024 [1] та ISO 19152-2:2025 [2] визначають концептуальні моделі управління земельними ресурсами та реєстрації прав власності, що робить їх актуальними для України. У Європейському Союзі оновлена INSPIRE Directive [3] у рамках ініціативи GreenData4All (2024) [7] розширює можливості інтеграції просторових даних для забезпечення стійкості кадастрових систем у кризових умовах.

У сфері геоінформаційних технологій Lutema, E. K. [8] підкреслює роль геопросторової розвідки (GEOINT) у військових конфліктах, а Bosc R., Hermes M. [9] аналізує використання геоінформаційних технологій у війні в Україні, що підтверджує їхню стратегічну значущість. Водночас українські дослідники Дрозд В., Мічута О. [10] акцентують увагу на проблемах кіберзахисту автоматизованих систем земельного кадастру, що вказує на потребу вдосконалення нормативної бази та технічних рішень.

Проте новизна нашого дослідження полягає у поєднанні міжнародних стандартів, інноваційних технологій та національних реформ, що є ключем до стійкості кадастрових систем у кризових умовах. Це створює наукове підґрунтя для подальших досліджень та практичних рекомендацій щодо адаптації українського кадастру до викликів воєнного часу.

Метою дослідження є комплексне вивчення викликів, що постають перед інформаційними системами земельного кадастру України в умовах воєнного стану. Актуальність дослідження зумовлена визначенням даних викликів та шляхів їх адаптації до кризових умов із використанням міжнародних стандартів і технологій.

Наукова новизна полягає у:

- аналізі міжнародних стандартів (ISO 19152 LADM [1, 2], INSPIRE Directive [3], OGC Standards [4]), які забезпечують інтероперабельність, стійкість та захист кадастрових систем;

- оцінці сучасного стану українського кадастру та виявлення його сильних і слабких сторін у контексті воєнних загроз;

- узагальненні міжнародного досвіду країн, що пережили військові конфлікти (Естонія, Нідерланди, Грузія, Боснія і Герцеговина, Афганістан), для визначення практичних рішень, які можуть бути адаптовані в Україні;

-формуванні рекомендацій щодо модернізації та захисту кадастрових систем України, включаючи резервування даних, удосконалення кіберзахисту, інтеграцію супутникових технологій та оновлення законодавчої бази.

Варто зазначити, що серед прикладів адаптації кадастрових систем у кризових умовах ми розглядаємо досвід Естонії та Нідерландів. Хоча ці країни не переживали масштабних воєнних дій на своїй території, їхні практики є показовими для України. Естонія після кібернападів 2007 року запровадила модель «data embassy», що забезпечує збереження державних реєстрів у закордонних дата-центрах, мінімізуючи ризики втрати критичної інформації. Нідерланди, зіткнувшись із постійними природними загрозами (повені, зміни клімату), інтегрували кадастрові дані у системи кризового планування та управління територіями. Таким чином, досвід цих країн демонструє, що адаптація кадастрових систем можлива не лише у воєнному контексті, а й у випадках інших кризових викликів, що є корисним для України в умовах воєнного стану.

Таким чином, мета дослідження полягає не лише у теоретичному порівнянні міжнародних моделей, але й у розробці практичних механізмів, здатних забезпечити безперервність функціонування кадастрових систем України, захист прав власності та створення умов для відновлення територій та залучення інвестицій у післявоєнний період.

Обговорення викликів, що постають перед інформаційними системами земельного кадастру України базується на порівнянні міжнародних практик із українськими реаліями, що дозволяє оцінити можливість їх адаптації. Використаємо SWOT-аналіз для визначення сильних і слабких сторін українського кадастру, а також ризик-матрицю для пріоритизації загроз.

Виклад основного матеріалу. У ході дослідження було систематизовано основні ризики, що впливають на функціонування кадастрових систем у кризових умовах. Вони охоплюють технічний, кібернетичний, правовий, військовий та соціальний виміри, що відповідає міжнародним підходам (ISO [1]; INSPIRE Directive [3]):

- *технічні загрози.* До технічних ризиків належать руйнування серверів та обладнання внаслідок аварій чи бойових дій, збої програмного забезпечення, а також відсутність резервних копій даних. Такі проблеми призводять до втрати інформації та зниження стійкості системи [5];

- *кібернетичні загрози.* Кадастрові системи є вразливими до хакерських атак, маніпуляцій даними та витоку конфіденційної інформації. Це створює ризики неправдивих записів про права власності та межі земельних ділянок, що може спричинити соціальну напругу. Українські дослідники наголошують на недостатньому рівні кіберзахисту автоматизованих систем [10];

- *правові загрози.* Правові ризики пов'язані з недостатньою регламентацією резервування кадастрових даних у законодавстві. Закон України «Про правовий режим воєнного стану» [11] визначає загальні правила функціонування державних систем, але не містить окремих положень щодо захисту кадастрових даних. Це створює прогалини у правовому забезпеченні стійкості кадастру;

- *військові загрози.* До військових загроз належать цілеспрямоване знищення інфраструктури, втрати архівів та документів унаслідок окупації чи руйнування адміністративних будівель. Подібні випадки фіксувалися у Боснії і Герцеговині та Афганістані, де кадастрові архіви були частково знищені під час конфліктів [9];

- *соціальні загрози.* Соціальні ризики проявляються у зниженні довіри громадян до достовірності кадастрових даних, що негативно впливає на інвестиційну привабливість територій. Недовіра до державних реєстрів у кризових умовах може призвести до правових спорів та зниження ефективності управління земельними ресурсами [6].

Для наочного представлення систематизованих загроз було складено ризик-матрицю, яка демонструє співвідношення ймовірності та впливу кожної категорії ризиків на функціонування кадастрової системи України у воєнний час, таблиця 1 [5, 10, 9].

Як видно з матриці, найбільш критичними є кібернетичні та військові загрози, які мають високу ймовірність і високий вплив. Вони становлять найбільший ризик для безперервності функціонування кадастрової системи та потребують першочергових заходів захисту.

Технічні та соціальні загрози також мають високий вплив, але їх можна мінімізувати за рахунок резервування даних, модернізації інфраструктури та підвищення довіри громадян до достовірності кадастрової інформації.

Правові загрози мають середню ймовірність і середній вплив, проте створюють правову невизначеність, яка ускладнює управління земельними ресурсами. Їхнє подолання можливе шляхом удосконалення законодавчої бази та гармонізації з міжнародними стандартами [1, 3].

Таким чином, класифікація загроз дозволяє системно оцінити ризики для кадастрових систем та визначити пріоритетні напрями їхнього захисту. Вона охоплює технічний, кібернетичний, правовий, військовий та соціальний виміри, що підтверджується сучасними дослідженнями та міжнародним досвідом [1, 2, 3].

Аналіз практик інших країн, що пережили військові конфлікти або активно впроваджували цифровізацію кадастрових систем, показує різні моделі захисту та модернізації земельно-кадастрової інфраструктури.

Естонія. Естонія є прикладом цифрової держави, яка забезпечує високий рівень кіберзахисту та інтероперабельності кадастрових даних. Система X-Road дозволяє здійснювати безпечний обмін даними між державними реєстрами, а цифрова ідентифікація (ID-картка, Mobile-ID) гарантує довіру громадян до кадастрової інформації навіть у кризових умовах [8,15].

Таблиця 1

Ризик-матриця земельно-кадастрової системи України у воєнний час

Категорія загрози	Приклади	Ймовірність	Вплив	Джерела
Технічні	Руйнування серверів; збої програмного забезпечення; відсутність резервних копій	Середня	Високий	Домашенко Г., Молнар С., Прокопенко Н. [5]; StateGeoCadastre [12]
Кібернетичні	Хакерські атаки; маніпуляції даними; витік конфіденційної інформації	Висока	Високий	Дрозд В., Мічута О. [10]; Bosc R., Hermes M. [9]
Правові	Недостатня регламентація резервування даних; відсутність спеціальних норм у законодавстві	Середня	Середній	Закони України «Про Державний земельний кадастр» [13]; «Про правовий режим воєнного стану» [11]
Військові	Цілеспрямоване знищення інфраструктури; втрати архівів під час бойових дій	Висока	Високий	Bosc R., Hermes M. [9]; Christoplos I., Engstrand K., Liljelund Hedqvist A. [14]
Соціальні	Недовіра громадян до достовірності даних; соціальна напруга через спірні права	Середня	Високий	Калина Т., Островський І., Соловйов І. [6]; Домашенко Г., Молнар С., Прокопенко Н. [5]

Нідерланди. У Нідерландах кадастрова система інтегрована з екологічними та економічними реєстрами відповідно до вимог INSPIRE Directive [3]. Використання ключових реєстрів (addresses, topography, 3D cadastre) забезпечує принцип «only once» для державних послуг, що підвищує ефективність управління та стійкість системи [16, 17].

Грузія. Після політичних криз та військових конфліктів уряд Грузії запровадив систематичну реєстрацію земельних ділянок. У 2016 році було ухвалено закон про спеціальні процедури реєстрації прав на землю, що дозволило відновити довіру громадян та забезпечити прозорість земельних відносин [18-20].

Боснія і Герцеговина. Після війни 1990-х років кадастрові архіви країни були частково зруйновані. За підтримки міжнародних організацій [14] було реалізовано проєкти з відновлення земельного реєстру та створення стійкої системи кадастру та реєстрації нерухомості. Основна мета — відновлення соціальної довіри та інтеграція у європейські стандарти [9, 21, 22].

Афганістан. Афганістан демонструє приклад слабкої інфраструктури та потреби у міжнародній допомозі. Проєкт Afghanistan Land Administration System Project (ALASP) [23, 24] за підтримки Світового банку спрямований на створення сучасної системи земельної адміністрації, включаючи цифрову реєстрацію прав та видачу сертифікатів. Основними викликами залишаються низький рівень довіри та нестача технічних ресурсів [9].

Міжнародний досвід свідчить, що ключовими чинниками стійкості кадастрових систем у кризових умовах є:

- резервування даних у хмарних та міжнародних дата-центрах [1,2];
- інтеграція міжнародних стандартів [3, 4];
- використання супутникових технологій та геоінформаційної розвідки [8];
- законодавчі реформи та міжнародна підтримка [9,10].

Таким чином, досвід Естонії та Нідерландів демонструє високий рівень цифровізації та кіберзахисту, приклади Грузії та Боснії підтверджують важливість законодавчих реформ і міжнародної допомоги, а Афганістан ілюструє ризики слабкої інфраструктури та необхідність зовнішньої підтримки.

До 2022 року Україна мала одну з найбільш цифровізованих кадастрових систем у Східній Європі. Державний земельний кадастр (ДЗК) функціонував як електронна система з відкритим доступом до кадастрової карти, що дозволяло громадянам перевіряти інформацію про земельні ділянки онлайн [12]. Система була інтегрована з іншими державними реєстрами – реєстром нерухомості та реєстром прав власності, що забезпечувало комплексність даних та зменшувало кількість дублювань [5].

Україна також розпочала імплементацію INSPIRE Directive [3], яка передбачає створення інфраструктури просторової інформації для сумісності з системами ЄС. Це дозволило частково гармонізувати кадастрові дані з європейськими стандартами. Активно впроваджувалася цифровізація архівів та переведення даних у електронний формат, що підвищувало точність і доступність кадастрової інформації [6].

Однак війна виявила низку суттєвих проблем:

- неповнота даних – частина земельних ділянок залишалася невнесеною до ДЗК через історичні прогалини та технічні збої при перенесенні даних;

- дублювання інформації – різні реєстри іноді містили суперечливі відомості, що створювало правову невизначеність;

- недостатній рівень кіберзахисту – хоча система мала атестат відповідності комплексної системи захисту інформації (КСЗІ), експерти відзначали її вразливість до кібератак [10].

Таким чином, сучасний стан українського кадастру характеризується високим рівнем цифровізації та відкритості даних, але водночас – наявністю критичних вразливостей. У кризових умовах ці проблеми загострюються, що підтверджує необхідність інтеграції міжнародних стандартів, резервування даних у хмарних дата-центрах та вдосконалення законодавчої бази.

Міжнародні стандарти управління земельними ресурсами визначають високі вимоги до стійкості, інтероперабельності та захисту кадастрових систем. Найбільш значущими для України є ISO 19152 Land Administration Domain Model (LADM) [1, 2] та INSPIRE Directive [3] Європейського Союзу.

Відповідність українського кадастру міжнародним стандартам:

- цифровізація та відкритість даних. Український кадастр до 2022 року був одним із найбільш цифровізованих у Східній Європі, що відповідає вимогам ISO 19152 щодо прозорості та доступності даних [1];

- інтеграція з державними реєстрами. Система частково гармонізована з INSPIRE Directive, що забезпечує сумісність кадастрових даних із іншими державними реєстрами [3];

- використання геоінформаційних технологій. Україна активно застосовує дистанційне зондування Землі та супутниковий моніторинг, що відповідає міжнародним практикам [6].

Відповідно, прогалини українського кадастру такі:

- *резервування даних.* На відміну від Естонії та Нідерландів, де резервування здійснюється у хмарних та міжнародних дата-центрах, український кадастр не має достатньо розвиненої системи резервування [5].

- *кіберзахист.* Хоча система має атестат відповідності комплексної системи захисту інформації, рівень кіберзахисту залишається недостатнім. Це суперечить вимогам ISO 19152 щодо захисту від несанкціонованого доступу [10].

- *правове забезпечення.* Законодавство України не містить чітких норм щодо захисту кадастрових даних у кризових умовах, тоді як INSPIRE Directive передбачає правові механізми для забезпечення стійкості систем [3].

- *інтеграція екологічних та економічних даних.* Український кадастр поки що обмежено інтегрований із екологічними та економічними реєстрами, тоді як у країнах ЄС це є обов’язковою вимогою [2].

Таким чином, український кадастр має високий рівень цифровізації та відкритості, але відстає у питаннях резервування даних, кіберзахисту та правового забезпечення. Порівняння з міжнародними стандартами підтверджує необхідність гармонізації української системи з ISO 19152 [1] та INSPIRE Directive [3], а також впровадження інноваційних технологій для забезпечення її стійкості у кризових умовах.

На основі проведеного аналізу та порівняння українського кадастру з міжнародними стандартами [1, 2, 3] сформовано комплекс практичних рекомендацій, спрямованих на забезпечення стійкості та захищеності кадастрових систем у кризових умовах. Їх реалізація дозволить забезпечити безперервність функціонування кадастру, захист прав власності та створення умов для відновлення територій і залучення інвестицій у післявоєнний період:

- *резервування даних.* Створення системи багаторівневого резервування кадастрових даних у хмарних та міжнародних дата-центрах, що відповідає практикам Естонії та Нідерландів. Використання технологій блокчейн для захисту від маніпуляцій та забезпечення незмінності записів;

- *інтеграція міжнародних стандартів.* Гармонізація українського кадастру з ISO 19152 LADM та INSPIRE Directive, що забезпечить інтероперабельність та сумісність із європейськими системами. Впровадження стандартів Open Geospatial Consortium (OGC) для обміну геопросторовими даними;

- *використання супутникових технологій.* Застосування методів дистанційного зондування Землі та супутникового моніторингу для оперативного оновлення кадастрової інформації. Інтеграція геоінформаційної розвідки (GEOINT) для оцінки змін у землекористуванні під час воєнних дій;

- *удосконалення законодавчої бази.* Внесення змін до Закону України «Про Державний земельний кадастр» та «Про правовий режим воєнного стану» з метою чіткої регламентації резервування даних та захисту кадастрових систем у кризових умовах. Розробка спеціальних процедур для відновлення кадастрових даних після військових конфліктів, за прикладом Грузії та Боснії;

- *підвищення рівня кіберзахисту.* Впровадження сучасних систем кіберзахисту та цифрової ідентифікації користувачів, що відповідає практикам Естонії. Створення національного центру моніторингу кіберзагроз для кадастрових систем.

Висновки. У результаті дослідження встановлено, що земельно-кадастрові системи України є критичною інформаційною інфраструктурою, яка потребує комплексного захисту в умовах воєнного стану. Проведена класифікація загроз (технічні, кібернетичні, правові, військові та соціальні) та побудова ризик-матриці дозволили визначити їхню пріоритетність і ступінь

впливу. Найбільш критичними виявилися кібернетичні та військові загрози, які мають високу ймовірність і високий вплив, що підтверджує необхідність першочергових заходів у цих сферах.

Міжнародний досвід (Естонія, Нідерланди, Грузія, Боснія і Герцеговина, Афганістан) показав, що стійкість кадастрових систем забезпечується завдяки:

- резервуванню даних у хмарних та міжнародних дата-центрах;
- інтеграції міжнародних стандартів ISO 19152 та INSPIRE Directive;
- використанню супутникових технологій та геоінформаційної розвідки;
- законодавчим реформам і міжнародній підтримці.

Порівняння українського кадастру з міжнародними стандартами засвідчило його високий рівень цифровізації та відкритості даних, але водночас – наявність проблем неповноти інформації, дублювання записів і недостатнього кіберзахисту. Це підтверджує потребу у гармонізації української системи з міжнародними стандартами та впровадженні інноваційних технологій.

Рекомендації, розроблені у дослідженні, охоплюють технічний, правовий та організаційний рівні: створення системи багаторівневого резервування кадастрових даних; гармонізацію українського кадастру з міжнародними стандартами ISO та INSPIRE; впровадження супутникових технологій для оперативного оновлення даних; удосконалення законодавчої бази щодо захисту кадастрових систем у кризових умовах; підвищення рівня кіберзахисту та цифрової ідентифікації користувачів.

Особистий вклад автора полягає у: систематизації загроз та побудову ризик-матриці; аналізі сучасного стану українського кадастру; узагальненні міжнародного досвіду; формуванні практичних рекомендацій для України; розробці концептуальних положень щодо модернізації кадастрових систем у кризових умовах.

Подальші наукові дослідження мають бути спрямовані на: розробку інтегрованих моделей управління земельними ресурсами, які поєднують кадастрові дані з екологічними та економічними реєстрами; створення інноваційних механізмів захисту критичної інфраструктури від гібридних загроз; формування стратегій цифрової трансформації земельного адміністрування з урахуванням міжнародного досвіду та українських реалій.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ:

1. ISO 19152-1:2024. Geographic information – Land Administration Domain Model (LADM). Part 1: Generic conceptual model. URL: https://www.iso.org/standard/81263.html

2. ISO 19152-2:2025 Geographic information – Land Administration Domain Model (LADM) – Part 2: Land registration. International Organization for Standardization. URL: https://www.iso.org/standard/81264.html

3. INSPIRE Directive 2007/2/EC of the European Parliament and of the Council establishing an Infrastructure for Spatial Information in the European Community (INSPIRE) URL: https://eur-lex.europa.eu/eli/dir/2007/2/oj/eng

4. OGC Standards Open Geospatial Consartium. URL: https://www.ogc.org/

5. Домашенко Г., Молнар С., Прокопенко Н. Геодезичне забезпечення процесів моніторингу змін у структурі землекористування України в період збройної агресії росії та постконфліктного відновлення. *Землеустрій, кадастр і моніторинг земель.* 2025. № 2. С. 20-32. DOI: https://doi.org/10.31548/zemleustriy2025.02.02. URL: https://www.journals.nubip.edu.ua/index.php/Zemleustriy/en/article/view/51809

6. Калина Т., Островський І., Соловйов І. Застосування геодезичних методів та дистанційного зондування для виявлення наслідків військових дій у структурі землекористування. *Український журнал прикладної економіки та технологій.* 2025 № 4, С. 297–301. https://doi.org/10.36887/2415-8453-2025-4-59 ujae.org.ua URL:https://ujae.org.ua/en/application-of-geodetic-methods-and-remote-sensing-for-detecting-the-consequences-of-military-actions-in-the-land-use-structure/

7. GreenData4All – legislative proposal revising the INSPIRE Directive and the Directive on Public Access to Environmental Information. Document Ares. 2024. 1442613. URL: https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=intcom:Ares%282024%291442613

8. Lutema, E.K. The role of geospatial intelligence in modern military operations. Northeast Normal University. EarthArXiv. *Engineering, Physical Sciences and Mathematics.* Janeway, 2025. 13 p. URL: https://doi.org/10.31223/X5V72B https://eartharxiv.org/repository/view/8618/

9. Bosc R., Hermes M. Geospatial technology's role in the conflict in Ukraine. The German Marshall Fund of the United States (GMF). Shutterstock.com. 2022. URL: https://www.gmfus.org/news/geospatial-technologys-role-conflict-ukraine

10. Дрозд В., Мічута О. Захист даних в автоматизованих системах управління земельними ресурсами органів місцевого самоврядування. *Моделювання, управління та інформаційні технології.* 2025. https://doi.org/10.31713/MCIT.2025.038 mcitdoc.org.ua URL: https://www.researchgate.net/publication/397904719_Zahist_danih_v_avtomatizovanih_sistemah_upravlinna_zemelnimi_resursami_organiv_miscevogo_samovraduvanna

11. Закон України «Про правовий режим воєнного стану» від 12.05.2015 № 389-VIII

12. StateGeoCadastre. (2023). Technical assessment of the Automated System of the State Land Cadastre (AS DZK). Executive summary. Kyiv, 2023. 32. URL: https://dap.nazk.gov.ua/uploads/osr-205/zahid-503/zahid-progress-206/organ-148/Executive%20Summary_eng.pdf

13. Закон України «Про Державний земельний кадастр» від 07.07.2011 № 3613-VI.

14. Christoplos I., Engstrand K., Liljelund Hedqvist A. Capacity Development Literature Review. UTV Working Paper, 2014:1. Sida. URL: https://cdn.sida.se/publications/files/sida61727en-capacity-development-literature-review.pdf

15. Cybersecurity strategy 2024–2030 «Cyber-conscious Estonia» URL:https://www.enisa.europa.eu/sites/default/files/ncss-map/strategies/reports/EE_NCSS_2024_en.pdf

16. Bulens J., Grothe M., Geonovum. (2015) INSPIRE in the Netherlands URL: https://www.gdi.nrw/system/files/media/document/file/2015-11-19_gdi-forum_inspire_bulens.pdf

17. Kruse D. (2024) Digitalisation and new technologies within spatial data in relation to key registers topography, addresses / buildings and 3D cadastre URL: https://www.fig.net/resources/proceedings/fig_proceedings/fig2024/papers/ts02a/TS02A_kruse_12712.pdf

18. Gabriadze T., Grigolia E. Land Registration Reform in Georgia – Innovative Solutions and Approaches. FIG Working Week 2023. URL: https://www.fig.net/resources/proceedings/fig_proceedings/fig2023/papers/ts04f/TS04F_gabriadze_grigolia_12027.pdf

19. Tsitsagi A. From Territory to Cadastre: Systematic Registration of Land Plots in Georgia. URL:https://ens.conferences.tsu.ge/assets/uploads/conference-attachments/9a47664461f81.pdf

20. World Bank (2016). Georgia: Land Registration and Cadastre Reform. Analytical report. URL: https://landportal.org/sites/default/files/landlibrary-resources/library/RW0201.pdf

21. Horisberger J.-L. Land Administration in Bosnia and Herzegovina after the war // Symposium on Land Administration in Post Conflict Areas. – Geneva, April 29–30, 2004. – Sida & GTZ Land Registry Project. URL: https://www.fig.net/resources/proceedings/2004/geneva_2004_comm7/papers/lapca_13_horisberger.pdf

22. Bagić D., Dedić D. (2004) The Impact of Aid for Reconstruction of Homes in Bosnia and Herzegovina. UTV Working Paper 2005:1. Department for

Evaluation and Internal Audit. Swedish international development cooperation agency. Sida. P. 78. URL: https://cdn.sida.se/publications/files/sida4887en-the-impact-of-aid-for-reconstruction-of-homes-in-bosnia-herzegovina.pdf

23. Bakici S., Sultani M.Z. (2020) WORLD BANK CONFERENCE ON LAND AND POVERTY. The World Bank – Washington DC, 2020 URL:https://www.oicrf.org/documents/40950/0/09-08-Bakici-1001_paper.pdf/7592a5c6-c1ce-8203-6e87-71ff5e486766?t=1648029804061

24. Afghanistan Land Administration System Project (ALASP). Independent Evaluation Group (IEG) Implementation Completion Report (ICR) Review Project overview and reports. World Bank (2018). URL:https://documents1.worldbank.org/curated/en/099042123170027718/pdf/P1647620ed3a3d08c0a48d0ce6741cc428d.pdf

PhD in Economic Sciences, Associate Professor **Galyna Nesterenko**,
Stepan Gzhytskyi National University
of Veterinary Medicine and Biotechnologies Lviv

LAND CADASTRE INFORMATION SYSTEMS UNDER MARTIAL LAW: CHALLENGES AND ADAPTATION PATHS

This article highlights the critical need for stable and secure functioning of land cadastre information systems in Ukraine under martial law. The cadastre system is essential for maintaining transparency in land relations, legal certainty of property rights, and the investment attractiveness of the state. During wartime, cybersecurity, data backup, and the integration of international standards become particularly vital. The purpose of this study is to comprehensively analyze international standards for protecting cadastre systems, specifically ISO 19152 LADM, INSPIRE Directive, and OGC Standards, evaluate the current state of the Ukrainian cadastre, and identify ways to adapt them to the national context. The methodology employs systemic and comparative analyses of international models, SWOT analysis, and the construction of a risk matrix for the Ukrainian cadastre system. It also includes legal analysis, geoinformation modeling, and strategic planning. The primary results of this study include the classification of threats to cadastre systems, namely technical, cyber, legal, military, and social threats. A risk matrix has been developed to prioritize these threats. The current state of the Ukrainian cadastre has been analyzed under crisis conditions, and international experiences from countries such as Estonia, the Netherlands, Georgia, Bosnia and Herzegovina, and Afghanistan have been summarized. Practical recommendations for the modernization and protection of Ukraine's cadastre systems have also been formulated. The practical value of this

study lies in its potential application by government authorities to safeguard cadastre data, restore territories, and attract investments. Recommendations include implementing data backup systems in cloud and international data centers, harmonizing the Ukrainian cadastre with ISO and INSPIRE standards, utilizing satellite technologies for timely data updates, enhancing the legal framework, and bolstering cybersecurity measures. Future research prospects involve developing integrated models for land resource management that combine cadastre data with ecological and economic registers, as well as creating innovative mechanisms to protect critical infrastructure from hybrid threats.

Key words: land cadastre; information systems; martial law; international standards; ISO 19152; INSPIRE Directive; cybersecurity; risk matrix

REFERENCES

1. ISO 19152-1:2024. Geographic information – Land Administration Domain Model (LADM). Part 1: Generic conceptual model. URL: https://www.iso.org/standard/81263.html {in English}

2. ISO 19152-2:2025 Geographic information – Land Administration Domain Model (LADM) – Part 2: Land registration. International Organization for Standardization. URL: https://www.iso.org/standard/81264.html {in English}

3. INSPIRE Directive 2007/2/EC of the European Parliament and of the Council establishing an Infrastructure for Spatial Information in the European Community (INSPIRE) URL: https://eur-lex.europa.eu/eli/dir/2007/2/oj/eng {in English}

4. OGC Standards Open Geospatial Consartium. URL: https://www.ogc.org/ {in English}

5. Domashenko H., Molnar S., Prokopenko N. (2025), Heodezychne zabezbechennia protsesiv monitorynhu zmin u strukturi zemlekorystuvannia Ukrainu v period zbroinoi ahresii rosii ta postkonfliktnoho vidnovlennia. *Zemleustrii, kadastr i monitorynh zeme*l, № 2. S. 20-32. DOI: https://doi.org/10.31548/zemleustriy2025.02.02. URL: https://www.journals.nubip.edu.ua/index.php/Zemleustriy/en/article/view/51809 {in Ukrainian}

6. Kalyna T., Ostrovskyi I., Soloviov I. (2025), Zastosuvannia heodezychnykh metodiv ta dystantsiinoho zonduvannia dlia vyiavlennia naslidkiv viiskovykh dii u strukturi zemlekorystuvannia. *Ukrainskyi zhurnal prykladnoi ekonomiky ta tekhnolohii,* № 4, S. 297–301. https://doi.org/10.36887/2415-8453-2025-4-59 ujae.org.ua URL: https://ujae.org.ua/en/application-of-geodetic-methods-and-remote-sensing-for-detecting-the-consequences-of-military-actions-in-the-land-use-structure/ {in Ukrainian}

7. GreenData4All – legislative proposal revising the INSPIRE Directive and the Directive on Public Access to Environmental Information. Document Ares. 2024. 1442613. URL: https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=intcom:Ares%282024%291442613 {in English}

8. Lutema, E.K. (2025), The role of geospatial intelligence in modern military operations. Northeast Normal University. EarthArXiv. *Engineering, Physical Sciences and Mathematics.* Janeway, 13 p. URL: https://doi.org/10.31223/X5V72B https://eartharxiv.org/repository/view/8618/ {in English}

9. Bosc R., Hermes M. (2022), Geospatial technology's role in the conflict in Ukraine. The German Marshall Fund of the United States (GMF). Shutterstock.com. URL: https://www.gmfus.org/news/geospatial-technologys-role-conflict-ukraine {in English}

10. Drozd V., Michuta O. (2025), Zakhyst danykh v avtomatyzovanykh systemakh upravlinnia zemelnymy resursamy orhaniv mistsevoho samovriaduvannia. *Modeliuvannia, upravlinnia ta infrmatsiini tekhnolohii*. https://doi.org/10.31713/MCIT.2025.038 mcitdoc.org.ua URL: https://www.researchgate.net/publication/397904719_Zahist_danih_v_avtomatizovanih_sistemah_upravlinna_zemelnimi_resursami_organiv_miscevogo_samovraduvanna {in Ukrainian}

11. Zakon Ukrainy «Pro pravovyi rezhym voiennoho stanu» vid 12.05.2015 № 389-VIII. Baza danykh «Zakonodavstvo Ukrainy» / VR Ukrainy. URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/389-19#Text {in Ukrainian}

12. StateGeoCadastre. Technical assessment of the Automated System of the State Land Cadastre (AS DZK). Executive summary. Kyiv, 2023. 32. URL: https://dap.nazk.gov.ua/uploads/osr-205/zahid-503/zahid-progress-206/organ-148/Executive%20Summary_eng.pdf {in English}

13. Zakon Ukrainy «Pro Derzhavnyi zemelnyi kadastr» vid 07.07.2011 № 3613-VI. Baza danykh «Zakonodavstvo Ukrainy» / VR Ukrainy. URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/3613-17#Text {in Ukrainian}

14. Christoplos I., Engstrand K., Liljelund Hedqvist A. (2014), Capacity Development Literature Review. UTV Working Paper, 1. Sida. URL: https://cdn.sida.se/publications/files/sida61727en-capacity-development-literature-review.pdf {in English}

15. Cybersecurity strategy 2024–2030 «Cyber-conscious Estonia» URL:https://www.enisa.europa.eu/sites/default/files/ncss-map/strategies/reports/EE_NCSS_2024_en.pdf {in English}

16. Bulens J., Grothe M., Geonovum. (2015) INSPIRE in the Netherlands URL: https://www.gdi.nrw/system/files/media/document/file/2015-11-19_gdi-forum_inspire_bulens.pdf {in English}

17. Kruse D. (2024) Digitalisation and new technologies within spatial data in relation to key registers topography, addresses / buildings and 3D cadastre URL: https://www.fig.net/resources/proceedings/fig_proceedings/fig2024/papers/ts02a/TS02A_kruse_12712.pdf {in English}

18. Gabriadze T., Grigolia E. Land Registration Reform in Georgia – Innovative Solutions and Approaches. FIG Working Week 2023. URL: https://www.fig.net/resources/proceedings/fig_proceedings/fig2023/papers/ts04f/TS04F_gabriadze_grigolia_12027.pdf {in English}

19. Tsitsagi A. From Territory to Cadastre: Systematic Registration of Land Plots in Georgia. URL:https://ens.conferences.tsu.ge/assets/uploads/conference-attachments/9a47664461f81.pdf {in English}

20. World Bank (2016), Georgia: Land Registration and Cadastre Reform. Analytical report. URL: https://landportal.org/sites/default/files/landlibrary-resources/library/RW0201.pdf {in English}

21. Horisberger J.-L. (2004), Land Administration in Bosnia and Herzegovina after the war // Symposium on Land Administration in Post Conflict Areas. – Geneva, April 29-30, 2004. – Sida & GTZ Land Registry Project. URL: https://www.fig.net/resources/proceedings/2004/geneva_2004_comm7/papers/lapca_13_horisberger.pdf {in English}

22. Bagić D., Dedić D. (2004), The Impact of Aid for Reconstruction of Homes in Bosnia and Herzegovina. UTV Working Paper 2005:1. Department for Evaluation and Internal Audit. Swedish international development cooperation agency. Sida. P. 78. URL: https://cdn.sida.se/publications/files/sida4887en-the-impact-of-aid-for-reconstruction-of-homes-in-bosnia-herzegovina.pdf {in English}

23. Bakici S., Sultani M.Z. (2020), WORLD BANK CONFERENCE ON LAND AND POVERTY. The World Bank – Washington DC. URL:https://www.oicrf.org/documents/40950/0/09-08-Bakici-1001_paper.pdf/7592a5c6-c1ce-8203-6e87-71ff5e486766?t=1648029804061 {in English}

24. Afghanistan Land Administration System Project (ALASP). Independent Evaluation Group (IEG) Implementation Completion Report (ICR) Review Project overview and reports. World Bank (2018). URL:https://documents1.worldbank.org/curated/en/099042123170027718/pdf/P1647620ed3a3d08c0a48d0ce6741cc428d.pdf {in English}

DOI: 10.32347/2076-815x.2026.93.694-712
УДК 528.8:551.588.7:004.9

к.п.н. **Русіна Н.Г,**
rusinanelja@gmail.com, ORCID: 0000-0001-5826-8788,
к.с-г.н. **Люльчик В.О.,**
midaff80@ukr.net, ORCID: 0000-0001-6360-6796,
Качановський О. І.,
myzvk2014@gmail.com, ORCID: 0000-0002-2322-8089,
Булакевич С.В.,
s.geotehnology@gmail.com, ORCID: 0000-0001-5311-2733,
Кушнірук О.М.,
o.m.kushniruk@gmail.com, ORCID: 0000-0003-0054-3956,
ВСП «Рівненський фаховий коледж НУБіП України»

ГЕОІНФОРМАЦІЙНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ПРОСТОРОВО-ЧАСОВОЇ ДИНАМІКИ МІСЬКИХ ОСТРОВІВ ТЕПЛА ЗА ДАНИМИ LANDSAT

Розглянуто проблеми використання геоінформаційного моделювання та даних дистанційного зондування Землі для виявлення, картографування й оцінювання просторово-часової динаміки міських островів тепла. Дослідження проведено на прикладі міста Рівне із застосуванням супутникових знімків Landsat 8 і Landsat 9 за 2018–2023 рр. Методика визначення поверхневого «міського острова тепла» засобами дистанційного зондування Землі передбачала дев'ять послідовних етапів. Здійснено перевірку достовірності результатів у порівняння супутникових значень температури поверхні з даними наземних метеорологічних спостережень. Представлено динаміку середньоквадратичної похибки (RMSE) між температурою поверхні землі (LST) та температурою повітря (Tair) за 2018–2023 роки. Встановлено виражену просторову неоднорідність температурного поля міста. Найвищі значення температури земної поверхні зафіксовано в центральних, промислових і транспортно насичених районах, а нижчі температури характерні для міських зелених просторів, прибережних територій і зон поблизу водойм. Виявлено обернений зв'язок між NDVI та температурою земної поверхні, що підтверджує важливу роль рослинного покриву у зниженні теплового навантаження. Запропоновано комплекс заходів із пом'якшення міських островів тепла, які включають застосування рослинних, матеріальних, водних і комбінованих рішень. Отримані результати можуть бути використані у містобудівному плануванні та формуванні заходів кліматичної адаптації міських територій.

Ключові слова: міський тепловий острів; температура поверхні землі; альбедо; LST; UHI; ДЗЗ; Landsat; геоінформаційне моделювання; теплова зйомка; просторово-часовий аналіз.

Постановка проблеми. Тепловий режим міського середовища істотно змінюється внаслідок збільшення площ забудованих територій, ущільнення міської забудови та скорочення частки природного земного покриву. Дистанційне зондування Землі дає змогу систематично отримувати просторово узгоджену інформацію про температуру земної поверхні та особливості земельного покриву. Поєднання різночасових супутникових знімків із засобами геоінформаційних систем створює можливості не лише для картографування температурного поля на окрему дату, а й для виявлення довготривалих змін. Аналіз часових рядів дає змогу визначити як розширення забудованих територій впливає на розміри й інтенсивність міських островів тепла. Дослідження, проведені з використанням багаторічних даних Landsat, підтверджують доцільність спільного аналізу температури земної поверхні та змін типів земного покриву для оцінювання розвитку поверхневого міського острова тепла.

Аналіз досліджень та публікацій по темі дослідження. Проблема дослідження міських островів тепла (МОТ) за допомогою геоінформаційних технологій та даних дистанційного зондування Землі (ДЗЗ) привертає значну увагу вітчизняних та зарубіжних науковців. Зокрема, В. Стельмах та І. Нетробчук дослідили специфіку формування «острову тепла» над містом Нововолинськ і запропонували шляхи оптимізації мікрокліматичних змін. Робота [2] присвячена питанням пошуку та оцінки таких зон за допомогою цифрових космічних знімків. Просторово-часовий аналіз теплових аномалій мегаполісів із використанням супутникових знімків Landsat здійснили В.І. Зацерковний, Н.В. Оберемок та П.О. Березіна [3]. Динаміку міського острова тепла впродовж тривалого періоду (2013–2023 роки) над Луцьком досліджували А.О. Прохоренко, В.В. Федонюк та співавтори та [7;4]. Екопросторові та теплофізичні аспекти формування острова тепла у львівському середмісті в контексті життєвості деревних рослин проаналізували В.П. Кучерявий та інші [5]. Окремі особливості міського острова тепла в Харкові охарактеризовано у праці М.О. Матвієнко [6] .

Серед сучасних закордонних розвідок особливої уваги заслуговують комплексні методичні підходи використання локального кліматичного зонування (ЛКЗ) [8], технології дистанційного зондування для виявлення термічно вразливих зон, планування зелених насаджень, оптимізації міських територій та підтримки рішень щодо пом'якшення наслідків теплових островів

[9]. Просторове моделювання МОТ та його імплікації для міського планування на прикладі місцевого управління Обіо та Акпор розглянуто L. Nwidum, K. P. Jackson та I. Brown [10]. Інноваційні тренди пов'язані з використанням геопросторового аналізу та алгоритмів машинного навчання під час прогнозування інтенсивності міських островів тепла [11], взаємозв'язку температурних показників із рослинністю [12] та атмосферної корекція гіперспектральних даних [13].

Попри значну кількість досліджень, недостатньо опрацьованим залишається комплексне геоінформаційне моделювання міських островів тепла за даними дистанційного зондування Землі.

Цілі дослідження. Дослідити проблеми та перспективи геоінформаційного моделювання міських островів тепла за допомогою даних дистанційного зондування на прикладі м. Рівне.

Актуальність дослідження Актуальність дослідження зумовлена тим, що глобальні кліматичні зміни та стрімка урбанізація посилюють ефект міського острова тепла, що негативно впливає на екологію та здоров'я мешканців.

Новизна дослідження полягає у комплексному застосуванні геоінформаційного моделювання та даних дистанційного зондування Землі для виявлення просторово-часових особливостей міських островів тепла в місті Рівне, а також обґрунтування локальних заходів мікрокліматичної оптимізації та екологічної адаптації міської території.

Мета дослідження – Метою дослідження є застосування та практична апробація науково-методичних підходів до геоінформаційного моделювання міських островів тепла на основі комплексного використання даних дистанційного зондування Землі для оцінювання просторово-часової динаміки температурних аномалій у місті Рівне та обґрунтування заходів мікрокліматичної оптимізації його території.

Методи досліджень. Методичну основу дослідження міських островів тепла становить комплексне поєднання даних дистанційного зондування Землі, методів просторового моделювання.

Об’єкт дослідження територія міста Рівне (58,24 км²) як одного з найбільших міст українського Полісся. Місто розташоване в лісостеповій зоні на Волинській височині (235 м над рівнем моря) в північно-західній частині України з помірно-континентальним кліматом. Міська морфологія Рівного характеризується поєднанням історичного центру з регулярною сіткою вулиць, житлових мікрорайонів, сучасної багатоповерхової забудови, промислових зон на околицях та рекреаційних територій довкола річки Усті й озера Басів Кут. Межі території дослідження сформовано на основі адміністративних меж міста

з додаванням буферної зони. Це дозволило простежити поступовий перехід від щільно забудованих міських районів до приміських і природних ландшафтів.

Основним джерелом інформації для визначення температури земної поверхні стали супутникові знімки Landsat 8 та Landsat 9, які містять атмосферно скориговані значення спектрального відбиття земної поверхні та готовий температурний канал Surface Temperature, отриманий на основі даних теплового інфрачервоного діапазону. Для дослідження часової динаміки сформовано ряд різночасових супутникових знімків за 2018, 2019, 2020, 2021, 2022 та 2023 роки. Відбір матеріалів здійснювався за літній період, переважно в межах червня–серпня, коли температурні контрасти між забудованими та озелененими територіями проявляються найвиразніше. Перевагу надавали безхмарним або малохмарним знімкам, отриманим у близькі календарні строки. Для зіставлення результатів враховувались дата й час супутникового знімання, температура повітря, кількість опадів у попередні дні та загальні синоптичні умови.

Методологія включала побудову просторово-часових рядів даних за 2018–2024 рр., розрахунок LST від теплових каналів (Band 10 та 11) з алгоритмом одно-канальної корекції емісивності поверхні, а також обчислення NDVI для оцінки рослинного покриву. Формула LST враховує атмосферну корекцію та емісивність (ε), залежну від типу покриття [3]:

$$LTS = \frac{T_в}{\left(1+\left(\frac{\lambda \cdot BT}{c_2}\right)\cdot \ln(\varepsilon)\right)} (1),$$

де λ – довжина хвилі енергетичної яскравості; ρ = h·c/σ (1,438·10–2 м·К); σ — константа Больцмана (1,38·10–23 Дж/К); h — константа Планка (6,626·10–34 Дж·с); с – швидкість світла у вакуумі (2,998·108 м/с); $T_В$ – спектральна енергетична яскравість (2); ε–емісивність (3)

$$T_в = \frac{K_2}{ln\left(\frac{K_1}{L_\lambda}+1\right)} (2), \text{ де}$$

$T_в$ є ефективною температурою на супутнику (К); L_λ – спектральна енергетична яскравість (Вт/(м2·ср·мкм)); K2 та K1 — калібрувальні константи [24].

$$\varepsilon = 0{,}004 \cdot P_\vartheta + 0{,}986,\ P_\vartheta = \left(\frac{NDVI - NDVI_{min}}{NDVI_{max} - NDVI_{min}}\right)^2 (3)$$

NDVI розраховувався за стандартною формулою, але з додатковою нормалізацією для часових рядів (4):

$$NDVI = \frac{NIR - RED}{NIR + RED} (4),$$

де NIR – значення відбиття в ближньому інфрачервоному діапазоні, RED – значення відбиття в червоному діапазоні.

Для підвищення точності застосовано класифікацію растра з використанням інструментів ArcGIS Pro (Raster Calculator та Reclassify) для виділення урбанізованих зон з показником NDVI < 0,2.

Для візуалізації та просторового аналізу застосовано ArcGIS Pro, інструменти Raster Calculator, Reclassify, Spatial Analyst. Використано дані Esri Living Atlas для перевірки фонових кліматичних трендів. Кореляційний аналіз між LST та NDVI проведено з використанням статистичних інструментів ArcGIS Pro (Scatter Plot Matrix), з обчисленням коефіцієнта детермінації R^2 та рівняння лінійної регресії для кількісної оцінки залежності. Валідація результатів здійснювалася шляхом порівняння з наземними метеорологічними даними (RMSE < 2 °C) та моделями з подібних досліджень.

Результати та їх обґрунтування. Ефекти міських теплових островів можна класифікувати на чотири основні типи на основі різних методів вимірювання та просторових масштабів, кожен з яких має унікальні фізичні характеристики та підходи до спостереження. Класифікація включає наступні типи МОТ: поверхневі, які вимірюють температуру поверхні через інфрачервоне зондування; пологового шару, що фіксують температуру повітря на висоті людини (1,5–2 м); прикордонного шару, які відображають вплив міста на верхні шари атмосфери за метеоданими; наземні, що характеризують зміну підземного теплового середовища за допомогою датчиків [9].

Сьогодні ДЗЗ залишається ключовим методом дослідження регіональних об'єктів завдяки регулярності збору даних та можливості роботи з великими територіями. Основними показниками для оцінки міського острова тепла є його просторова конфігурація (ізотермічні лінії, що охоплюють зону підвищених температур у межах урбанізованого ядра порівняно з периферією), температурний градієнт (абсолютна різниця температур повітря між містом і фоновими приміськими територіями), а також морфометричні та фізичні властивості міської поверхні, які визначають специфіку акумуляції та трансформації тепла [1]. Основною характеристикою поверхневого міського острову тепла є його інтенсивність (ΔSUNI). Цей показник визначається як різниця між максимальною температурою повітря в місті (LST_{urban}) та середньою температурою повітря за містом (LST_{ref}) (5):

$$\Delta SUNI = LST_{urban} - LST_{ref} \quad (5)$$

Реалізація методики передбачає дев’ять послідовних етапів, що охоплюють добір і попередню обробку даних дистанційного зондування, визначення температури земної поверхні, класифікацію земного покриву, розрахунок спектральних індексів, виділення локальних кліматичних зон, оцінювання інтенсивності поверхневого міського острова тепла та аналіз його просторово-часової динаміки (табл.1).

Таблиця 1.

Методика визначення поверхневого міського острова тепла засобами дистанційного зондування Землі

Етап методики	**Основні операції та вихідні результати**
Визначення території та часових меж дослідження	Межі міської території• період спостережень (рік, сезон) • однакова пора доби та метеоумови• безхмарні або малохмарні знімки
Добір вихідних даних ДЗЗ Landsat 8-9 (OLI/TIRS) Sentinel-2 (MSI)	ST з теплових ІЧ каналів Landsat 8-9 (або готові продукти) • Sentinel-2 для класифікації земного покриву та індексів • тривалий часовий ряд даних
Попередня обробка супутникових зображень	Перевірка геометрії та системи координат • обрізання за межею дослідження • маскування хмар, тіней, пікселів низької якості • радіометрична й атмосферна корекції
Визначення температури земної поверхні (LST)	Використання продукту Landsat Collection 2 Level-2 Surface Temperature або розрахунок LST • перетворення значень у °C • отримання растра температури поверхні
Класифікація земного покриву та розрахунок індексів	Класифікація LULC (забудова, рослинність, вода, відкриті грунти тощо)• розрахунок NDVI, NDBI, NDWI • оцінка зв'язку температури з покривом та використанням земель
Виділення локальних кліматичних зон (LCZ)	Поділ території на LCZ (17 типів згідно з WUDAPT) • врахування щільності та висоти забудови, покриву поверхні, рослинності, відкритих просторів тощо
Визначення інтенсивності поверхневого SUHI	Різниця між LST міської території та фоновою неурбанізованою територією • результати у °C • карти інтенсивності SUHI
Просторово- статистичний аналіз	Середні, мінімальні та максимальні значення LST і SUHI за класами та LCZ • кореляція LST з NDVI, NDBI, NDWI та іншими показниками • аналіз гарячих точок (hot spot analysis)
Аналіз просторово- часової динаміки	• Порівняння конфігурації, площі та інтенсивності SUHI у часі • зіставлення зі змінами забудови, рослинності, водних об'єктів • виявлення тенденцій та зон зростання температури поверхні

Тестування запропонованої методики проводилось на прикладі території міста Рівне. Протягом усього досліджуваного періоду (2018–2023), температура поверхні (LST) значно перевищує температуру повітря (Tair) (Рис. 1). Цей стабільний розрив у значеннях є типовим для ефекту міського теплового острова, де асфальт і бетон, поглинаючи сонячне тепло, нагріваються сильніше, ніж навколишнє повітря. Найбільша різниця між LST та Tair спостерігалася у 2021 та 2023 роках, що свідчить про посилене нагрівання поверхні у ці періоди та може бути спричинене певними кліматичними аномаліями або інтенсивною антропогенною діяльністю.

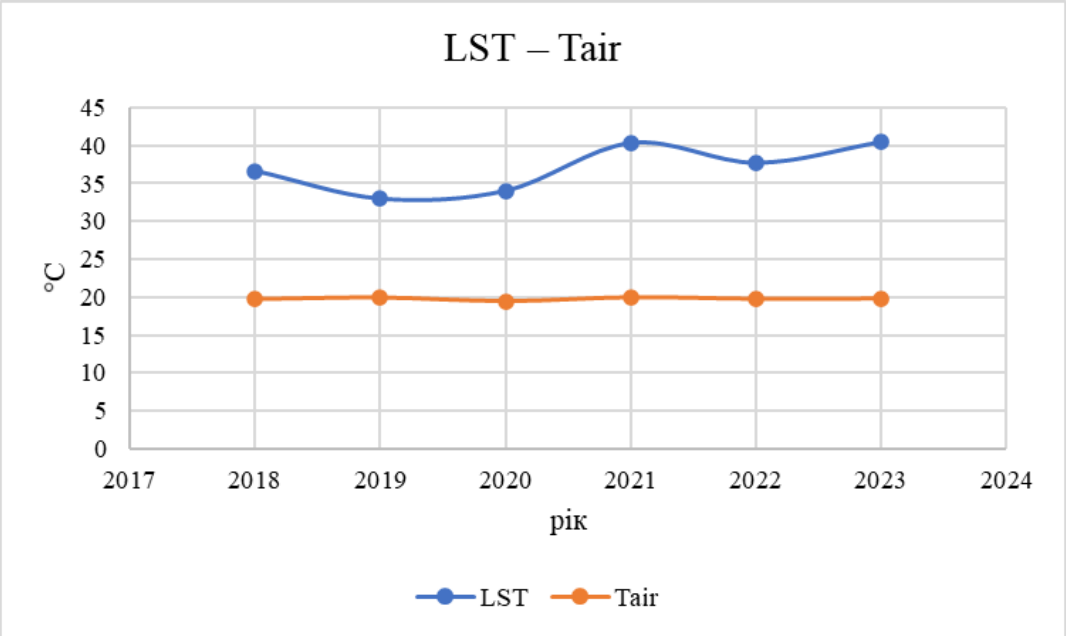


Рис. 1. Динаміка середньорічних значень температури поверхні землі (LST) та температури повітря (Tair) у вибраних точках населеного пункту за 2018–2023 роки.

Для перевірки узгодженості розрахованих значень температури земної поверхні (LST) їх порівняно із середніми літніми значеннями температури повітря за даними метеорологічних станцій за 2018–2023 роки. Ступінь розбіжності між супутниковими та наземними даними визначено за показником кореня середньоквадратичної похибки (RMSE) (6):

$$MSE = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n}\left(T_{LST,i} - T_{air,i}\right)^2}{n}} \quad (6)$$

де $T_{LST,i}$ – температура поверхні у точці i, $T_{air,i}$ – відповідне спостереження температури повітря, n – кількість точок вимірювань (68).

Зміну показника середньоквадратичної оцінки впродовж досліджуваного періоду представлено на рис. 2.

Дані свідчать про значну різницю між температурою поверхні та повітря, що є типовим для міських теплових островів. Максимальні значення RMSE спостерігаються у 2021 та 2023 роках (21,29 та 21,26 °C відповідно), що відображає найбільш інтенсивне нагрівання поверхні у ці роки. Найменша похибка у 2019 році (13,75 °C) вказує на відносно меншу різницю між LST та температурою повітря.

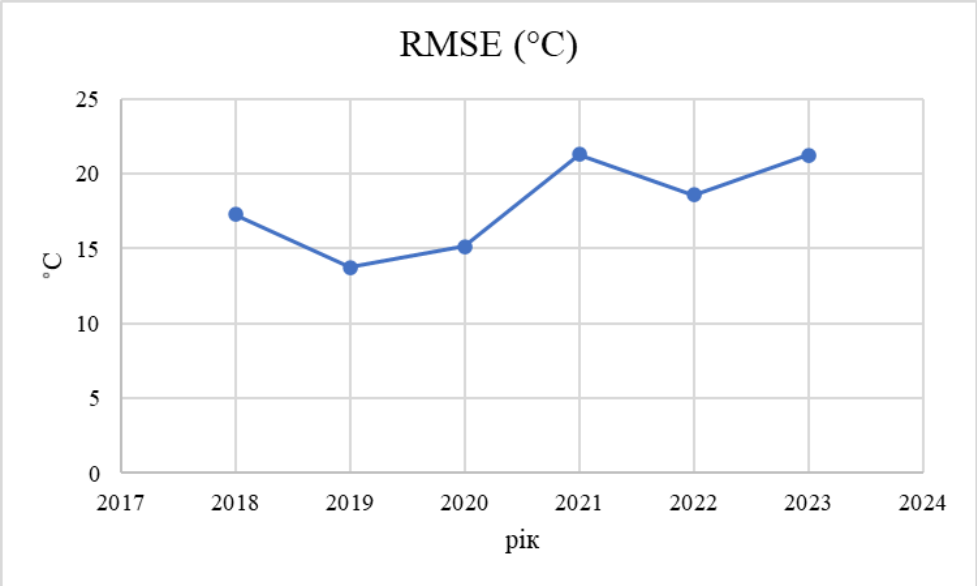


Рис. 2. Динаміка середньоквадратичної похибки (RMSE) між температурою поверхні землі (LST) та температурою повітря (Tair) за 2018–2023 роки.

Наведена статистика змін температури поверхні землі (LST) у м. Рівне з 2018 по 2023 роки складена за середнім значенням та максимальним (табл. 2). Згідно кількісних показників спостерігається незначне підвищення середньої температури поверхні в м. Рівне, а максимальне значення температур поверхні міста значно зросло у порівняні з 2018 роком.

Таблиця 2

Статистика змін температури поверхні землі (LST) у м. Рівне

Рік	Середнє	Максимум
2018	24,2	40,2
2021	23,7	42,3
2023	24,5	43,1

Картографічна модель нормалізованого диференційного вегетаційного індексу NDVI (Рис. 3а) демонструє розподіл рослинного покриву, де низькі значення NDVI відповідають урбанізованим зонам з підвищеним ризиком МОТ.

Атмосферна корекція здійснювалась за допомогою стандартного методу DOS (Dark Object Subtraction). Картографічна модель просторово-часового розрахунку температури (рис. 3б) ілюструє зони з високим LST у центральних районах, підтверджуючи ефект МОТ. Аналіз показав аномально високі температури в центральних районах міста, де різниця LST сягає 7-10 °C порівняно з околицями, з сильною просторовою кореляцією між дефіцитом

рослинності (NDVI < 0.2) та підвищенням LST. Площа зон міського теплового острова зросла на 10% з 2018 р., що корелює з процесами урбанізації.

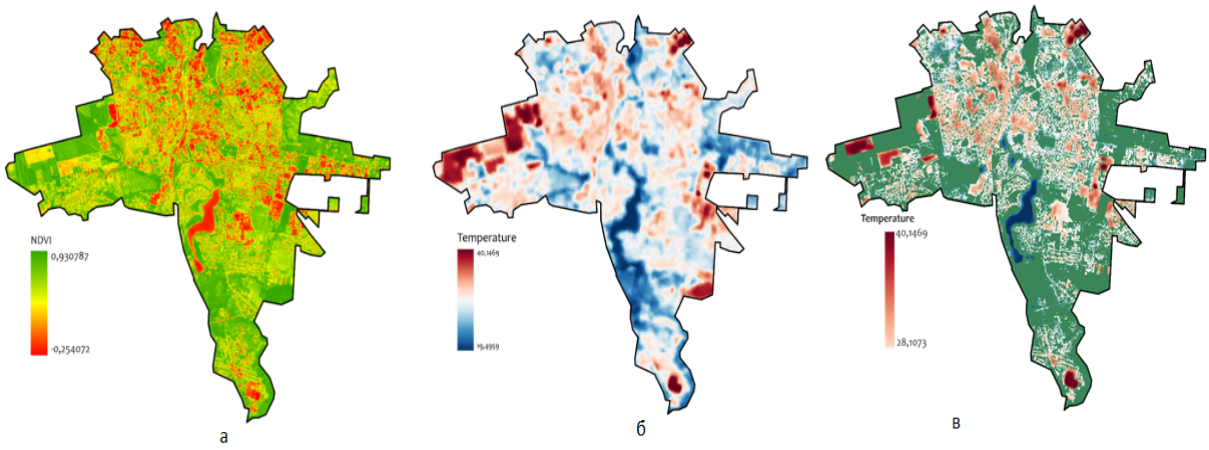


Рис. 3. Картографічні моделі ландшафтів міста (2020–2023 рр.) а) нормалізований диференційний вегетаційний індекс (NDVI) б) просторовий розподіл температури в) міські острови тепла.

Графік залежності LST від NDVI (рис. 4) демонструє негативну кореляцію: з ростом NDVI температура поверхні знижується. Розрахована лінійна модель (7):

$$LST_{норм} = -0{,}0257 \cdot NDVI + 1{,}357 \quad (R^2 = 0{,}297) \quad (7)$$

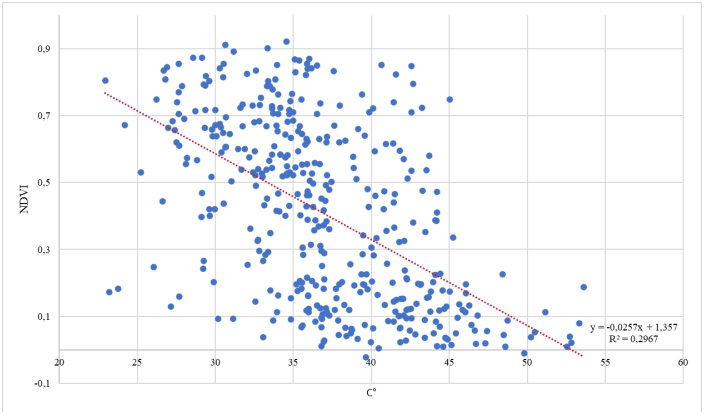


Рис. 4. Залежність температури поверхні (LST) від нормалізованого диференційного вегетаційного індексу (NDVI) для Рівненської міської громади (2018–2023 рр.).

Рівняння регресії вказує на помірний зв'язок, де 29,67% варіації LST пояснюється NDVI. Це підтверджує, що рослинність є ключовим фактором пом'якшення ефекту міського теплового острова. Дані показують негативний зв'язок між інтенсивністю рослинності та температурою поверхні: зменшення NDVI асоційоване зі збільшенням LST. Картографічна модель міських островів тепла (рис. 3в) візуалізму інтеграцію LST та NDVI, виділяючи зони з різницею температур 10-15 °C. Картографічна модель засвідчує виражену просторову неоднорідність температури земної поверхні в межах Рівного. Значення

температури коливаються приблизно від 28,1 до 40,1 °С, а найбільш нагріті ділянки мають локальний характер і переважно приурочені до територій із щільною забудовою Центр міста, ТРЦ Екватор, Епіцентр, Злата Плаза), промислових зон (завод Цемент-Волинь, ПрАТ Рівненська фабрика нетканих матеріалів), транспортної інфраструктури та інших площ зі штучним покриттям.

Водночас нижчі температури спостерігаються поблизу водойм, у межах зелених насаджень і на територіях із більшою часткою природного рослинного покриву. Значна частка забудованих земель у структурі земельного фонду міста (57,5 %) – створює передумови для формування та посилення міського острова тепла. Переважання забудованих і сільськогосподарських територій за незначної частки лісів і лісовкритих площ – лише 1,5 % – обмежує охолоджувальну роль рослинності. Водні об’єкти та заболочені землі, частка яких становить відповідно 2,3 і 2,6 %, локально знижують температуру прилеглих територій, однак їхньої площі недостатньо для суттєвого вирівнювання температурного поля міста. З огляду на це можна запропонувати комплекс заходів з пом’якшення міських островів тепла, які включають застосування рослинних, матеріальних, водних і комбінованих рішень [3;5;9;16;17]:

- Заходи пом'якшення наслідків на основі рослинності: міські парки та зелені зони; міські зелені простори (міські ліси, зелені коридори та прибережна рослинність); зелені дахи (багатошарові структурні системи, включаючи гідроізоляційний шар, дренажний шар, фільтрувальний шар, середовище для вирощування та рослинність).

- Заходи пом'якшення наслідків на основі матеріалів: дахи з високим альбедо (покриття або матеріали з високою відбивною здатністю (білих або світлих кольорів) для збільшення здатності відбивати сонячне світло) та проникні тротуари (використання проникного бетону, проникної цегли або гравійних поверхонь для збільшення інфільтрації дощової води).

- Заходи пом'якшення наслідків на водній основі: міські водойми (озера, річки, ставки та інші природні або штучні водойми); фонтани та системи розпилення у громадських місцях.

- Комплексні заходи пом'якшення наслідків: заходи багатоцільової оптимізації (комплексне застосування кількох заходів пом'якшення, досягнення оптимальної конфігурації за допомогою інтелектуальних алгоритмів); Оптимізація міської морфології (оптимізація міського теплового середовища шляхом планування щільності забудови, висоти, ширини вулиць та інших морфологічних елементів).

Методи обговорення. Отримані результати засвідчили виражену просторову неоднорідність температурного поля міста Рівне. Найвищі значення температури земної поверхні зафіксовано в центральній частині міста, промислових зонах, поблизу великих торговельних об'єктів і транспортної інфраструктури, де переважають щільна забудова, асфальтовані ділянки та інші штучні поверхні. Натомість нижчі температури характерні для зелених зон, прибережних територій і ділянок поблизу водойм. Різниця LST між центральними районами та околицями міста становить 7–10 °C, а площа зон міського острова тепла протягом досліджуваного періоду збільшилася приблизно на 10 %.

Встановлені закономірності узгоджуються з результатами геопросторового аналізу міського острова тепла Львова[14] та Миколайова [20], Дослідники пов'язують формування літніх температурних аномалій із характером забудови та структурою земного покриву. Це підтверджує, що для українських міст загальною закономірністю є концентрація зон найбільшого нагрівання в межах щільно забудованих територій і зниження температури на ділянках із природним рослинним покривом та поблизу водних об'єктів. Аналіз залежності між LST та NDVI для Рівного виявив обернений зв'язок: зі збільшенням значень вегетаційного індексу температура поверхні знижується. Побудована регресійна модель показала, що NDVI пояснює 29,67 % варіації LST, тому рослинний покрив є важливим, хоча й не єдиним чинником формування температурного режиму міста. На температуру поверхні також впливають щільність і висота забудови, частка водонепроникних покриттів, альбедо матеріалів, вологість поверхні, транспортне навантаження та локальні особливості міської морфології.

Одержані результати загалом відповідають висновкам А. Уля, О. Мельника та співавторів [19], які досліджували взаємозв'язок між температурою земної поверхні та характеристиками земного покриву Луцька за часовими рядами Landsat 5, 7, 8 і 9 за 1984–2024 рр. Їхня робота підтверджує доцільність одночасного аналізу LST, NDVI та індексів забудованих територій для виявлення довготривалих змін міського середовища. Водночас автори встановили неоднозначність окремих кореляцій між температурою та спектральними індексами, що свідчить про залежність результатів від просторової структури конкретного міста, сезону, способу агрегування даних і характеристик земного покриву. Отже, помірне значення коефіцієнта детермінації, отримане для Рівного, можна пояснити комплексним впливом природних та антропогенних чинників, який не відображається лише показником NDVI.

Важливим напрямом поглиблення аналізу є застосування концепції локальних кліматичних зон. М. Матвієнко, О. Шевченко та С. Сніжко [18] установили, що забудовані локальні кліматичні зони охоплюють близько 40 % території Києва в адміністративних межах і понад 65 % безпосередньо в межах забудованої території. Натомість частка зелених зон і водних об'єктів у межах забудованої частини міста становить 32,6 %, що майже вдвічі менше, ніж у його адміністративних межах. Це підтверджує доцільність урахування не лише загальної площі зелених насаджень, а й їхнього розташування щодо житлових, промислових і громадських територій. Для Рівного використання локального кліматичного зонування дасть змогу точніше пояснити відмінності LST між районами з різною висотою і щільністю забудови, часткою штучних поверхонь та характером озеленення.

Результати дослідження також підтверджують перспективність використання супутникових даних у поєднанні з автоматизованими методами опрацювання. Запропонована В. Каштаном і В. Гнатушенко інформаційна технологія визначення теплових змін урбанізованих територій на основі машинного навчання та супутникових даних [15] розширює можливості традиційного геоінформаційного аналізу. Застосування таких підходів може забезпечити автоматизоване виділення зон перегрівання, установлення складних нелінійних залежностей між температурою та характеристиками земного покриву, а також прогнозування подальших змін міського теплового середовища. Практичне значення встановлених закономірностей полягає в можливості визначення територій, на яких необхідно першочергово реалізовувати заходи зі зниження теплового навантаження. У структурі земельного фонду Рівного частка забудованих земель становить 57,5 %, тоді як ліси та лісовкриті площі займають лише близько 1,5 %. Водні об'єкти та заболочені землі охоплюють відповідно 2,3 і 2,6 % території міста, тому їхнього локального охолоджувального впливу недостатньо для істотного вирівнювання температурного поля. Це обґрунтовує необхідність формування взаємопов'язаної системи зелених і водних просторів, а не лише створення окремих ізольованих об'єктів озеленення.

Одним із можливих заходів є використання міських квітучих луків як альтернативи традиційним газонним покриттям. А. Бовсуновська та О. Вашека [16] розглядають такі насадження як сучасний елемент озеленення українських міст. У контексті отриманих результатів їх доцільно використовувати на відкритих ділянках, транспортних розв'язках, прибудинкових територіях та в межах великих громадських просторів. Завдяки більш різноманітному і структурованому рослинному покриву такі території потенційно можуть сприяти збереженню вологи, зменшенню площі відкритого ґрунту та

підвищенню екологічної стійкості міських зелених зон. Водночас для визначення їхнього безпосереднього впливу на LST у Рівному необхідні окремі польові або дистанційні температурні спостереження. Додатковий охолоджувальний ефект можуть забезпечувати міські водойми, фонтани та системи розпилення води. О. Церковна й А. Вороніна [17] зазначають, що сучасні фонтани можуть послаблювати тепловий стрес шляхом пасивного охолодження міських просторів, а також сприяти поліпшенню якості міського середовища. Їхнє розміщення є найбільш обґрунтованим у центральних громадських просторах і на територіях із високою часткою штучних поверхонь, де в межах Рівного зафіксовано найбільші значення LST, а саме біля великих торговельних центрів. Проте ефективність водних елементів залежить від масштабу об’єкта, інтенсивності випаровування, вітрового режиму, доступності води та витрат на експлуатацію.

Таким чином, результати дослідження Рівного не лише узгоджуються із загальними закономірностями, встановленими для Львова, Києва, Луцька та Миколаєва, а й відображають локальні особливості міста. До них належать значна частка забудованих земель, фрагментарність зелених просторів, обмежена площа лісовкритих територій і локальний характер впливу водойм. Запропонований комплексний підхід, що поєднує LST, NDVI, просторово-часове моделювання та картографування зон перегрівання, може бути використаний для обґрунтування заходів кліматичної адаптації. Подальше вдосконалення методики доцільно пов’язати із застосуванням локального кліматичного зонування, індексів забудови та вологості, алгоритмів машинного навчання, детальніших наземних спостережень і даних вищої просторової роздільної здатності.

Висновки та рекомендації подальшого дослідження. Міські теплові острови як складні явища міського клімату, залежать від комбінованого впливу міської морфології, земного покриву, діяльності людини та регіонального кліматичного фону. Взаємодії цих факторів має вирішальне значення для розробки ефективних стратегій моніторингу теплових островів та пом'якшення їх наслідків. Результати дослідження засвідчили підвищення температури на ділянках, де рослинний покрив заміщується асфальтованими та забудованими поверхнями, що супроводжується зростанням середнього значення альбедо. Для пом’якшення міських островів тепла запропоновано комплекс заходів, який включає застосування рослинних, матеріальних, водних і комбінованих рішень. Карти розподілу температури земної поверхні, індексу NDVI і UHI м. Рівне можуть бути використані у задачах міського планування разом із традиційними джерелами просторової інформації для отримання нової інформації щодо поліпшення стійкості міста до хвиль тепла

Напрямом майбутніх досліджень – встановлення єдиних стандартів розрахунку інтенсивності міських островів тепла.

Список використаних джерел

1. Стельмах В., Нетробчук І. Особливості формування «острову тепла» над містом Нововолинськ та шляхи оптимізації мікрокліматичних змін. *Наукові записки Тернопільського національного педагогічного університету імені Володимира Гнатюка. Серія: географія.* 2023. № 1 (54). С. 23-32. DOI: https://doi.org/10.25128/2519-4577.23.1.3

2. Каштан В.Ю., Сергєєва К.Л., Коробко О.В., Іванов Д.В. Пошук та оцінка островів тепла на цифрових космічних знімках. *Системні технології.* 2023. №3 (146). С. 87-93. DOI 10.34185/1562-9945-3-146-2023-09

3. Зацерковний В.І., Оберемок Н.В., Березіна П. О. Просторово-часовий аналіз «островів тепла» мегаполіса за супутниковими знімками LANDSAT. *Наукоємні технології*. 2018. №1(37). С.106-113 DOI:https://doi.org/10.18372/2310-5461.37.12377

4. Федонюк В.В., Пугач С.О., Федонюк М.А. Динаміка міського острова тепла над Луцьком протягом 2013–2023 років. *Український журнал природничих наук*. 2025. № 12. С. 89-101 DOI https://doi.org/10.32782/naturaljournal.12.2025.8

5. Кучерявий В.П., Геник Я.В., Кучерявий В.С., Шуплат Т.І., Гоцій Н.Д. Екопросторові та теплофізичні особливості формування «острова тепла» львівського середмістя і життєвість деревних рослин Львівського середмістя і життєвість деревних рослин. *Науковий вісник НЛТУ України*. 2023. №33(3). С. 23-33. https://doi.org/10.36930/40330304

6. Матвієнко М.О. Особливості міського острова тепла в Харкові. *Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія*. 2019. № 3 (54). С. 131-133.

7. Федонюк М.А., Прохоренко А.О., Федонюк В.В. Дослідження формування та просторового розподілу «острова тепла» над Луцьком. *Екологічні нотатки*. Луцьк: ІВВ Луцького НТУ, 2018. № 6. С.45 – 53.

8. Dimitrov S., Iliev M., Borisova B., Semerdzhieva L., Petrov S. A Methodological Framework for High-Resolution Surface Urban Heat Island Mapping: Integration of UAS Remote Sensing, GIS, and the Local Climate Zoning Concept. *Remote Sensing*. 2024. 16(21), 4007. https://doi.org/10.3390/rs16214007

9. Zhao L., Xuncheng F., Tao H. 2025. Urban Heat Island Effect: Remote Sensing Monitoring and Assessment – Methods, Applications, and Future Directions *Atmosphere*. 2025. №16. 791. https://doi.org/10.3390/atmos16070791

10. Nwidum L., Jackson K. P., Brown I. Spatial modelling of urban heat islands and its planning implications in Obio/Akpor local government area. *International Journal of Hydro*. 2021. №5(5). P. 240–250. https://doi.org/10.15406/ijh.2021.05.00286

11. Hoang N.-D., Nguyen Q.-L. Geospatial analysis and machine learning framework for urban heat island intensity prediction: Natural gradient boosting and deep neural network regressors with multisource remote sensing data. *Sustainability*. 2025. №17(10). 4287. https://doi.org/10.3390/su17104287
12. Grover A., Singh R.B. Analysis of Urban Heat Island (UHI) in Relation to Normalized Difference Vegetation Index (NDVI): A Comparative Study of Delhi and Mumbai. *Environments*. 2015. № 2(2). P. 125-138. https://doi.org/10.3390/environments2020125
13. Guo Y. Deng R., Yan Y., Li J., Hua Z., Wang J. Dark-object subtraction atmosphere correction for water body information extraction in Zhuhai-1 hyperspectral imagery. *The Egyptian Journal of Remote Sensing and Space Sciences*. 2024. № 27(2). P. 382-391. https://doi.org/10.1016/j.ejrs.2024.04.007
14. Койнова І., Кухар І. Міський острів тепла Львова у літній період: геопросторовий аналіз. Вісник Львівського університету. Серія географічна. 2024. Вип. 57. С. 106–116. http://dx.doi.org/10.30970/vgg.2024.57.10681
15. Каштан В.Ю., Гнатушенко В.В. Інформаційна технологія визначення теплових змін урбанізованих територій на основі машинного навчання та супутникових даних. Вісник Херсонського національного технічного університету. Інформаційні технології. 2026. № 2(97). С. 256-264. DOI https://doi.org/10.35546/kntu2078-4481.2026.2.31
16. Бовсуновська А.О., Вашека О.В. Міські квітучі луки як альтернатива традиційним газонним покриттям в озелененні України. Теорія та практика дизайну. 2026. Вип. 2 (40). С.496-503. DOI https://doi.org/10.32782/2415-8151.2026.40.48
17. Церковна О.Г. Вороніна А.О., Фонтани як архітектурно-будівельний засіб адаптації урбанізованого міського середовища до кліматичних змін. Проблеми теорії і історії архітектури України. 2019. № 19. С.140-147. DOI: 10.31650/2519-4208-2019-19-140-147
18. Матвієнко М., Шевченко О., Сніжко С. Аналіз локальних кліматичних зон міста Києва. Вісник Київського національного університету імені Тараса Шевченка. Географія. 2021. №3/4(80/81). С.31-35. http://doi.org/10.17721/1728-2721.2021.80-81.5
19. Уль А.В., Мельник О.В., Мельник Ю.А., Вакулюк Л.А. Взаємозв'язок між температурою земної поверхні та характеристиками земного покриву міста Луцьк: аналіз часових рядів супутникових індексів Landsat. Сучасні технології та методи розрахунків у будівництві. 2025. №23. 353-369. https://doi.org/10.36910/6775-2410-6208-2025-13(23)-31
20. Ліщенко Л.П. , Пазинич Н.В., Філіпович В. Є. Аналіз розподілу літніх температур поверхні міста Миколаєва за даними теплового діапазону

супутників серії Landsat. Український журнал дистанційного зондування Землі. 2019. №21. С.49–59

Candidate of Pedagogic Sciences (Ph. D.) **Rusina Nelya**,
Candidate of Agricultural Sciences (Ph. D.) **Lyul′chyk Vadym**,
Kachanovs′kyy Oleg, Bulakevych Serhiy, Kushniruk Oleksandr,
DS «Rivne Professional College of National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine», Rivne

GEOINFORMATION MODELLING OF THE SPATIOTEMPORAL DYNAMICS OF URBAN HEAT ISLANDS USING LANDSAT DATA

The article addresses the application of geoinformation modelling and Earth remote sensing data for the identification, mapping, and assessment of the spatiotemporal dynamics of urban heat islands. The study was conducted using the city of Rivne as a case study and Landsat 8 and Landsat 9 satellite imagery acquired during 2018–2023. The methodology for identifying surface urban heat islands using Earth remote sensing comprised nine consecutive stages: defining the study area and time frame; selecting the initial remote sensing data; preprocessing satellite imagery; determining land surface temperature (LST); classifying land cover and calculating spectral indices; identifying local climate zones (LCZs); determining surface urban heat island intensity (SUHI); conducting spatial and statistical analysis; and producing thematic maps in ArcGIS Pro. The reliability of the results was assessed by comparing satellite-derived land surface temperature values with ground-based meteorological observations. The dynamics of the root mean square error (RMSE) between land surface temperature (LST) and air temperature (Tair) for 2018–2023 were presented. The statistical analysis of changes in land surface temperature revealed pronounced spatial heterogeneity in the city’s thermal pattern. The highest land surface temperatures were recorded in central, industrial, and transport-intensive areas, as well as in zones occupied by large shopping centres, dense development, and a high proportion of artificial surfaces. Lower temperatures were characteristic of urban green spaces, riparian areas, and zones located near water bodies. An inverse relationship between NDVI and land surface temperature was identified, confirming the important role of vegetation cover in reducing thermal stress. Local overheating hotspots in Rivne were found to be predominantly fragmented; however, their area and intensity are increasing as a result of urbanisation processes. A set of measures for mitigating urban heat islands was proposed, including vegetation-based, material-based, water-based, and combined solutions. The results obtained can be used in

urban planning and in the development of climate adaptation measures for urban areas.

Keywords: urban heat island; land surface temperature; albedo; LST; UHI; Earth remote sensing; Landsat; geoinformation modelling; thermal imaging; spatiotemporal analysis.

REFERENCES

1. Stel′makh V., Netrobchuk I. (2023) *Osoblyvosti formuvannya «ostrovu tepla» nad mistom Novovolyns'k ta shlyakhy optymizatsiyi mikroklimatychnykh zmi*n [Peculiarities of the formation of a «heat island» over the city of Novovolynsk and ways to optimize microclimatic changes]. *Naukovi zapysky Ternopil's'koho natsional'noho pedahohichnoho universytetu imeni Volodymyra Hnatyuka. Seriya: heohrafiya* [Scientific notes of the Volodymyr Hnatyuk Ternopil National Pedagogical University. Series: geography]. 1 (54). 23-32. DOI : https://doi.org/10.25128/2519-4577.23.1.3 {in Ukrainian}

2. Kashtan V.YU., Serhyeyeva K.L., Korobko O.V., Ivanov D.V. (2023) *Poshuk ta otsinka ostroviv tepla na tsyfrovykh kosmichnykh znimkakh* [Search and assessment of heat islands on digital space images]. *Systemni tekhnolohiyi* [System technologies]. 3 (146). 87-93.. DOI 10.34185/1562-9945-3-146-2023-09 {in Ukrainian}

3. Zatserkovnyy V.I., Oberemok N.V., Berezina P.O. (2018) *Prostorovo-chasovyy analiz «ostroviv tepla» mehapolisa za suputnykovymy znimkamy LANDSAT* [Spatio-temporal analysis of megalopolis “heat islands” based on LANDSAT satellite image]. *Naukoyemni tekhnolohiyi* [Science-intensive technologies]. 1(37). 106-113 DOI:https://doi.org/10.18372/2310-5461.37.12377 {in Ukrainian}

4. Fedonyuk V.V., Puhach S.O., Fedonyuk M.A. (2025) *Dynamika mis'koho ostrova tepla nad Luts'kom protyahom 2013–2023 rokiv* [Dynamics of the urban heat island over Lutsk during 2013–2023]. *Ukrayins'kyy zhurnal pryrodnychykh nauk* [Ukrainian Journal of Natural Sciences]. 12. 89-101. 89-101 DOI https://doi.org/10.32782/naturaljournal.12.2025.8 {in Ukrainian}

5. Kucheryavyy V.P., Henyk YA.V., Kucheryavyy V.S., Shuplat T.I., Hotsiy N.D. (2023) *Ekoprostorovi ta teplofizychni osoblyvosti formuvannya «ostrova tepla» l'vivs'koho seredmistya i zhyttyevist' derevnykh roslyn L'vivs'koho seredmistya i zhyttyevist' derevnykh roslyn* [Ecospatial and thermophysical features of the formation of the “heat island” of Lviv city center and the vitality of woody plants Lviv city center and the vitality of woody plants]. *Naukovyy visnyk NLTU Ukrayiny* [Scientific Bulletin of the National Technical University of Ukraine]. 33(3). 23-33. https://doi.org/10.36930/40330304 {in Ukrainian}

6. Matviyenko M.O. (2019) *Osoblyvosti mis'koho ostrova tepla v Kharkovi* [Features of the urban heat island in Kharkiv]. *Hidrolohiya, hidrokhimiya i hidroekolohiya* [Hydrology, hydrochemistry and hydroecology]. 3 (54). 131-133. {in Ukrainian}

7. Fedonyuk M.A., Prokhorenko A.O., Fedonyuk V.V. (2018) *Doslidzhennya formuvannya ta prostorovoho rozpodilu «ostrova tepla» nad Luts'kom* [Research on the formation and spatial distribution of the "heat island" over Lutsk]. *Ekolohichni notatky* [Ecological notes]. 6. 45 – 53. {in Ukrainian}

8. Dimitrov, S., Iliev, M., Borisova, B., Semerdzhieva, L., Petrov, S. A (2024) Methodological Framework for High-Resolution Surface Urban Heat Island Mapping: Integration of UAS Remote Sensing, GIS, and the Local Climate Zoning Concept. *Remote Sensing*. 16(21). 4007. https://doi.org/10.3390/rs16214007 {in English}

9. Zhao, L., Xuncheng, F., Tao, H. (2025) Urban Heat Island Effect: Remote Sensing Monitoring and Assessment – Methods, Applications, and Future Directions *Atmosphere*. 16. 791. https://doi.org/10.3390/atmos16070791 {in English}

10. Nwidum, L., Jackson, K. P., Brown, I. (2021) Spatial modelling of urban heat islands and its planning implications in Obio/Akpor local government area. *International Journal of Hydro*. 5(5). 240–250. https://doi.org/10.15406/ijh.2021.05.00286 {in English}

11. Hoang, N.-D., Nguyen, Q.-L. (2025) Geospatial analysis and machine learning framework for urban heat island intensity prediction: Natural gradient boosting and deep neural network regressors with multisource remote sensing data. *Sustainability*. 17(10). 4287. https://doi.org/10.3390/su17104287 {in English}

12. Grover, A., Singh, R. B. (2015) Analysis of Urban Heat Island (UHI) in Relation to Normalized Difference Vegetation Index (NDVI): A Comparative Study of Delhi and Mumbai. *Environments*. 2(2). 125-138. https://doi.org/10.3390/environments2020125 {in English}

13. Guo, Y. Deng, R., Yan, Y., Li, J., Hua, Z., Wang, J.(2024) Dark-object subtraction atmosphere correction for water body information extraction in Zhuhai-1 hyperspectral imagery. *The Egyptian Journal of Remote Sensing and Space Sciences*. 27(2). 382-391. https://doi.org/10.1016/j.ejrs.2024.04.007 {in English}

14. Koynova, I., Kukhar, I. (2024) *Mis'kyy ostriv tepla L'vova u litniy period: heoprostorovyy analiz* [Urban heat island of Lviv in summer: geospatial analysis]. *Visnyk L'vivs'koho universytetu. Seriya heohrafichna* [Bulletin of Lviv University. Geographical Series]. 57. 106–116. http://dx.doi.org/10.30970/vgg.2024.57.10681{in Ukrainian}

15. Kashtan, V.YU., Hnatushenko, V. V. (2026) *Informatsiyna tekhnolohiya vyznachennya teplovykh zmin urbanizovanykh terytoriy na osnovi mashynnoho*

navchannya ta suputnykovykh danykh [Information technology for determining thermal changes in urbanized areas based on machine learning and satellite data]. *Visnyk Khersons'koho natsional'noho tekhnichnoho universytetu. Informatsiyni tekhnolohiyi* [Bulletin of the Kherson National Technical University. Information Technologies]. 2(97). 256-264. DOI https://doi.org/10.35546/kntu2078-4481.2026.2.31{in Ukrainian}

16. Bovsunovs′ka, A.O., Vasheka, O.V. (2026) *Mis'ki kvituchi luky yak al'ternatyva tradytsiynym hazonnym pokryttyam v ozelenenni Ukrayiny* [Urban flowering meadows as an alternative to traditional lawns in landscaping Ukraine]. *Teoriya ta praktyka dyzaynu* [Theory and practice of design]. 2 (40). 496-503. DOI https://doi.org/10.32782/2415-8151.2026.40.48{in Ukrainian}

17. Tserkovna, O.H. Voronina, A.O., (2019) *Fontany yak arkhitekturno-budivel'nyy zasib adaptatsiyi urbanizovanoho mis'koho seredovyshcha do klimatychnykh zmin* [Fountains as an architectural and construction tool for adapting the urbanized urban environment to climate change]. *Problemy teoriyi i istoriyi arkhitektury Ukrayiny* [Problems of the Theory and History of Architecture of Ukraine]. 19. 140-147. DOI: 10.31650/2519-4208-2019-19-140-147{in Ukrainian}

18. Matviyenko, M., Shevchenko, O., Snizhko, S. (2021) *Analiz lokal'nykh klimatychnykh zon mista Kyyeva* [Analysis of local climatic zones of the city of Kyiv]. *Visnyk Kyyivs'koho natsional'noho universytetu imeni Tarasa Shevchenka. Heohrafiya* [Bulletin of the Taras Shevchenko National University of Kyiv. Geography]. 3/4(80/81). 31-35. http://doi.org/10.17721/1728-2721.2021.80-81.5{in Ukrainian}

19. Ul′, A.V., Mel′nyk, O.V., Mel′nyk, YU.A., Vakulyuk, L.A. (2025) *Vzayemozv'yazok mizh temperaturoyu zemnoyi poverkhni ta kharakterystykamy zemnoho pokryvu mista Luts'k: analiz chasovykh ryadiv suputnykovykh indeksiv Landsat* [The relationship between the temperature of the earth's surface and the characteristics of the land cover of the city of Lutsk: analysis of time series of Landsat satellite indice]. *Suchasni tekhnolohiyi ta metody rozrakhunkiv u budivnytstvi* [Modern technologies and calculation methods in construction]. 23. 353-369. https://doi.org/10.36910/6775-2410-6208-2025-13(23)-31{in Ukrainian}

20. Lishchenko, L.P., Pazynych, N.V., Filipovych, V.YE. (2019) *Analiz rozpodilu litnikh temperatur poverkhni mista Mykolayeva za danymy teplovoho diapazonu suputnykiv seriyi Landsat* [Analysis of the distribution of summer surface temperatures of the city of Mykolaiv based on the thermal range data of Landsat satellites]. *Ukrayins'kyy zhurnal dystantsiynoho zonduvannya Zemli* [Ukrainian Journal of Remote Sensing of the Earth]. 21. 49–59{in Ukrainian}

DOI: 10.32347/2076-815x.2026.93.713-731
УДК 528.8:332.3

к.е.н. **Удовенко І.О.**,
irinaudovenko8@gmail.com, ORCID: 0000-0001-5971-8365,
Уманський національний університет,
к.б.н. **Скляр Ю.Л.,**
sul_bio@ukr.net, ORCID: 0000-0002-5790-1331,
Сумський національний аграрний університет,
к.т.н. **Арсеньєва Н.О.,**
nataliarsen73@gmail.com, ORCID: 0000-0002-6178-2558,
Харківській національний автомобільно-дорожній університет

ДИСТАНЦІЙНЕ ЗОНДУВАННЯ ЗЕМЛІ У МОНІТОРИНГУ ЗЕМЛЕКОРИСТУВАННЯ В КОНТЕКСТІ СУЧАСНИХ МЕТОДІВ І ПРАКТИЧНОГО ЗАСТОСУВАННЯ

Висвітлено методи та практичне значення дистанційного зондування землі у моніторингу землекористування. Зазначено, що одним із найефективніших інструментів сучасного моніторингу землекористування є дистанційне зондування Землі, яке забезпечує систематичне отримання просторово узгоджених даних про стан земної поверхні, структуру земельного покриву та характер використання територій. Здійснено аналіз вихідних просторових даних ДЗЗ, які залучаються для моніторингу, а саме супутникові оптичні та радіолокаційні знімки, матеріали аерофотознімання, отримані за допомогою безпілотних літальних апаратів (БПЛА). Складено порівняльну характеристику основних джерел даних дистанційного зондування Землі для моніторингу землекористування за типом знімання, роздільною здатністю, основними перевагами, напрямами застосування у моніторингу землекористування та основними обмеженнями у використанні. Особливу увагу приділено дешифруванню матеріалів дистанційного зондування Землі, який є ключовим етапом моніторингу землекористування. Зазначено, що методологія опрацювання багатоспектральних супутникових знімків базується на аналізі відбивної здатності об'єктів (рослинності, ґрунтів, водойм, забудови) у різних спектральних діапазонах, а процес дешифрування передбачає їхню ідентифікацію та класифікацію за комплексом спектральних, геометричних і просторових ознак. Дешифрування матеріалів ДЗЗ реалізується за допомогою візуального, автоматизованого або комбінованого способів. Основою методології автоматизованого дешифрування є використання алгоритмів цифрової обробки зображень для оперативного аналізу великих масивів даних. Класифікація цифрового зображення поділяється на дві

узагальнені групи (керовану та некеровану). Визначено методи автоматизованої класифікації та виявлення змін (Random Forest, Support Vector Machine, нейронні мережі та інші методи машинного навчання). Відзначено важливу роль у дослідженні змін землекористування спектрального аналізу. Наведено приклади практичного використання матеріалів ДЗЗ, які підтверджують їхню ефективність у вирішені завдань моніторингу землекористувань.

Ключові слова: дистанційне зондування Землі; моніторинг земель; супутникові знімки високої роздільної здатності; БПЛА; дешифрування; методи контрольованої та неконтрольованої класифікації; індексний аналіз; методи автоматизованої класифікації.

На сьогодні дистанційне зондування Землі (ДЗЗ) є ефективним засобом моніторингу землекористування. Методи ДЗЗ дозволяють систематично отримувати достовірну, актуальну інформацію про особливості та режим використання території землекористувань. Традиційні наземні методи вимагають значних фінансових і часових ресурсів, що впливає на своєчасність дослідження динаміки просторово неоднорідних територій значної площі. Супутникові знімки, матеріали аерофотознімання та дані, отримані за допомогою безпілотних літальних апаратів (БПЛА) стали важливим чинником і засобом підвищення ефективності землекористування. Регулярне оновлення просторових даних, створює умови для вивчення просторово-часових змін та динаміки трансформацій у структурі землекористування. Поєднання даних дистанційного зондування Землі (ДЗЗ) з геоінформаційними технологіями забезпечує проведення просторового аналізу, автоматизованої класифікації об’єктів, виявлення змін у використанні земель та формування інформаційної бази для прийняття обґрунтованих рішень щодо управління земельними ресурсами.

Аналіз досліджень та публікацій по темі дослідження. Питання розвитку земельних відносин та моніторингу землекористувань із застосуванням систем дистанційного зондування земель досить актуальне та зумовлює значну кількість публікацій. Методологічну основу для побудови сучасних моніторингових систем на основі ДЗЗ представлено у праці В. Зацерковного [1]. Автор обґрунтовує необхідність застосування ГІС та ДЗЗ у задачах ефективного землекористування. Детально досліджували специфіку моніторингу сільськогосподарських угідь із застосуванням систем дистанційного зондування земель В. Данкевич та Є. Данкевич [2]. У своїй роботі Т. Дець та інші [3] демонструють апробації методів дистанційного моніторингу з використання мультиспектральних супутникових знімків високої

роздільної здатності для кваліметричного аналізу стану біогеоценозів, діагностики трансформаційних тенденцій у землекористуванні та превентивного моделювання екологічних загроз.

Значна увага в науковому середовищі приділена вибору оптимальних джерел даних. Зокрема, М. Борцова та співавтори пропонують методику обґрунтованого вибору даних ДЗЗ для конкретних прикладних завдань[4]. Особливе місце посідають дані супутникової місії Sentinel-2, можливості яких для картографування земного покриву детально систематизовані в зарубіжних оглядових дослідженнях [5;6]. Практичну цінність мультиспектральних знімків для точної оцінки стану посівів показано у науковій праці О. Куліковської та співавторів, що підтверджує ефективність цих даних у точному землеробстві [7]. У своєму дослідженні О. Шомко розглядає вирішення низки прикладних завдань, зокрема визначення лісорослинного потенціалу рекультивованих територій [8]. Окрему увагу в роботі Т. Гребенюк та співавторів приділено інтеграції даних ДЗЗ із CAD-моделюванню, яке спрямоване на оперативне реагування на екологічні наслідки антропогенних і воєнних чинників при відновленні територій після бойових дій [9].

Стрімке впровадження інтелектуальних технологій обробки даних демонструють світові наукові здобутки останніх років. Використання багаточасових індексів та спектральних діапазонів Sentinel-2 у поєднанні з методами Random Forest і Support Vector Machine дозволяє значно підвищити точність класифікації землекористування [10;11]. Ключовим інструментом екологічного моніторингу залишаються методи просторового аналізу змін для виявлення деградації довкілля [12].

Виділення невирішених раніше частин загальної проблеми. Визнаючи наукову і практичну цінність досліджень зазначених авторів, слід підкреслити, що питання застосування методів ДЗЗ у моніторингу землекористування залишається недостатньо дослідженим і потребує подальшого розвитку теоретико-методичних підходів до комплексної інтегральної оцінки земельних ресурсів.

Цілі дослідження. Дослідити методи та практичне значення дистанційного зондування землі у моніторингу землекористування.

Актуальність дослідження. Актуальність роботи зумовлена необхідністю систематизації сучасних методів ДЗЗ для оперативного виявлення змін у землекористуванні та вдосконалення інформаційного забезпечення землеустрою.

Новизна дослідження полягає в оптимізації алгоритмів обробки даних дистанційного зондування Землі та розробці практичних рекомендацій щодо їхнього застосування для потреб земельного моніторингу.

Мета дослідження – полягає у вивчені сучасних джерел даних ДЗЗ для моніторингу землекористування, методів дешифрування та класифікації земельного покриву, виявлення просторово-часових змін у структурі землекористування та практичного значення ДЗЗ для управління земельними ресурсами та просторового розвитку територій.

Методи досліджень. У процесі дослідження використано загальнонаукові та спеціальні методи: системний підхід (для комплексного вивчення методів дистанційного зондування Землі), метод просторового моделювання (для обґрунтування практичного значення застосування ДЗЗ у моніторингу землекористування), а також абстрактно-логічний метод (для аналізу можливостей застосування алгоритмів глибинного навчання з метою підвищення точності та масштабованості моніторингу).

Результати та їх обґрунтування. Моніторинг земельних ресурсів на сучасному етапі розвитку суспільства є інтегрованою інформаційною системою, яка здійснює збір, збереження та обробку інформації для оцінки стану та прогнозу використання землекористувань. ДЗЗ забезпечує систематичне отримання даних про поверхню Землі методом аерофотозйомки або шляхом спостереження і вимірювань із космосу. Від характеристик вихідних просторових даних залежить ефективність моніторингу, насамперед – це просторова, спектральна та часова роздільні здатності. Вибір джерела даних залежить від масштабу досліджуваної території, рівня деталізації, частоти спостережень та завдань моніторингу. На сьогодні найбільше залучають супутникові оптичні та радіолокаційні знімки, а також матеріали аерофотознімання, отримані за допомогою безпілотних літальних апаратів (БПЛА).

Особливе місце серед супутникових систем займають програми Sentinel і Landsat, які забезпечують систематичний збір даних про стан земної поверхні. Багатоспектральні знімки Sentinel-2 із просторовою роздільною здатністю 10–60 м дають змогу оцінювати стан рослинності, визначати вологість ґрунту, виявляти викиди вуглецю, встановлювати зміни у структурі сільськогосподарських угідь і аналізувати трансформацію територій. Підтвердженням ефективності використання супутникових знімків є результати досліджень наслідків пожеж як на території України, так і в інших країнах світу (рис.1) [12].

Значною перевагою таких даних є регулярність повторного знімання, що дозволяє формувати часові ряди та проводити моніторинг змін. Завдяки наявності багаторічних архівів матеріали супутникової програми Landsat дозволяють здійснити ретроспективний аналіз трансформацій земельного покриву.

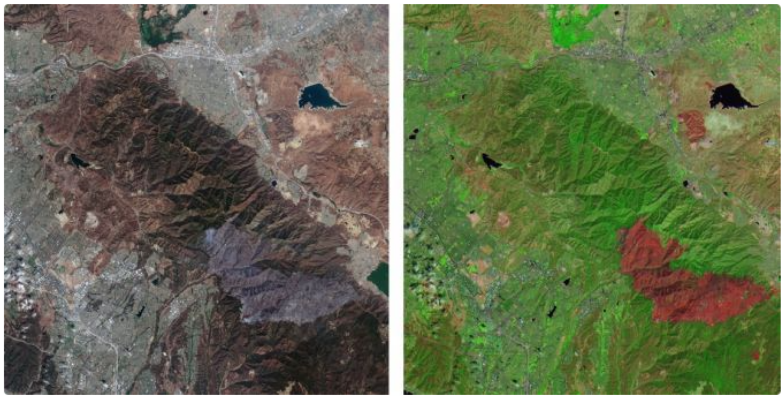


Рис. 1. Приклад мультиспектрального зображення Sentinel 2C, на якому виділено ділянки, постраждалі від лісових пожеж (істинний колір ліворуч, хибний колір праворуч). Джерело: 12

Прикладом зіставлення різночасових знімків для вивчення процесів у часовому розрізі став моніторинг стану озера Світязь, який засвідчив зменшення площі водного дзеркала водойми. Так, у 1975 році площа озера становила 2497,16 га, тоді як у 2022 році – 2410,81 га (рис.2). Результати дослідження вказують на розвиток негативних процесів, зумовлених зміною клімату та нераціональним використанням водних ресурсів.

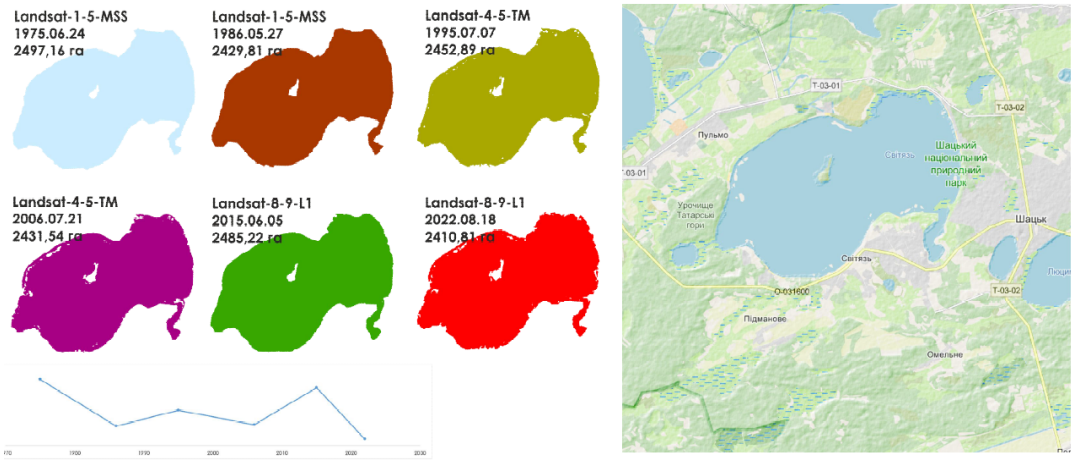


Рис.2. Моніторинг стану озера Світязь. Джерело: розроблене авторами

Окрему групу становлять радіолокаційні дані, зокрема матеріали Sentinel-1. На відміну від оптичних систем, вони забезпечують безперервний моніторинг земної поверхні незалежно від рівня освітленості чи метеорологічних умов, включно зі значною хмарністю. Поєднання радіолокаційної та оптичної інформації дозволяє отримати більш повну характеристику стану земної поверхні, що підвищує надійність і регулярність моніторингу територій землекористувань.

Для детального моніторингу локальних територій все ширше використовують безпілотні літальні апарати (БПЛА). Висока просторова роздільна здатність матеріалів аерознімання з БПЛА дозволяє створювати

деталізовані ортофотоплани та цифрові моделі місцевості. Наприклад, оцінити стан ґрунтового покриву для точного внесення азоту (рис.3) [13].



Рис. 3. Результати моделювання даних БПЛА для точного внесення азоту на основі знімків NDVI. Джерело: 13

Різні функціональні можливості мають супутникові дані та матеріали з БПЛА. Супутникові системи забезпечують значну площу обстеження та періодичність знімання, тоді як безпілотні технології дають змогу отримати високодеталізовані матеріали для окремих ділянок. Таким чином, найбільш перспективним є комплексний підхід, який поєднує супутникові дані з матеріалами безпілотних літальних апаратів, забезпечуючи систематичний моніторинг великих територій за допомогою супутникових знімків, а для уточнення й деталізації виявлених змін – дані БПЛА (табл. 1).

Таблиця 1.

Порівняльна характеристика основних джерел даних дистанційного зондування Землі для моніторингу землекористування

Джерело даних	Тип знімання, просторова роздільна здатність	Основні переваги	Напрями застосування у моніторингу землекористування	Основні обмеження
1	**2**	**3**	**4**	**5**
Sentinel-2	Оптичне, багатоспектральне, Роздільна здатність 10, 20, 60 м залежно від спектрального каналу	Висока періодичність спостережень, 13 спектральних каналів, значне територіальне охоплення, відкритий доступ до даних	Класифікація земного покриву, моніторинг рослинності та сільськогосподарських угідь, оцінювання стану ґрунтового і водного покриву, виявлення змін землекористування	Залежність від хмарності та атмосферних умов

1	2	3	4	5
Landsat 8/9	Оптичне, багатоспектральне та теплове; Роздільна здатність: 30 м для багатоспектральних каналів; 15 м для панхроматичного каналу	Багаторічний архів спостережень, можливість ретроспективного аналізу, стабільність і зіставність часових рядів	Аналіз довготривалих змін землекористування, оцінювання динаміки забудови, сільськогосподарських і природних угідь, моніторинг трансформації земельного покриву	Нижча просторова деталізація порівняно із Sentinel-2 та знімками високої роздільної здатності; вплив хмарності
Sentinel-1	Радіолокаційне, SAR, C-діапазон, Залежить від режиму знімання	Можливість отримання даних у денний і нічний час та за складних погодних умов, незалежність від хмарності	Моніторинг змін земної поверхні, оцінювання структури посівів, вологості та стану територій, доповнення оптичних даних	Складніша обробка та інтерпретація радіолокаційних даних; наявність спекл-шуму
Комерційні супутникові системи високої та надвисокої роздільної здатності	Переважно оптичне, багатоспектральне, Від субметрової до кількох метрів залежно від системи	Висока деталізація об’єктів, можливість дослідження невеликих земельних ділянок і складної структури землекористування	Уточнення меж об’єктів, детальне картографування забудови, земельних ділянок та локальних змін	Висока вартість даних, обмеження щодо доступності архівних знімків
Безпілотні літальні апарати (БПЛА)	Аерофотознімання, RGB, мультиспектральне, теплове та ін. Роздільна здатність: від кількох сантиметрів залежно від висоти польоту та сенсора	Дуже висока деталізація, оперативність знімання, можливість вибору часу і маршруту польоту	Локальний моніторинг земельних ділянок, оцінювання стану посівів, виявлення деградаційних процесів, уточнення результатів супутникового моніторингу	Обмежена площа охоплення, залежність від погодних умов, необхідність проведення польових робіт і значні обсяги даних
Комплексне використання супутникових даних і БПЛА	Комбіноване, Роздільна здатність: від сантиметрового до десятків метрів	Поєднання широкого просторового охоплення, регулярності спостережень і високої деталізації	Багаторівневий моніторинг землекористування, виявлення змін на регіональному рівні та їх детальне дослідження на локальному рівні	Необхідність узгодження різнорідних даних, їх геометричної, часової та спектральної сумісності

На основі поєднання супутникових спостережень з наземними вимірюваннями високої роздільної здатності розробляють гібридні ГІС-моделі, які пропонують як широке охоплення, так і високу деталізацію. Наприклад, матеріали зйомки дронами, оснащеними лідарами, досягають точності до п'яти сантиметрів, а їхнє об'єднання з даними Sentinel, забезпечує створення комплексних 3D-моделей місцевості для планування та моніторингу інфраструктури. Сучасні підходи ДЗЗ, інтегровані з геодезією, знижують показник похибок до рівня нижче 5%, особливо при впровадженні в передових ГІС-середовищ, таких як ArcGIS Pro [14].

Дешифрування матеріалів дистанційного зондування Землі є ключовим етапом моніторингу землекористування. Процес дешифрування передбачає розпізнавання, ідентифікацію та віднесення об’єктів земної поверхні до певних класів за основними ознаками (спектральні характеристики, колір, яскравість, текстура, форма, розміри та просторове розташування об’єктів). Методологія опрацювання багатоспектральних супутникових знімків ґрунтується на розрізненні об’єктів (рослинності, ґрунтів, водойм, забудови) за допомогою аналізу їхньої відбивної здатності у різних діапазонах електромагнітного спектра.

Дешифрування матеріалів ДЗЗ проводять на основі візуального, автоматизованого та комбінованого способів. Візуальний метод дешифрування – це метод аналізу просторових, спектральних та геометричних ознак об’єктів, шляхом безпосереднього огляду та інтерпретації зображень фахівцем. Його застосовують для аналізу локальних територій або верифікації результатів автоматизованої класифікації. Для нього характерні значні витрати часу та залежність від рівня кваліфікації фахівця.

Основою методології автоматизованого дешифрування є використання алгоритмів цифрової обробки зображень для оперативного аналізу великих масивів даних. Класифікацію земельного покриву здійснюють через розпізнавання образів (сортування, розподілу) елементів зображення (пікселів), кожний з яких в загальному випадку описують n-мірним вектором ознак (атрибутами) X = [x1,x2 ,… xn], на кінцеву кількість класів об’єктів (областей зображення). У практиці дистанційного моніторингу класифікація цифрового зображення поділяється на дві узагальнені групи – керовану та некеровану. Керовану класифікацію формують з навчальних вибірок (еталонів) для кожного класу земельного покриву. Основою алгоритму класифікації є спектральні характеристики об’єктів, що забезпечують високу точність, масштабованість та адаптацію моделі до конкретних умов дослідження. Програмний алгоритм некерованої класифікації автоматично розподіляє пікселі на основі подібності їхніх спектральних характеристик, створюючи сегменти (кластери), які згодом

підлягають експертній інтерпретації та тематичній класифікації без формування навчальних вибірок. Недоліком цієї класифікації є те, що потрібно виконувати дешифрування отриманих класів, щоб визначити, яким об’єктам зображення вони відповідають. Некеровану класифікацію часто використовують як попередній етап класифікації з навчанням [15]. Наприклад, під час побудови карти типів культур Київської області було використано зв'язок між супутниковими знімками та масками сегментації, з урахуванням текстурних та мультиспектральних особливостей зображення (рис.4) [16].

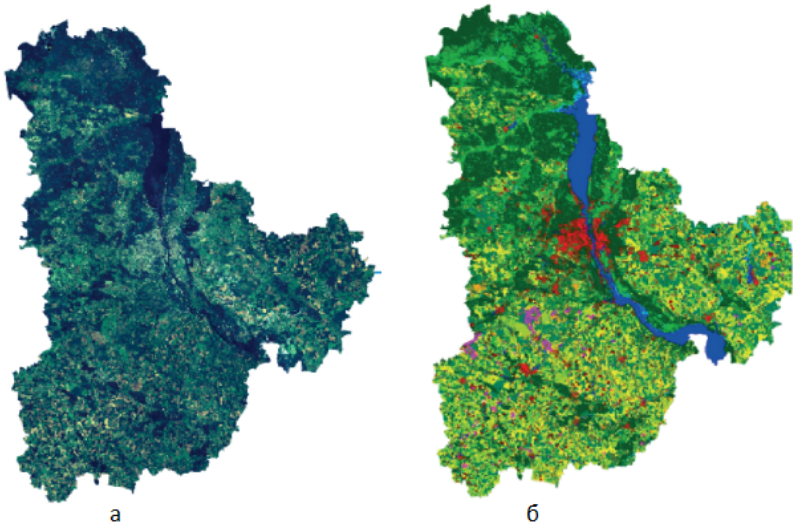


Рис.4. Картографування типів сільськогосподарських культур Київської області з використанням моделі сегментації глибокого навчання: а- регіональний композитний файл без хмар; б - розширена карта класифікацій сільськогосподарських культур [16].

Методи машинного навчання набули значного поширення, зокрема Support Vector Machine, Random Forest, Gradient Boosting та нейронні мережі. Наприклад для підвищення ефективності виявлення кадастрових меж земельних ділянок у міських та напівміських районах Руанди на зображеннях із семантичними розривами та нечіткими ознаками дешифрування використано повністю згорткові мережі (Fully Convolutional Networks, або FCN). Ці мережі забезпечують інтеграцію великої кількості спектральних, текстурних і просторових ознак, що значно підвищує точність класифікації територій зі складною структурою (рис.5). [17]

Високу ефективність демонструють такі алгоритми як генеративно-змагальні нейронні мережі (GAN) під час обробки багатоспектральних та багаточасових серій даних систем Sentinel-2, Landsat та інших супутникових систем. Ця автоматизована система моніторингу допомагає виявленню аномалій спектральних смуг та індексу рослинності для точної ідентифікації та визначення меж пошкоджених полів під час воєнних дій (рис.6). [16]



Рис. 5. Довідкові та класифікаційні карти, отримані за допомогою методів машинного навчання. Видимі межовими посиланнями є зелені лінії, невидимі – червоні лінії, а виявлені межі – жовті лінії. Джерело: 17

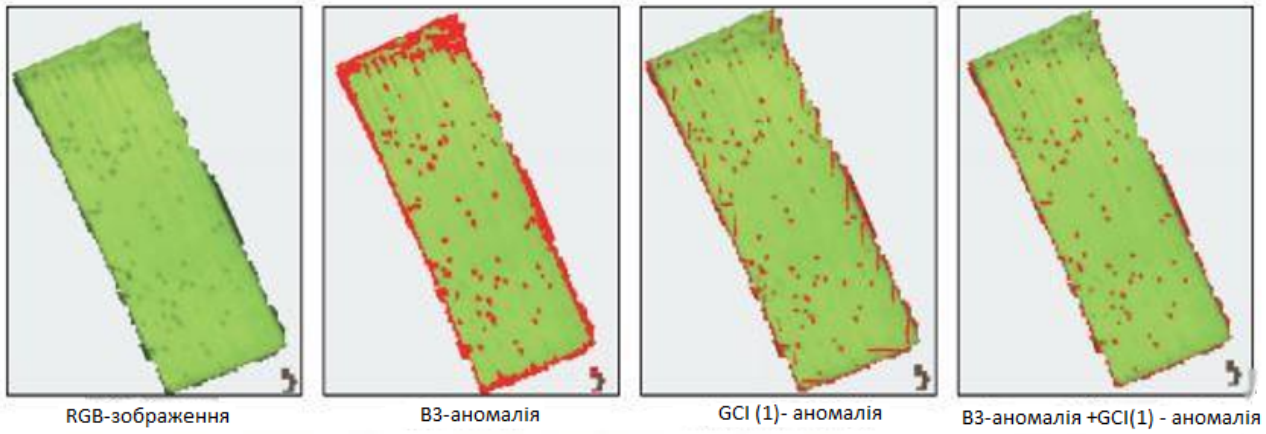


Рис.6. Виявлення пошкоджень за допомогою зеленої смуги B3 та індексу GCL, NDVI=0.63<0.65, (09.05.2023р. Запорізька область). Джерело:16

Все ширше застосовують об’єктно-орієнтований аналіз зображень, під час якого вивчають не лише спектральні характеристики окремих однорідних об’єктів, а й форму, розмір, текстуру та просторове розміщення. Зазначений підхід є найбільш доцільним під час обробки матеріалами БПЛА та високодеталізованих супутникових знімків, де піксельний метод зумовлює надмірну фрагментацію результатів. Наприклад формування комплексної інформаційної бази для проведення земельно-облікових робіт села Борове Шептицького району Львівської області, площа якого складає 1,29 км² га використано безпілотний літальний апарат DJI Mavic 3 pro. Роботи зі створення картографічної основи проводились протягом 8 днів, з яких 3 дні було відведено на польові роботи, а 5 днів – на камеральне опрацювання матеріалів. Обробку та аналіз просторових даних виконано з використанням програмного комплексу ArcGIS, що дало змогу ефективно сформувати планово-картографічні матеріали території села (Рис. 7).

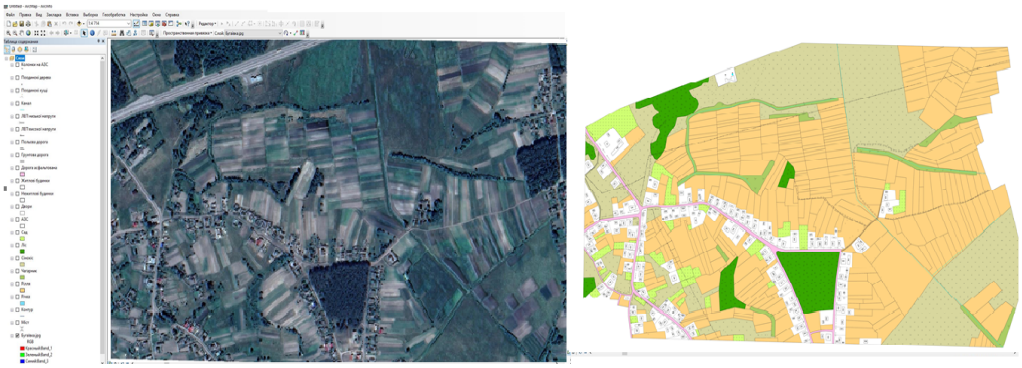


Рис. 7. Фрагменти ортофотоплану території та плану землекористування с. Борове Львівської області. Джерело: розроблене авторами

Особливу роль у дешифруванні відіграють спектральні індекси, які підвищують розбіжності між різними типами земного покриву. Зокрема, NDVI використовують для оцінки стану рослинності, NDWI – для визначення водних об'єктів і зволожених поверхонь, а NDBI – для виділення забудованих територій. Поєднання спектральних індексів з алгоритмами класифікації підвищує точність тематичного картографування та спрощує ідентифікацію класів із близькими спектральними характеристиками (рис.8).

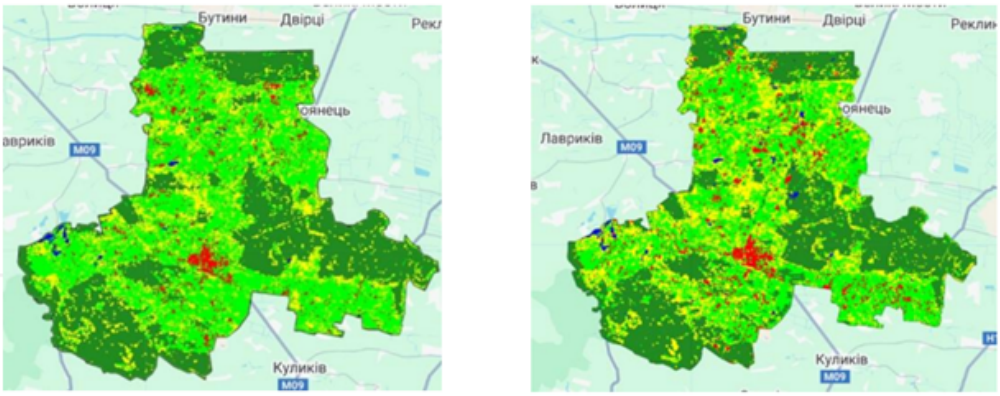


Рис. 8. Результати візуалізації вегетаційних індексів: а – NDVI; б – NDWI; в – NDBI. Джерело: розроблене авторами

Використання методів дистанційного зондування Землі дозволяє проводити комплексний моніторинг змін у структурі землекористування та виявляти особливості використання територій у часі. Для виявлення змін застосовують різні методичні підходи. Одним із найпоширеніших методів є постласифікаційне порівняння, за якого створюють окремо карти земного покриву для двох чи більше періодів, та у подальшому проходить математичне співставлення між класами. Це дає змогу не лише кількісно оцінити площу змінених ділянок, а й ідентифікувати типи трансформацій (розширення забудованих земель, трансформацію сільськогосподарських угідь, процеси деградації ґрунту, зміни площ лісів тощо).

Іншим методичним підходом є аналіз спектральних відмінностей між різночасовими зображеннями. Застосування цього методу дозволяє оптимізувати процес моніторингу шляхом оперативного виявлення ділянок з

нетиповим розвитком та зон, що потребують детальніший аналіз. Часові ряди супутникових даних дозволяють перейти від порівняння окремих дат до безперервного аналізу динаміки земної поверхні. Завдяки багаторічним серіям знімків виявляють стійкі тенденції, сезонні коливання, короткочасні зміни та аномальні події, що особливо важливо для моніторингу сільськогосподарських угідь, земель житлової забудови, проявів деградації земель, вирубування лісів та змін водних об'єктів. Прикладом слугувало дослідження зі зміни агроландшафтів на території Жовківської територіальної громади Львівського району Львівської області. Для визначення типів земного покриву виконано контрольовану класифікацію, що дає змогу перетворити багатоспектральні дані у тематичну карту покриття. Класифікація передбачає призначення кожному пікселю певного класу, тому важливо обрати оптимальний набір шарів і структуру композиту (рис.9).



а б

Рис 9. Тематична карта класифікації земель Жовківської територіальної громади: а – 2017 р.; б – 2024 р. Джерело:19

Для класифікації застосовано метод з навчальною вибіркою (supervised classification), а саме: алгоритм Random Forest, який обрано серед інших (CART, Gradient Tree Boosting, SVM та Naive Bayes) через його ефективність під час роботи з багатоканальними композитами та неоднорідними ландшафтами. Візуальний і статистичний аналіз отриманих результатів показав, що впродовж 2017–2024 рр. на території Жовківської ОТГ відбулися суттєві зміни в структурі агроландшафтів, зумовлені трансформацією земельного покриву. Результати статистичних обчислень свідчать про збільшення площі водних об'єктів зі 192,18 га у 2017 р. до 242,18 га у 2024 р., забудованих територій – з 2483,71 до 2726,29 га, а сільськогосподарських угідь – з 16 811,53 до 18 859,53 га. Водночас площа лісових масивів зменшилася з 17 108,26 до 17 045,38 га, а площа лук – з 11 253,97 до 8976,29 га [19].

Важливим елементом моніторингу є поєднання результатів ДЗЗ з геоінформаційними системами. Просторово-часові зміни у середовищі ГІС

можуть бути інтегровані з кадастровою, статистичною, топографічною та іншою інформацією, що дає можливість не лише констатувати факт зміни землекористування, а й аналізувати її можливі причини, взаємозв'язок з інфраструктурним розвитком, господарською діяльністю та природними чинниками. Практичне значення дистанційного зондування Землі полягає в оперативному отримані об'єктивної та просторово узгодженої інформації про стан територій, характер їх використання та динаміку змін (табл. 3).

Таблиця 3.

Основні напрями практичного застосування ДЗЗ у моніторингу землекористування

Напрям застосування	**Дані/методи ДЗЗ**	**Практичний результат**
Контроль землекористування	Sentinel-2, Landsat, БПЛА	Виявлення фактичного використання земель та змін меж
Моніторинг сільськогосподарських угідь	NDVI, багатоспектральні знімки	Оцінювання стану посівів, виявлення проблемних ділянок
Контроль деградації земель	NDVI, NDWI, часові ряди	Виявлення ерозії, підтоплення, зменшення рослинного покриву
Моніторинг забудови	NDBI, високодетальні знімки	Виявлення розширення забудованих територій
Просторове планування	ДЗЗ + ГІС	Аналіз структури територій і підтримка управлінських рішень
Оновлення просторових баз даних	Супутникові знімки, БПЛА	Актуалізація картографічної та геоінформаційної інформації

Це дозволяє своєчасно фіксувати зміни та формувати актуальну інформаційну базу для прийняття управлінських рішень. Результати такого аналізу мають важливе практичне значення для контролю за використанням земельних ресурсів, оцінки антропогенного впливу та підготовки обґрунтованих рішень у сфері адміністрування землекористування. Схема використання даних дистанційного зондування Землі під час моніторингу землекористування відображає послідовність етапів процесу – від збору первинної просторової інформації до прийняття управлінських рішень (рис. 10).

Інтеграція джерел ДЗЗ із ГІС-технологіями забезпечує проведення класифікації об'єктів, аналізу просторово-часових змін і комплексний моніторинг стану земель. Даний підхід сприяє підвищенню обґрунтованості управлінських рішень, забезпечує сталий розвиток землекористування, екологічну безпеку та прогноз подальших змін у структурі земельних ресурсів.



Рис. 10. Схема використання даних дистанційного зондування Землі під час моніторингу землекористування

Висновки та рекомендації подальшого дослідження. Дистанційне зондування Землі забезпечує систематичне отримання просторово узгоджених даних про стан земної поверхні, що робить його ефективним інструментом сучасного моніторингу землекористування. Перевагою методів ДЗЗ від традиційних наземних обстежень є оперативність у виявлені динаміки змін землекористувань. Правильний вибір джерела дистанційних даних впливає на ефективність моніторингу. До основних джерел ДЗЗ відносять оптичні супутникові знімки як Sentinel-2 та Landsat 8/9, використання яких є доцільним для оцінки рослинного покриву, стану ґрунтової поверхні, структури сільськогосподарських угідь та змін меж землекористування. Радіолокаційні знімки Sentinel-1 дозволяють регулярно отримувати інформацію незалежно від хмарності та умов освітлення, доповнюючи оптичні матеріали, підвищуючи надійність спостережень. Важливе практичне значення мають дані безпілотних літальних апаратів для цілей локального моніторингу, через високу просторову деталізацію у порівнянні із знімками супутникових платформ. Згідно з цим супутникові дані й аерофотознімки з БПЛА не є взаємозамінними, а формують комплексну систему моніторингу: масштабність і регулярність забезпечують супутникові знімки, тоді як матеріали БПЛА – високу деталізацію.

Важливу роль у досліджені зміни землекористування відіграє спектральний аналіз, який за допомогою спектральних індексів (NDVI, NDWI, NDBI) та інших похідних забезпечує дешифрування об'єктів просторової структури та динаміки сучасних ландшафтів. Методи автоматизованої класифікації та виявлення змін на основі нейронних мереж підвищують швидкість опрацювання великих масивів супутникових даних і створюють умови для автоматичного розпізнавання основних типів земного покриву та

землекористування. Точність результатів залежить від якості навчальних вибірок, спектральної розрізненості класів, просторової роздільної здатності зображень і правильності попередньої обробки даних. Наведені приклади практичного використання матеріалів ДЗЗ підтверджують їхню ефективність у вирішені завдань моніторингу земель, а також у виявленні змін, зокрема деградації земель, розширення забудови, скорочення площ природних угідь та інших трансформацій.

Подальший розвиток досліджень пов’язують із впровадженням методів глибокого навчання у процес автоматизованого виявлення складних просторових закономірностей та підвищення якості розпізнавання об’єктів на знімках високої роздільної здатності.

Список використаних джерел

1. Зацерковний В.І. Геоінформаційні системи і системи дистанційного зондування землі в задачах ефективного землекористування. *Наукові праці Чорноморського державного університету імені Петра Могили комплексу "Києво-Могилянська академія". Серія: Техногенна безпека. Радіобіологія*. 2015. Т. 261, Вип. 249. С. 14-21.

2. Данкевич В.Є., Данкевич Є.М. Моніторинг сільськогосподарських угідь із застосуванням систем дистанційного зондування земель. *Економіка АПК*. 2019. №8. С. 27–36. DOI: https:/ / doi.org/ 10.32317/ 2221-1055.201908027

3. Дець Т.І., Безлатня Л.О., Рожі Т.А. Екологічне планування та землеустрій: застосування ГІС для збереження природних ландшафтів. *Містобудування та територіальне планування*. 2025. №89. С. 503-518. DOI:10.32347/2076-815X.2025.89.503-518

4. Борцова М.В., Березіна С.І., Козлова О.В. Методика вибору оптимального джерела даних дистанційного зондування Землі. *Системи обробки інформації.* 2023. Вип. 4 (175). С. 16-27. DOI: 10.30748/soi.2023.175.02

5. Phiri D., Simwanda M., Salekin S., Nyirenda V.R., Murayama Y., Ranagalage, M. Sentinel-2 Data for Land Cover/Use Mapping: A Review. *Remote Sens*. 2020, № 12. С. 2291. https://doi.org/10.3390/rs12142291 4

6. Jocea A.F., Porumb L., Necula L., Raducanu D. Sentinel-2 Land Cover Classification: State-of-the-Art Methods and the Reality of Operational Deployment –A Systematic Review. *Sustainability*. 2025. № 17. 10324. https://doi.org/10.3390/su172210324 15

7. Куліковська О.Є., Колодій П.П., Ступень Р.М., Розкриття можливостей використання мультиспектральних знімків для точної оцінки посівів. *Містобудування та територіальне планування*. 2024. № 87. С.368–387. https://doi.org/10.32347/2076-815x.2024.87.368-387

8. Шомко О.М. Лісорослинний потенціал ґрунту після рекультивації території видобутку ільменіту в Житомирському Поліссі. *Всеукраїнської науково-практичної on-line конференції здобувачів вищої освіти і молодих учених, присвяченої Дню науки*: матеріали Всеукр. наук.-практ. конф., м. Житомир, 13-17 травня. 2024 р. Житомир, 2024. С. 191–192.

9. Гребенюк Т.В., Броницький В.О., Ган О.В., Кот І.Т. Інтеграція даних дистанційного зондування землі та CAD-моделювання у процеси оцінки впливу на довкілля і відновлення територій після воєнних дій. *Екологічні науки*. 2026. № 2(65). С.307-312 https://ecoj.dea.kiev.ua/archives/2026/65/45.pdf

10. Arfa A., Minaei M. Utilizing multitemporal indices and spectral bands of Sentinel-2 to enhance land use and land cover classification with random forest and support vector machine. *Advances in Space Research*. 2024. Vol. 74. №. 11. P. 5580–5590. DOI: 10.1016/j.asr.2024.08.062.

11. Maleki S. et al. Machine Learning-Based Summer Crops Mapping Using Sentinel-1 and Sentinel-2 Time Series and Phenological Features. *Remote Sensing*. 2024. Vol. 16. №. 23. P. 4548.

12. Langhorst L. The new age of Earth observation. *GIM International*. 2026. № 2. URL: https://www.gim-international.com/content/article/the-new-age-of-earth-observation

13. Шастова Є.В., Дубницька М.В. Актуалізація відомостей про землекористування на основі даних дистанційного зондування. *Geopoint*. матеріали міжнар. наук.-практ. конф., м. Київ, 5-6 березня 2026 р. Київ, 2026 С.277-279

14. Хайнус Д.Д., Могильний С.Г., Виноградeнко С.О., Капінос Н.О. Сучасні методи вищої геодезії та їх застосування в моніторингу деформацій земної поверхні. *Збірник наукових праць Українського державного університету залізничного транспорту*. 2025. № 213. С.101-115 DOI: https://doi.org/10.18664/1994-7852.213.2025.341836

15. Квартич Т.М. Аналіз методів автоматизованої класифікації цифрових зображень дистанційного зондування Землі. *Інженерна геодезія*. 2014. Вип.60. С. 110-117.

16. Kussul N., Shelestov A., Drozd S., Yailymov B. et al. Innovative models and applications of satellite intelligence. *Space research in Ukraine. 2022–2024*. 2024. P.115-123. URL: https://www.pdau.edu.ua/sites/default/files/node/4518/pravylaoformlennyaspyskuvykorystanyhdzherel.pdf

17. Xia X., Persello C., Koeva M. Deep Fully Convolutional Networks for Cadastral Boundary Detection from UAV Images. *Remote* Sensing. 2019. № 11. 1725. https://doi.org/10.3390/rs11141725

18. Бабій Л., Заяць І., Степа Ю. Аналіз використання Google Earth Engine для визначення змін агроландшафтів за даними Sentinel-2. *Точне землеробство*. 2025. Вип.1. № 1. С. 1-10. http://doi.org/10.23939/pa2025.01.001

Candidate of Economic Sciences **Udovenko Iryna**,
Uman National University,
Candidate of Biological Sciences **Skliar Yurii**,
Sumy National Agrarian University,
Candidate of Technical Sciences **Arsenieva Nataliia**,
Kharkiv National Automobile and Highway University

REMOTE SENSING OF THE EARTH IN LAND-USE MONITORING IN THE CONTEXT OF MODERN METHODS AND PRACTICAL APPLICATIONS

The article examines the methods and practical significance of Earth remote sensing in land-use monitoring. It is noted that Earth remote sensing is one of the most effective tools for modern land-use monitoring, as it ensures the systematic acquisition of spatially consistent data on the condition of the Earth’s surface, the structure of land cover, and the patterns of land use. The primary spatial remote sensing data used for monitoring are analysed, including optical and radar satellite imagery, as well as aerial survey materials obtained using unmanned aerial vehicles (UAVs). A comparative assessment of the main sources of Earth remote sensing data for land-use monitoring is provided according to the type of imaging, spatial

resolution, key advantages, areas of application in land-use monitoring, and major limitations. Particular attention is paid to the interpretation of Earth remote sensing data, which constitutes a key stage of land-use monitoring. It is established that the methodology for processing multispectral satellite imagery is based on analysing the reflectance properties of different objects, including vegetation, soils, water bodies, and built-up areas, across various spectral bands. The image interpretation process involves the identification and classification of these objects according to a combination of spectral, geometric, and spatial features. Remote sensing data interpretation can be performed using visual, automated, or combined approaches. The methodology of automated image interpretation is based on the application of digital image-processing algorithms for the rapid analysis of large datasets. Digital image classification is divided into two general categories: supervised and unsupervised classification. Methods of automated classification and change detection are identified, including Random Forest, Support Vector Machine, neural networks, and other machine-learning methods. The important role of spectral analysis in studying land-use changes is highlighted. The presented examples of the practical application of remote sensing data confirm their effectiveness in addressing land-use monitoring tasks.

Keywords: Earth remote sensing; land monitoring; high-resolution satellite imagery; unmanned aerial vehicles; image interpretation; supervised and unsupervised classification methods; index analysis; automated classification methods.

REFERENCES

1. Zatserkovnyy, V.I. (2015) *Heoinformatsiyni systemy i systemy dystantsiynoho zonduvannya zemli v zadachakh efektyvnoho zemlekorystuvannya* [Geoinformation systems and remote sensing systems of the earth in the tasks of effective land use]. *Naukovi pratsi Chornomors'koho derzhavnoho universytetu imeni Petra Mohyly kompleksu «Kyyevo-Mohylyans'ka akademiya». Seriya: Tekhnohenna bezpeka. Radiobiolohiya* [Scientific works of the Petro Mohyla Black Sea State University of the «Kyiv-Mohyla Academy» complex. Series: Technogenic safety. Radiobiology]. 261(249). 14-21{in Ukrainian}

2. Dankevych, V.Ye., Dankevych, YE.M. (2019) *Monitorynh sil's'kohospodars'kykh uhid' iz zastosuvannyam system dystantsiynoho zonduvannya zemel'*[Monitoring of agricultural lands using remote sensing systems]. *Ekonomika APK* [Economics of Agricultural Industry.]. 8. 27–36. DOI: https:/ / doi.org/ 10.32317/ 2221-1055.20190802 {in Ukrainian}

3. Dets′, T.I., Bezlatnya, L.O., Rozhi, T.A. (2025) *Ekolohichne planuvannya ta zemleustriy: zastosuvannya HIS dlya zberezhennya pryrodnykh landshaftiv*

[Ecological planning and land management: application of GIS for preservation of natural landscapes]. *Mistobuduvannya ta terytorial'ne planuvannya* [Urban planning and territorial planning]. 89. 503-518. DOI:10.32347/2076-815X.2025.89.503-518 {in Ukrainian}

4. Bortsova, M.V., Berezina, S.I., Kozlova, O.V. (2023) *Metodyka vyboru optymal'noho dzherela danykh dystantsiynoho zonduvannya Zemli* [Methodology for selecting the optimal source of data for remote sensing of the Earth]. *Systemy obrobky informatsiyi* [Information Processing Systems]. 4 (175). 16-27. DOI: 10.30748/soi.2023.175.02 {in Ukrainian}

5. Phiri, D., Simwanda, M., Salekin, S., Nyirenda, V.R., Murayama, Y., Ranagalage, M. (2020) Sentinel-2 Data for Land Cover/Use Mapping: A Review. *Remote Sens*. 12. 2291. https://doi.org/10.3390/rs12142291 {in English}

6. Jocea, A.F., Porumb, L., Necula, L., Raducanu, D. (2025) Sentinel-2 Land Cover Classification: State-of-the-Art Methods and the Reality of Operational Deployment –A Systematic Review. *Sustainability*. 17. 10324. https://doi.org/10.3390/su172210324 {in English}

7. Kulikovs′ka, O.Ye., Kolodiy, P.P., Stupen′, R.M. (2024) *Rozkryttya mozhlyvostey vykorystannyamul'tyspektral'nykh znimkiv dlya tochnoyi otsinky posiviv* [Revealing the possibilities of using multispectral images for accurate assessment of crops]. *Mistobuduvannya ta terytorial'ne planuvannya* [*Urban planning and territorial planning*]. 87. 368–387https://doi.org/10.32347/2076-815x.2024.87.368-387 {in Ukrainian}

8. Shomko O.M. Lisoroslynnyy potentsial gruntu pislya rekul′tyvatsiyi terytoriyi vydobutku il′menitu v Zhytomyrs′komu Polissi [Forest-vegetation potential of the soil after reclamation of the ilmenite mining area in Zhytomyr Polissya]. *Vseukrayins'koyi naukovo-praktychnoyi on-line konferentsiyi zdobuvachiv vyshchoyi osvity i molodykh uchenykh, prysvyachenoyi Dnyu nauky*: materialy Vseukr. nauk.-prakt. konf. (pp.191-192). Zhytomyr. {in Ukrainian}

9. Hrebenyuk, T.V., Bronyts′kyy, V.O., Han, O.V., Kot, I.T. (2026) *Intehratsiya danykh dystantsiynoho zonduvannya zemli ta CAD-modelyuvannya u protsesy otsinky vplyvu na dovkillya i vidnovlennya terytoriy pislya voyennykh diy* [Integration of remote sensing data and CAD-modeling into the processes of environmental impact assessment and restoration of territories after military operations]. *Ekolohichni nauky* [Ecological Sciences]. 2(65). 307-312 https://ecoj.dea.kiev.ua/archives/2026/65/45.pdf {in Ukrainian}

10. Arfa, A., Minaei, M. (2024) Utilizing multitemporal indices and spectral bands of Sentinel-2 to enhance land use and land cover classification with random forest and support vector machine. *Advances in Space Research*. 74. (11). 5580–5590. DOI: 10.1016/j.asr.2024.08.062. {in English}

11. Maleki, S. et al. (2024) Machine Learning-Based Summer Crops Mapping Using Sentinel-1 and Sentinel-2 Time Series and Phenological Features. *Remote Sensing*.16 (23). 4548. {in English}

12. Langhorst L. (2026) The new age of Earth observation. *GIM International*. 2. Available at: https://www.gim-international.com/content/article/the-new-age-of-earth-observation{in English}

13. Shastova, Ye.V., Dubnyts′ka, M.V. (2026) *Aktualizatsiya vidomostey pro zemlekorystuvannya na osnovi danykh dystantsiynoho zonduvannya* [Updating of information on land use based on remote sensing data]. *Geopoint*: Materialy Mizhnarodnoi naukovo-praktychnoi konferentsii, (pp.277-279). Kyyiv: NUBiP of Ukraine. {in Ukrainian}

14. Khaynus, D.D., Mohyl′nyy, S.H., Vynohradenko, S.O., Kapinos, N. O. (2025) *Suchasni metody vyshchoyi heodeziyi ta yikh zastosuvannya v monitorynhu deformatsiy zemnoyi poverkhni* [Modern methods of higher geodesy and their application in monitoring deformations of the earth's surface]. *Zbirnyk naukovykh prats' Ukrayins'koho derzhavnoho universytetu zaliznychnoho transportu* [Collection of scientific works of the Ukrainian State University of Railway Transport]. 213. 101-115. DOI: https://doi.org/10.18664/1994-7852.213.2025.341836 {in Ukrainian}

15. Kvartych, T.M. (2014) *Analiz metodiv avtomatyzovanoyi klasyfikatsiyi tsyfrovykh zobrazhen' dystantsiynoho zonduvannya Zemli* [Analysis of methods for automated classification of digital images of remote sensing of the Earth]. *Inzhenerna heodeziya* [Engineering Geodesy]. 60. 110-117. {in Ukrainian}

16. Kussul, N., Shelestov, A., Drozd, S., Yailymov, B. et al. (2024) Innovative models and applications of satellite intelligence. *Space research in Ukraine*. 2022–2024 P.115-123. Available at: https://www.pdau.edu.ua/sites/default/files/node/4518/pravylaoformlennyaspyskuvykorystanyhdzherel.pdf {in English}

17. Xia, X., Persello, C., Koeva, M. (2019) Deep Fully Convolutional Networks for Cadastral Boundary Detection from UAV Images. *Remote Sensing.* 11. 1725. https://doi.org/10.3390/rs11141725 {in English}

18. Babiy, L., Zayats′, I., Stepa, YU. (2025) *Analiz vykorystannya Google Earth Engine DLYA vyznachennya zmin ahrolandshaftiv za danymy Sentinel-2* [Analysis of the use of Google Earth Engine for determining changes in agricultural landscapes using Sentinel-2 data]. *Tochne zemlerobstvo* [Precision Agriculture]. 1(1). 1-10. http://doi.org/10.23939/pa2025.01.001 {in Ukrainian}

DOI: 10.32347/2076-815x.2026.93.732-744
УДК 528.4+528.88
к.т.н., доцент **Шелковська І.М.,**
selkovskaya291@gmail.com, ORCID: 0000-0002-0986-381X,
к.т.н., доцент **Міхно П.Б.,**
mikhno1982@gmail.com, ORCID: 0000-0001-8045-6478,
к.т.н., доцент **Клюка О.М.,**
klyukaolena@gmail.com, ORCID: 0000-0002-9250-1157,
Кременчуцький національний університет імені Михайла Остроградського

ПОРІВНЯЛЬНИЙ АНАЛІЗ ЗЕМЛЕКОРИСТУВАНЬ В СИСТЕМІ УПРАВЛІННЯ ЗЕМЕЛЬНИМИ РЕСУРСАМИ НА МІСЦЕВОМУ РІВНІ

Розглянуто порівняльний аналіз землекористувань на прикладі Градизької територіальної громади Полтавської області та Вижницької територіальної громади Чернівецької області. Основними напрямками економічної діяльності першої громади є виробництво сільськогосподарської продукції та рибне господарство. У другій розвинуті сільське та лісове господарство; деревообробна промисловість; видобуток граніту; виробництво теплової та електричної енергії. Градизька громада розташована на узбережжі Кременчуцького водосховища, тому в загальній площі земель домінують землі, вкриті його водами. А Вижницька громада характеризується значним ресурсним потенціалом земель лісогосподарського призначення, що використовуються для ведення лісового господарства, охорони та відтворення лісових екосистем. Загальна площа цих земель становить 8313 га, з яких 97,3 % складають лісові угіддя.

У досліджуваних територіальних громадах на зміни стану землекористувань діють відразу кілька факторів, зокрема, демографічний та економічний розвиток; інтенсивне використання земель в сільському та лісному господарстві; деградація та забруднення ґрунтів; природні фактори впливу на земельні ресурси (кліматичні умови, абразія, рельєф тощо). Тому ключовою основою сучасної концепції землекористування має бути принцип раціонального та екологічно збалансованого використання земель усіх категорій. Пріоритетним в досліджуваних громадах залишається розвиток сільського господарства, яке виробляє екологічно чисту продукцію та впроваджує новітні аграрні технології адаптовані до кліматичних змін.

Порівняльний аналіз землекористувань на місцевому рівні вказує на наслідки, які можуть бути спричинені антропогенним навантаженням на земельні ресурси та оцінює вплив просторових, соціально-економічних, екологічних чинників на використання земель територіальних громад.

Проведені дослідження землекористувань закладають основу для формування сучасних завдань, розробки інноваційних методів і моделей управління земельними ресурсами для ефективного, безпечного і раціонального використання земель в контексті територіального розвитку.

Ключові слова: землекористування; територіальна громада; управління земельними ресурсами.

Постановка проблеми. Земельні ресурси використовують в різних галузях: у сільському господарстві; в гірничодобувній промисловості; для розвитку населених пунктів; для генерації енергії тощо. Площа суходолу світу становить 13;4 млрд га. Значна його частина через екстремальні фізико-географічні умови непридатна або лише обмежено придатна для використання. Близько 5 млрд га (37 % світового суходолу) відведені під сільськогосподарські угіддя [1]. Площа лісів за даними «Food and Agriculture Organization» (FAO) у 2025 році оцінюється у 4,14 млрд га, що становить 32 % від загальної площі суходолу [2]. Таким чином, земельні ресурси, як і 10 – 15 років тому, є головним природним ресурсом, який найбільше використовують в сільському господарстві. Через це, тиск на землю зростає, а площі родючих ґрунтів зменшуються. Не дивно, що зростає кількість конфліктів щодо сталого землекористування. Порушення правових та екологічних вимог у сфері землекористування особливо в умовах воєнного стану становить суттєву загрозу для природного середовища, структурними компонентами якого є ґрунтовий покрив, водні ресурси, рослинність, мінерально-сировинні ресурси тощо. У цьому контексті актуалізується необхідність дослідження стану землекористувань, порівняльна оцінка землекористувань починаючи з місцевого рівня, а також обґрунтування та впровадження системних і послідовних змін у підходах до раціонального використання, управління й охорони земельних ресурсів [1].

Метою статті є проведення порівняльного аналізу особливостей землекористувань в умовах децентралізації на рівні сформованих територіальних громад для забезпечення сталого управління земельними ресурсами.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Для кращого захисту природних ресурсів потрібні нові ідеї та форми співпраці між політикою, бізнесом і громадянським суспільством. І, як зазначено в [2], вони вже з’являються і демонструють, що сталий спосіб використання землі цілком можливий. Важливі питання організації та ефективного використання земельних ресурсів розглядаються у багатьох наукових дослідженнях на різних управлінських рівнях. Наприклад, у статті [3] виконано аналіз глобального

використання земель, в тому числі за вибраними категоріями використання в таких 11 країнах, зокрема, в Польщі, Казахстані, Індії та інших. Автори зазначають, що виділити один єдиний фактор як причину змін у використанні земель неможливо. У всіх країнах на зміни стану землекористувань діють відразу кілька факторів, зокрема, демографічний та економічний розвиток; вирощування сільськогосподарських культур, у тому числі для міжнародної торгівлі, як джерело валютних надходжень. Таким чином, зміни у використанні земель є наслідком цілої низки різних причин, які можуть взаємно підсилювати одна одну, але як окремі причини не є чітко розпізнаваними [3]. Економічна оцінка екосистемних послуг (наприклад, стабілізація ґрунту, рекреація) для використання земель є результатом досліджень авторів праці [4]. Вчені вказують на перспективний розвиток землекористування до 2030 року в Німеччині для трьох основних секторів: сільське господарство, лісове господарство, поселення та транспорт, а також аналізує взаємодію між землекористуванням і зміною клімату. А сприяти захисту клімату можуть саме рекреаційна функція ландшафту або збереження біорізноманіття в сільськогосподарських ландшафтах. Рішення щодо використання земель орієнтують не лише на наявні потенціали місцезнаходження земельних ділянок, а й на підпорядкування нормам екологічного та планувального права; стимуляцію заходів різних політик підтримки розробок приватними й державними суб'єктами стратегій управління земельними ресурсами. Автори зазначають, що системи регулювання й управління землекористуванням потребують удосконалення та пристосування з урахуванням впливу кліматичних змін. На цій основі розробляють як спеціалізовані заходи, так і загальні інституційні варіанти організації управління сталим використанням земель. Сучасні процеси управління та прийняття рішень розгортаються на різних рівнях дії. На місцевому, регіональному, національному, а також європейському рівні рішення щодо використання земель підпорядковуються рамкам екологічного та планувального законодавства і підлягають впливу різних секторальних стимулів та політик підтримки [4]. Як приклад в роботі [5] також оцінюється просторовий розподіл різних форм використання земель у досліджуваному регіоні залежно від крутизни схилу. Для цього для кожної з агрегованих форм використання вказують на необхідність розрахунку частки площ певних значень крутизні схилу у відношенні до загальної площі угідь в територіальній одиниці.

Основними рушійними факторами тиску на природні екосистеми є перетворення їх на системи з інтенсивним використанням для сільськогосподарської та водогосподарської діяльності, будівництва, розвитку інфраструктури, видобутку природних ресурсів тощо. Автори праці [1]

зазначають, що за останні 30 років приблизно третина світових земель була пошкоджена настільки, що вона здатна виконувати свої екологічні та економічні функції лише частково або зовсім не може їх виконувати. Незалежно від впливу на навколишнє середовище, зміни рушійних сил з часом можуть викликати нове використання земель з новими наслідками для навколишнього природного середовища, в тому числі на земельні ресурси місцевого рівня [3]. Тому погіршення стану земельних ресурсів можна описати терміном «деградація земель», яка має як антропогенні, так і неантропогенні причини.

Українські вчені акцентують увагу на те, що ефективне використання земельних ресурсів орієнтоване на досягнення економічних, соціальних та екологічних цілей і є важливим чинником розвитку будь-якої територіальної громади [6]. У науковій праці [7] підкреслюється, що процес децентралізації в Україні суттєво розширив компетенції органів місцевого самоврядування у сфері управління земельними ресурсами, що, своєю чергою, зумовлює необхідність запровадження дієвих механізмів планування та належного нормативно-правового забезпечення їх використання. Законодавчо-нормативна база, яка регламентує використання земель територіальних громад, формує понятійний апарат, а також встановлює ключові принципи, вимоги, обмеження та інші регуляторні засади. Так поняття «вид використання території» відповідно до Постанови Кабінету Міністрів України [8] трактується, як «сукупність дозволених видів цільового призначення земельних ділянок, об'єднаних за спільністю відповідних ознак». А правові засади реалізації права власності на землю територіальних громад визначено згідно зі статтею 83 Земельного кодексу України [9].

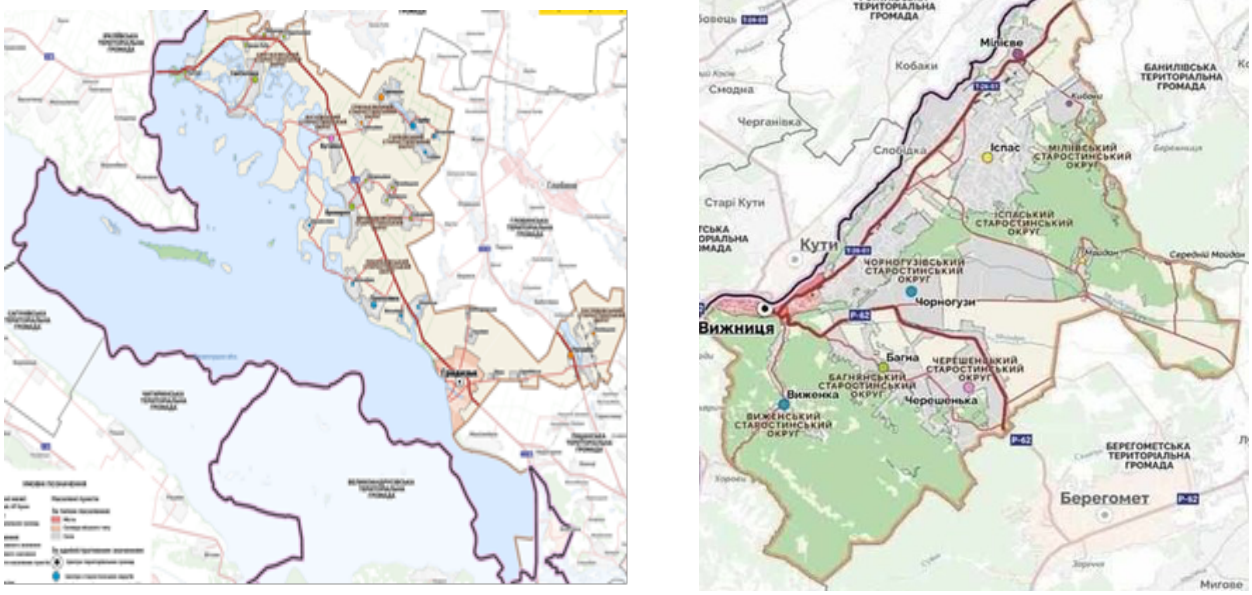
Виклад основного матеріалу. Термін «землекористування» або «використання земель», як зазначено в [3], виходить за межі суто фізичної форми покриття поверхні землі та підкреслює функціональний вимір. Типові види використання земель включають, наприклад, вирощування сільськогосподарських культур, випас великої рогатої худоби, лісове господарство, видобуток мінеральних ресурсів, будівництво та експлуатація об'єктів промисловості, житлова та громадська забудова тощо. Показники використання земель на основі площ земельних ділянок, зокрема, частка угідь в загальній площі територіальної громади (ТГ), розораність території, щільність забудови, лісистість, рівень заповідності, показник антропогенного навантаження, можуть відігравати важливу роль у просторовому плануванні територій.

У досліджені проведено порівняння землекористувань Градизької ТГ Полтавської області та Вижницької ТГ Чернівецької області. Вибір територій

обумовлений такими чинниками: особливості місце розташування громад; загальна площа; населення; наявність лісових і водних ресурсів; потенційні можливості територій.

Так, Градизька ТГ займає площу 1257,9 км^2, розташована на узбережжя Кременчуцького водосховища (північний схід) (рис. 1 а). Населення складає 15375 осіб. Транспортна мережа в межах громади має протяжність 65,7 км. Основним напрямом економічної діяльності відповідно до [10] є виробництво сільськогосподарської продукції та рибне господарство. Потенційні можливості територіального розвитку: промислове рибальство завдяки наявності значних поверхневих водних ресурсів (рис. 2 а); промисловість завдяки вигідному логістичному розташуванню громади; наявність вільних територій для розміщення нових підприємств; туристична галузь та рекреація завдяки розташуванню ландшафтного заказника місцевого значення «Гора Пивиха»; сільське господарство. У сільському господарстві домінують три типи земельних угідь: рілля, пасовища, сіножаті. Рілля займає 74,51 % с.-г. угідь (рис. 3 а).

Площа Вижницької ТГ становить 183,83 км^2. Територію громади за місцем розташування відносять до передгір'я і гірської зони Покутсько-Буковинських Карпат (рис. 1 б). Населення в громаді складають 17300 місцевих та 2339 внутрішньо переміщених осіб. Селам Черешенька, Багна, Виженка надано статус гірських населених пунктів з населенням 3,33 тис. осіб. Ці села займають площу 71,39 км^2.



а) б)

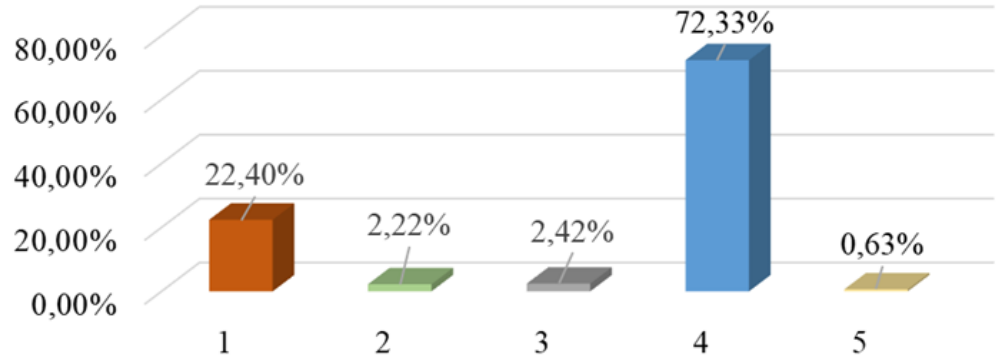
Рис. 1. Карта-схема: а) Градизької ТГ; б) Вижницької ТГ

На території громади розвинуті такі види економічної діяльності: сільське та лісове господарство; деревообробна промисловість; видобуток граніту;

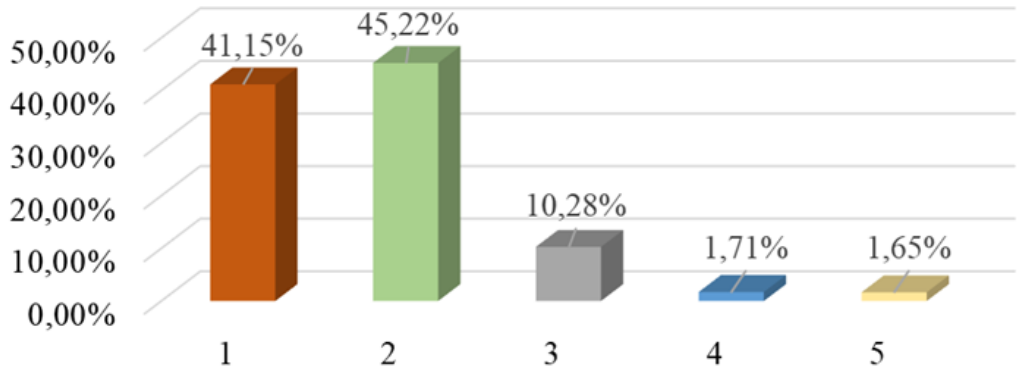
виробництво теплової та електричної енергії. За інформацією [11] панівним типом економічної діяльності в сільському господарстві є тваринництво, зокрема, свинарство і вівчарство; вирощування сої, гречки, у малій кількості озимої пшениці; бобових і насіння олійних культур; картоплі тощо.

Серед потенційних можливостей територіального розвитку Вижницької ТГ важливу роль відіграють: сільськогосподарське підприємництво (створено 83 фермерських господарств, які обробляють 1361 га с.-г. угідь [12]; розташування громади в Карпатському регіоні; наявність рекреаційних і природно-заповідних територій, зокрема, національного природного парку «Вижницький»; багатих лісових ресурсів (45,22 % території вкриті лісами) (рис. 2 б). Рілля займає 74,51 % с.-г. угідь (рис. 3 б).

Розташування території громади в 60 км до кордону з Румунією сприятиме туристично-культурному розвитку в післявоєнний період.



а)



б)

Рис. 2. Структура земельних ресурсів: а) – Градизької ТГ; б) – Вижницької ТГ

Умовні позначення:

1 – сільськогосподарські землі; 2 – лісовкриті землі;

3 – забудовані землі; 4 – води; 5 – інші відкриті землі

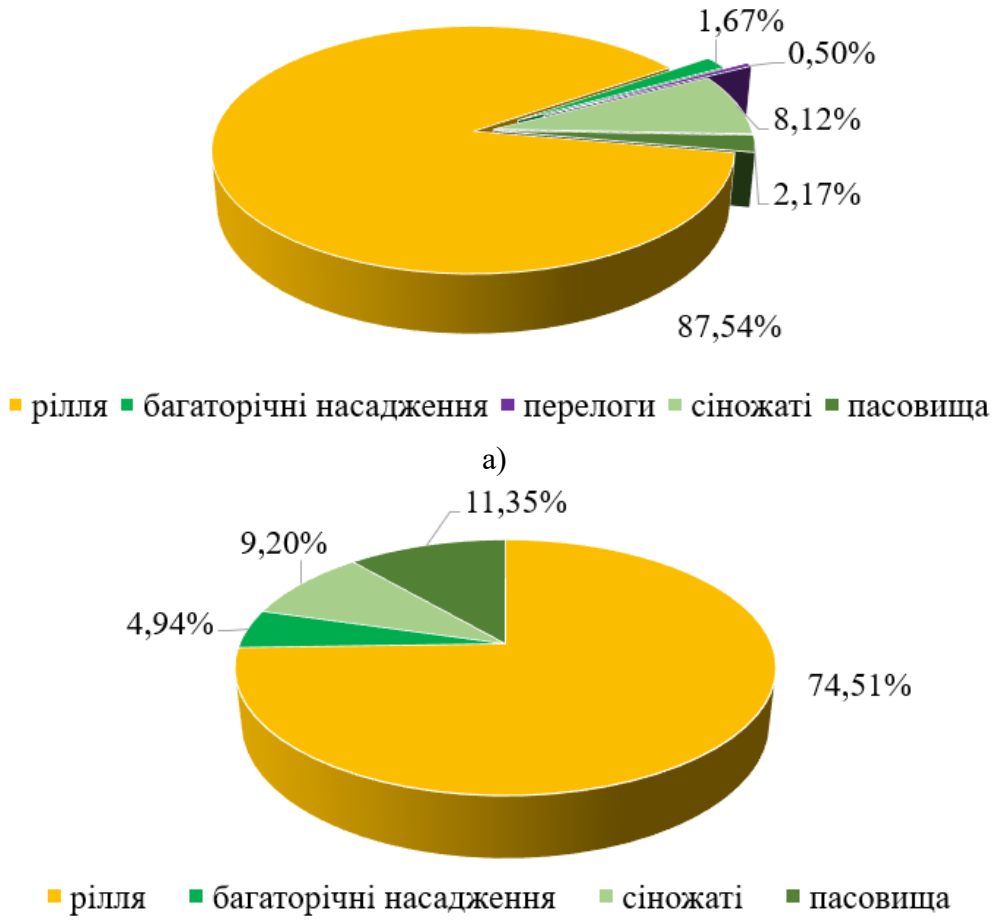


Рис. 3. Структура сільськогосподарських угідь:
а) Градизької ТГ, б) Вижницької ТГ

Площа Вижницької ТГ у 6,8 разів менше загальної площі Градизької ТГ. Якщо порівнювати лише суходіл, то різниця буде у 2,3 раза. Населення Вижницької ТГ більше ніж у Градизькій ТГ у 1,3 раза. Лісистість територій Градизької та Вижницької ТГ на карті розподілу лісів України показано на рисунку 4. Для них частка лісів становить 2,2 % і 43,7 % відповідно. Тобто лісистість Вижницької ТГ у 19,8 разів більше ніж у Градизькій ТГ. Дві третини території Градизької ТГ вкриті поверхневими водами.

Серед ґрунтів на території Градизької громади переважають чорноземи (рис. 5 а), що сприяє отриманню високих врожаїв зернових культур і овочів. Ґрунти Вижницької ТГ представлені переважно бурі гірсько-лісові щебенюваті ґрунти, розмиті, сірі опідзолені ґрунти, торф’яники низинні тощо (рис. 5 б). Тому посіви сільськогосподарських культур характеризуються дуже низькою, низькою та середньою врожайністю. Основні культури: зернові, технічні (соя), плодоягідні.

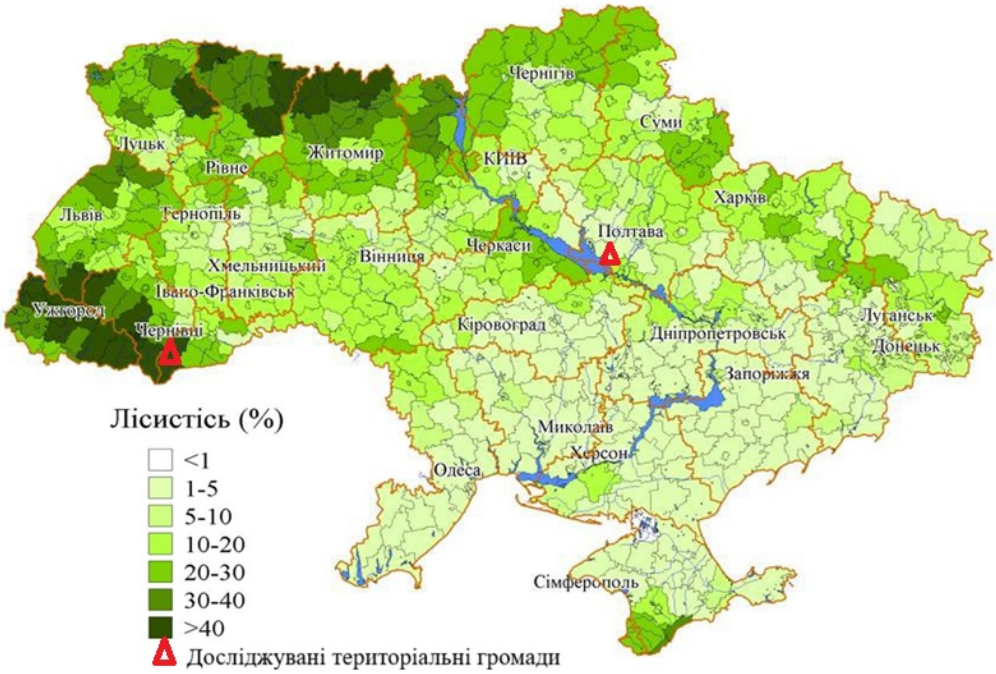
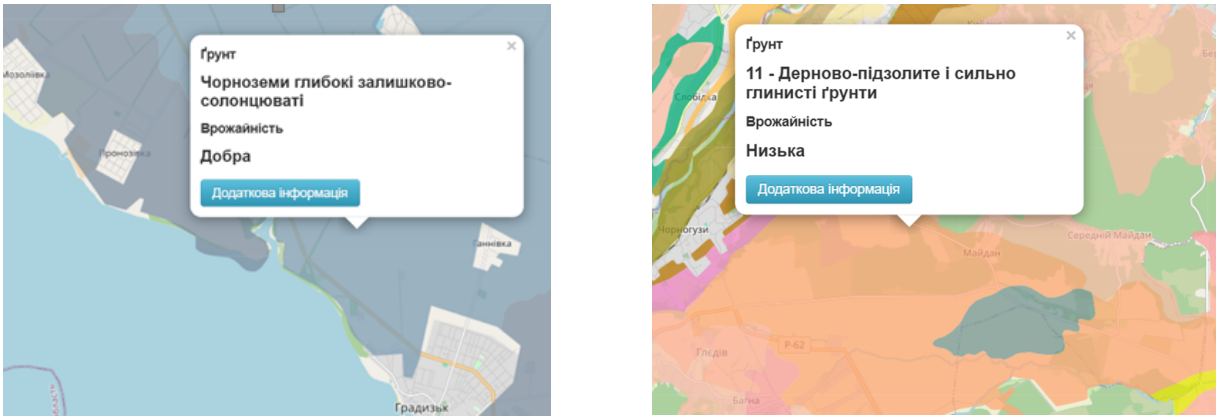


Рис. 4. Лісистість Градизької та Вижницької ТГ [13]



а) б)

Рис. 5. Приклади поширення груп ґрунтів на території:
а) – Градизької ТГ; б) – Вижницької ТГ [14]

Коефіцієнт антропогенного перетворення ландшафтів Градизької ТГ становить 11,2, що підтверджує факт суттєвих антропогенних змін території. У Вижницькій громаді цей коефіцієнт у 2 рази менше і має значення 5,8, що характеризує ландшафти як середньо перетворені. Показник співвідношення ріллі : природних кормових угідь : лісів у Градизькій ТГ становить 1 : 0,2 : 0,2. У Вижницькій ТГ – 1 : 0,3 : 1,5. Це свідчить про надмірне антропогенне перетворення природних ландшафтів, особливо в Градизькій ТГ.

Негативний вплив на земельні ресурси Вижницької ТГ здійснюють порушення земель відкритими розробками гранітного кар'єру, розорення польових доріг і використанням сільськогосподарських земель не за цільовим призначенням (рис. 6), несанкціоновані сміттєзвалища, вирубка лісів, що

підтверджують дані ДЗЗ за період 2016 – 2024 роки. Цифра «1» на рисунку 6 показує трансформацію використання земель шляхом розорення польової дороги, що може вказувати на користування земельною ділянкою масивом без сплати орендної плати. Цифра «2» демонструє розміщення сонячних електростанцій на сільськогосподарських угіддях і використання земельної ділянки для виробництва електроенергії.



2016 р. 2024 р.

Рис. 6. Розміщення сонячних електростанцій на сільськогосподарських угіддях та розорення польових доріг у Вижницькій ТГ

Схоже неправомірне використання земель притаманне й території Градизької громади, зокрема, уздовж узбережжя Кременчуцького водосховища в межах прибережної захисної смуги [15]. Окрім того, на земельні угіддя здійснюють вплив абразивних процесів, які руйнують берегову лінію, що вимагає негайного берегоукріплення. Ця проблема залишається актуальною на протягом останніх 15 років.

Також однією зі стратегій розвитку досліджуваних громад є охорона й раціональне використання земельних та інших природних ресурсів, яке б відповідало як чинному законодавству, так і цілям сталого розвитку [16, 17].

Так, наприклад, для збереження та збільшення площ лісів відповідно до [13] передбачені такі основні заходи: заліснення деградованих і малопродуктивних земель; імплементація економічних та організаційно-правових механізмів стимулювання лісорозведення суб’єктами приватної власності на землю; збереження площі та цільового призначення лісосмуг тощо. У сільському господарстві одним із перспективним напрямком є органічне землеробство.

Висновки. У досліджуваних територіальних громадах на зміни стану землекористувань діють відразу кілька факторів, зокрема, демографічний та економічний розвиток; інтенсивне використання земель в сільському та лісному господарстві; деградація та забруднення ґрунтів; природні фактори

впливу на земельні ресурси (кліматичні умови, абразія, рельєф тощо). Тому ключовою основою сучасної концепції землекористування має бути принцип раціонального та екологічно збалансованого використання земель усіх категорій. Ефективне управління лісовими ресурсами має впроваджувати механізми лісової сертифікації відповідно до міжнародних стандартів «Forest Stewardship Council» та «Programme for the Endorsement of Forest Certification Schemes». Це забезпечить верифікацію походження сировини та підтверджуватиме її отримання з лісових господарств, що функціонують на засадах сталого розвитку. Виконаний порівняльний аналіз землекористувань територіальних громад закладає основу для формування сучасних завдань, розробки інноваційних методів і моделей управління земельними ресурсами для ефективного, безпечного і раціонального використання земель в контексті територіального розвитку.

Література

1. Grohmann, P., Martens, K. Wege aus dem Landnutzungstrilemma. *Politische ökologie. Feldversuche.* 2025. № 180. P. 91–97. URL: https://www.oekom.de/_files_media/zeitschriften/artikel/POE_2025_01_91.pdf (дата звернення: 2.04.2026).

2. Global Forest Resources Assessments. *Food and Agriculture Organization of the United Nations.* URL: https://www.fao.org/forest-resources-assessment/en (дата звернення: 10.03.2026).

3. Lutzenberger A., Brillinger M., Pott St. Analyse der globalen. Landnutzung: Landnutzung Leuphana Universität, 2014. 108 p. URL: https://www.ecologic.eu/sites/default/files/project/2021/Analyse%20glob.%20Landnutzung.pdf (дата звернення: 10.03.2026).

4. Gömann H., Fick J. Wechselwirkungen zwischen Landnutzung und Klimawandel. *Springer Spektrum.* 2021. 478 p. https://doi.org/10.1007/978-3-658-18671-5 (дата звернення: 12.03.2026).

5. Möller D., Bernd G. Multifunktionalität von Landschaften: Räumlich differenzierte Landnutzungsprognosen als Informationsgrundlage zur Abschätzung von Umweltwirkungen. URL: https://www.gil-net.de/Publikationen/14_93.pdf (дата звернення: 15.03.2026).

6. Драбчук Н.Ю. Економічна ефективність використання земельних ресурсів у сільськогосподарських підприємствах регіону : дис ... д-ра філ-ї : 051. Івано-Франківськ, 2023. 201 с.

7. Шульга М.В., Ігнатенко І.В., Малохліб О.С. Правові засади планування використання земель у межах територіальних громад як основи сталого землекористування. https://doi.org/10.24144/2307-3322.2025.87.2.38 (дата звернення: 31.03.2026).

8. Про затвердження Порядку розроблення, оновлення, внесення змін та затвердження містобудівної документації : Постанова Каб. Міністрів України від 1 вересня 2021 р. № 926. URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/926-2021-%D0%BF#Text (дата звернення: 28.02.2026).

9. Земельний кодекс України: Закон України від 25.10.2001 р. № 2768-III : станом на 15 лют. 2026 р. URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2768-14#Text (да та звернення: 13.03.2026).

10. Стратегія розвитку Градизької ТГ. *Градизька громада.* URL: https://gradizka-rada.gov.ua/strategiya-rozvitku-gradizkoi-tg-12-28-24-22-01-2024/ (дата звернення: 1.04.2026).

11. Програма економічного і соціального розвитку Вижницького району на 2025 рік : Рішення Вижницької районної ради Чернівецької області від 23 груд. 2024 р. № 31-25/24. 90 с. URL: https://vnmiscrada.gov.ua/programa-socekonom-10-48-16-14-02-2022/ (дата звернення: 12.03.2026).

12. Стратегія сталого розвитку Вижницької територіальної громади до 2027 року (оновлена редакція) : Проєкт. URL: https://rada.info/upload/users_files/04062096/7a80227455a91b74777912a027e129db.pdf (дата звернення: 10.03.2026).

13. Звіт про стратегічну екологічну оцінку Державної стратегії управління лісами України до 2035 року. Київ: Мін-во захисту довкілля та природ. ресурсів України, 2020. 120 с. URL: https://mepr.gov.ua/wp-content/uploads/2023/04/StrategiyaFinal2.pdf (дата звернення: 15.03.2026).

14. Ґрунти. *GISFile.* URL: https://gisfile.com/map/?sl=UA (дата звернення: 12.03.2026).

15. Шелковська І.М. Шляхи використання земельних ресурсів прибережних територій Кременчуцького водосховища. Вісник Кременчуцького національного університету імені Михайла Остроградського. 2015. Вип. 2 (91). С. 170–175.

16. План заходів з реалізації Стратегії розвитку Полтавської області на 2025 – 2027 роки. *Полтавська ОВА.* URL: https://oblrada-pl.gov.ua/sites/default/files/field/docs/4._plan_zahodiv.pdf (дата звернення: 1.04.2026)

17. Стратегія розвитку Чернівецької області на період до 2027 року (оновлена редакція). *Чернівецька ОВА.* URL: https://bukoda.gov.ua/documents/strategiya-rovzitku-oblasti (дата звернення: 1.04.2026).

Ph.D., Associate Professor **Inna Shelkovska,**
Ph.D., Associate Professor **Pavlo Mikhno,**
Ph.D., Associate Professor **Olena Klyuka,**
Kremenchuk National Mykhailo Ostrohradskyi National University

COMPARATIVE ANALYSIS OF LAND USE IN THE LAND RESOURCE MANAGEMENT SYSTEM AT THE LOCAL LEVEL

The article presents a comparative analysis of land use using the examples of the Hradyzk territorial community (Poltava region) and the Vyzhnytsia territorial community (Chernivtsi region). The primary economic activities of the first community are agricultural production and fishing. The second community has developed sectors in agriculture, forestry, woodworking, granite mining, and thermal and electric energy production. Due to its location on the coast of the Kremenchuk Reservoir, the total area of the Hradyzk community is dominated by lands covered by its waters. In contrast, the Vyzhnytsia community is characterized by significant resource potential in forestry lands used for forest management, protection, and restoration of forest ecosystems. The total area of these lands is 8,313 hectares, 97,3 % of which are forest lands.

In the studied territorial communities, several factors simultaneously influence changes in land use status, including demographic and economic development,

intensive land use in agriculture and forestry, soil degradation and pollution, and natural factors (climatic conditions, abrasion, relief, etc.). Therefore, the key foundation of the modern land use concept should be the principle of rational and environmentally balanced use of all land categories. A priority for the researched communities remains the development of agriculture that produces eco-friendly products and implements modern agrarian technologies adapted to climate change.

The comparative analysis of land use at the local level highlights the consequences that may be caused by anthropogenic pressure on land resources and evaluates the impact of spatial, socio-economic, and environmental factors on the land use of territorial communities. The conducted research establishes a basis for forming modern tasks and developing innovative methods and models of land resource management for the effective, safe, and rational use of land within the context of territorial development.

Keywords: land use; territorial community; land resource management.

REFERENCES

1. Grohmann, P., Martens, K. Wege aus dem Landnutzungstrilemma. Politische ökologie. Feldversuche. 2025. № 180. P. 91–97. URL: https://www.oekom.de/_files_media/zeitschriften/artikel/POE_2025_01_91.pdf. {in German}

2. Global Forest Resources Assessments. Food and Agriculture Organization of the United Nations. URL: https://www.fao.org/forest-resources-assessment/en. {in English}

3. Lutzenberger A., Brillinger M., Pott St. Analyse der globalen. Landnutzung: Landnutzung Leuphana Universität, 2014. 108 p. URL: https://www.ecologic.eu/sites/default/files/project/2021/Analyse%20glob.%20Landnutzung.pdf. {in German}

4. Gömann H., Fick J. Wechselwirkungen zwischen Landnutzung und Klimawandel. Springer Spektrum. 2021. 478 p. https://doi.org/10.1007/978-3-658-18671-5. {in German}

5. Möller D., Bernd G. Multifunktionalität von Landschaften: Räumlich differenzierte Landnutzungsprognosen als Informationsgrundlage zur Abschätzung von Umweltwirkungen. URL: https://www.gil-net.de/Publikationen/14_93.pdf. {in German}

6. Drabchuk N.Yu. Ekonomichna efektyvnist' vykorystannia zemel'nykh resursiv u sil's'kohospodars'kykh pidpryiemstvakh rehionu : dys ... d-ra fil-i : 051. Ivano-Frankivs'k, 2023. 201 p. {in Ukrainian}

7. Shul'ha M.V., Ihnatenko I.V., Malokhlib O.S. Pravovi zasady planuvannia vykorystannia zemel' u mezhakh terytorial'nykh hromad iak osnovy staloho

zemlekorystuvannia. https://doi.org/10.24144/2307-3322.2025.87.2.38. {in Ukrainian}

8. Pro zatverdzhennia Poriadku rozroblennia, onovlennia, vnesennia zmin ta zatverdzhennia mistobudivnoi dokumentatsii : Postanova Kab. Ministriv Ukrainy vid 1 veresnia 2021 r. № 926. URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/926-2021-%D0%BF#Text. {in Ukrainian}

9. Zemel'nyj kodeks Ukrainy: Zakon Ukrainy vid 25.10.2001 r. № 2768-III : stanom na 15 liut. 2026 r. URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2768-14#Text. {in Ukrainian}

10. Stratehiia rozvytku Hradyz'koi TH. Hradyz'ka hromada. URL: https://gradizka-rada.gov.ua/strategiya-rozvitku-gradizkoi-tg-12-28-24-22-01-2024/. {in Ukrainian}

11. Prohrama ekonomichnoho i sotsial'noho rozvytku Vyzhnyts'koho rajonu na 2025 rik : Rishennia Vyzhnyts'koi rajonnoi rady Chernivets'koi oblasti vid 23 hrud. 2024 r. № 31-25/24. 90 p. URL: https://vnmiscrada.gov.ua/programa-socekonom-10-48-16-14-02-2022/. {in Ukrainian}

12. Stratehiia staloho rozvytku Vyzhnyts'koi terytorial'noi hromady do 2027 roku (onovlena redaktsiia): Proiekt. URL: https://rada.info/upload/users_files/04062096/7a80227455a91b74777912a027e129db.pdf. {in Ukrainian}

13. Zvit pro stratehichnu ekolohichnu otsinku Derzhavnoi stratehii upravlinnia lisamy Ukrainy do 2035 roku. Kyiv: Min-vo zakhystu dovkillia ta pryrod. resursiv Ukrainy, 2020. 120 p. URL: https://mepr.gov.ua/wp-content/uploads/2023/04/StrategiyaFinal2.pdf. {in Ukrainian}

14. Grunty. GISFile. URL: https://gisfile.com/map/?sl=UA. {in Ukrainian}

15. Shelkovs'ka I.M. Shliakhy vykorystannia zemel'nykh resursiv pryberezhnykh terytorij Kremenchuts'koho vodoskhovyscha. Visnyk Kremenchuts'koho natsional'noho universytetu imeni Mykhajla Ostrohrads'koho. 2015. Vyp. 2 (91). P. 170–175. {in Ukrainian}

16. Plan zakhodiv z realizatsii Stratehii rozvytku Poltavs'koi oblasti na 2025 – 2027 roky. Poltavs'ka OVA. URL: https://oblrada-pl.gov.ua/sites/default/files/field/docs/4._plan_zahodiv.pdf. {in Ukrainian}

17. Stratehiia rozvytku Chernivets'koi oblasti na period do 2027 roku (onovlena redaktsiia). Chernivets'ka OVA. URL: https://bukoda.gov.ua/documents/strategiya-rovzitku-oblasti. {in Ukrainian}

До відома авторів статей!

В Київському національному університеті будівництва і архітектури продовжать після переатестації видаватися фахові категорії «Б» наукові збірники „Містобудування та територіальне планування" (головний редактор, професор Дьомін М.М.), „Сучасні проблеми архітектури та містобудування" (головний редактор, професор Товбич В.В.), „Архітектурний вісник КНУБА" (головний редактор, професор Слєпцов О.С.), які з 1 червня визнані атестаційними органами України, як наукові фахові видання України, в яких можуть публікуватися результати дисертаційних робіт на здобуття наукових ступенів доктора і кандидата наук. В МТП будуть публікуватися статті за G17 «Архітектура та містобудування», G18 «Геодезія та землеустрій» та G19 «Будівництво та цивільна інженерія» спеціальностями, в СПАМ за G17 та G19 спеціальностями, а в Архітектурному віснику КНУБА за G17 та G19 спеціальностями.

З випусками збірників можна буде продовжувати ознайомлюватись на сайті **http://www.nbuv.gov.ua** національної бібліотеки НАН України ім. В.І. Вернадського, в науковій періодиці України, на сайті **library.knuba.edu.ua** бібліотеки КНУБА та на сайтах редколегій збірників.

В даний момент в збірник МТП статті можна надсилати за адресою електронної пошти відповідального секретаря редколегії МТП: **petro_che@ukr.net.**

Для зручності авторів та підготовки до друку макетів випусків збірника прийнято рішення дотримуватись вимог прийнятих для вищевказаних збірників КНУБА, які наведені нижче і оголошувались у випусках збірників «Просторовий розвиток», «Містобудування та територіальне планування», «Сучасні проблеми архітектури та містобудування", «Архітектурний вісник КНУБА». Випуски збірників обов'язковому порядку розсилаються в загально-державному порядку. Статті будуть розглядатись при повній відповідності умовам друку статей в збірнику, при наявності повного комплекту супровідних документів (довідки про авторів, внутрішньої рецензії з місця виконання статті та витягу з протоколу про рекомендацію статті до друку у фаховому виданні).

Збірники видаються за рахунок коштів авторів та спонсорів.

В одному випуску автор (або в співавтор) може подати одну статтю згідно рекомендацій МОН України від 20 лютого 2026 року. Колектив авторів однієї статті бажано не більше 3-4 осіб.

Стислі вимоги до статей.

Рукописи статей, що подаються до наших збірників, повинні бути оформленні на аркушах формату А4 з полями: верхнім - 25 мм (для розміщення в подальшому колонтитулу), боковими і нижнім - 20 мм (для зручності виготовлення макету і розмножувальних матеріалів). Вони подаються українською або англійською мовами у відповідності до вимог, викладених в постановах президії ВАК України від 10.02.1999 р. №1-02/3 „Про публікації результатів дисертацій на здобуття наукових ступенів доктора і кандидата наук

та їх апробацію" та від 15.01.2003 р. №7-05/1 „Про підвищення вимог до фахових видань, внесених до переліків ВАК України", в електронному виді та відповідно у роздрукованому вигляді на аркушах формату А4 (без нумерації сторінок (для великих статей можлива нумерація на звороті роздруківки) та обов'язково з підписом автора (ів) на останній сторінці), в текстових редакторах типу **Word 2003**, шрифтом Times NR Cyr 14 р., який повинен бути відформований в межах формату 245х170 мм з інтервалом 18 пт. (набирається в позиції "**точно**") або в позиції "**minimum**". Таблиці, рисунки, формули, тощо, не можуть бути шириною більше, ніж 170 мм.

Допускається використання шрифту меншого розміру (12 пунктів) для підписів під рисунками та в таблицях, в бібліографічних посиланнях та для ділянок тексту, які мають допоміжне (другорядне) значення з одинарним інтервалом.

Кожна стаття повинна мати свій індекс УДК (Універсальної десятинної класифікації), який розміщується в лівому верхньому куті, титули і звання, прізвища авторів та їх ініціали, електронні адреси, коди ORCID з правого боку.

З **14 лютого 2026** року код **ORCID** став офіційною обов'язковою вимогою МОН для всіх статей у журналах категорії "Б" (Наказ МОНУ №56 від 14 лютого 2026 року). **H-index** (якщо у автора є), повну назву організації (закладу) теж слід розміщувати з правого боку.

Міжнародний цифровий ідентифікатор статей DOI по мірі отримання в редколегії буде дописаний в першому рядку вище. Для чого слід передбачити строчку.

Заголовок набирається великими буквами, жирним шрифтом, того ж розміру (14 р.) і форматується по центру. Над заголовком і під ним пропускається один рядок.

Потім після заголовку і підзаголовних даних розміщують анотацію *курсивом* на мові тексту матеріалу, що публікується. Далі через один рядок перед текстом наводять ключові слова (5-8 слів або словосполучень), які вибирають з тексту цього матеріалу і виділяють поліграфічними засобами (бажано курсивом того ж шрифту).

По тексту статті повинно бути чітко видно виконання постанови Президії Вищої атестаційної комісії України «Про підвищення вимог до фахових видань, внесених до переліків ВАК України» від 15 січня 2003 року за №7-05/1 (з виділенням в тексті) **постановка проблеми, аналіз останніх досліджень і публікацій, формулювання цілей, її актуальність і новизна, мета і методи досліджень, результати та їх обґрунтування, методи обговорення, висновки та рекомендації подальшого дослідження, особистий вклад автора (ів)** в це дослідження. Якщо передбачається публікація матеріалу частинами в декількох випусках збірника то кожну частину слід завершувати поміткою „Продовження (закінчення) буде". На сторінках з початком кожної наступної частини матеріалу, що публікується, в підстрочному зауваженні або перед текстом роблять помітку „Продовження (закінчення)" та вказують номер (и) випуску (ів) видань, в якому (их) були надруковані попередні частини цього матеріалу.

Рисунки та фотографії (в чорно-білому виконанні) повинні бути пронумеровані та підписані, формули (набрані за допомогою редактора формул (внутрішній редактор формул Microsoft Word for Windows) повинні бути вмонтовані в її електронний текст по місцю автором з нумерацією по правому краю і чітко читатись в форматі сторінок збірника (на аркуші формату А5 після відповідного зменшення тексту формату А4). Формат таблиць та рисунків лише книжний. Текст таблиць подається розміром 12 з одинарним інтервалом.

Після тексту статі повинно бути розміщено пристатейні бібліографічні списки у відповідності до державних стандартів України (ДСТУ 8302:2015 «Бібліографічне посилання»), в яких відповідні записи повинні бути пронумеровані, а по тексту статті зроблені відповідні на них посилання. Бажано щоб були в цьому переліку статті, які мають **міжнародний цифровий ідентифікатор DOI.** Його слід вказувати до кожного джерела, а також слід вказати ISSN (ISBN) цього джерела, Також слід подавати і вебсайт видання.

Посилаючись на інтернет-ресурс, слід давати повну назву та вихідні дані публікації.

Кількість джерел посилань повинна бути достатньою, щоб мати уяву про глибину опрацювання дослідження та оцінити професіональний кругозір авторів (рекомендовано не менше 20 джерел).

Після бібліографічного списку необхідно розмістити анотацію на англійській мові (ця анотація повинна мати не менше 200-250 слів (1800 знаків, включаючи ключові слова), а після прізвищ авторів в цій анотації замість **ініціалів необхідно вказувати їх повне ім'я**, яке подане в анкеті для оформлення коду **ORCID**). Якщо стаття підготовлена англійською мовою, то українська анотація повинна мати не менше 200-250 слів (1800 знаків, включаючи ключові слова).

Ключові слова в анотаціях слід відділяти крапкою з комою (**;**).

Перед цими анотаціями на їх мові слід подати титули, прізвища та повні ім'я авторів, повну назву їх організації (закладу) і розмістити з правого боку. Через один рядок великими жирними буквами набрати по центру назву статті, а потім через один інтервал подати текст анотації і ключові слова статті.

Після прикінцевих анотацій необхідно також продублювати перелік джерел посилань (**REFERENCES**) в романському алфавіті у відповідності до постанови КМ України від 27 січня 2010 р. за №55. В кінці кожного посилання у фігурних дужках вказати на якій мові опубліковано (наприклад {in Ukrainian}). Позиції джерел переліку літератури і транслітерації повинні співпадати

Згідно з новими правилами, які враховують вимоги міжнародних систем цитування, автори статей повинні давати список літератури в двох варіантах: один на мові оригіналу і окремим блоком той же список літератури (References) в романському алфавіті (Harvard reference system або використати можливості програми ***УКРЛІТ.ORG****, що буде оперативніше), повторюючи в ньому в тому ж порядку всі джерела літератури, не залежно*

від того, чи є серед них іноземні. Біля кожного джерела в кінці у фігурних дужках ({ }) слід вказати англійською на якій мові вийшло відповідне джерело.

В збірниках кожна стаття починається з нової сторінки. Тому бажано авторам її останню сторінку заповнити не менше ніж на три четверті. Обсяг статті бажано не менше 8 сторінок (включаючи анотації, список літератури та її транслітерацію) і не більше 30 сторінок включно. Номера сторінок не проставляти.

До матеріалів статті необхідно додавати довідку про автора (авторів – див. в кінці даного тексту) для отримання **DOI** для неї та рекомендацію наукового підрозділу, де підготовлена стаття, у вигляді витягу з протоколу засідання, на якому вона розглядалась, і рецензію (згідно наказу МОН України №1111 від 17.10.2012 п. 2.11 та 3.1), завірені керівництвом та печаткою закладу, для опублікування у відповідному науково-технічному виданні. Ці матеріали надсилаються до редколегії збірників в оригіналі або в сканованому вигляді електронною поштою.

Електронна версія статті передається до редколегій збірників окремим файлом. Файлу присвоюється українське ім’я, яке відповідає прізвищам авторів та вказується абревіатура назви збірника. Якщо автор один, а прізвище поширене, то в назві файлу слід добавити перші одне-два слова із заголовка статті.

За зміст статті несуть відповідальність автор та науковий підрозділ, який рекомендував її для опублікування. Зовнішній рецензент статті (призначається редколегією) несе моральну відповідальність за рекомендацію статті до друку.

У кожного збірника є деякі особливості оформлення з якими можна ознайомитись переглянув їх останні випуски. В цілому у вказаних збірниках до статей практично однакові вимоги.

Контакти:

Збірник „Містобудування та територіальне планування”:

сайт редколегії: http**://mtp.knuba.edu.ua/**;

відповідальний секретар редколегії збірника, доцент кафедри міського будівництва КНУБА Чередніченко Петро Петрович – робочі тел. 044-24-15-543 та 044-245-42-04; мобільний +38-067-442-13-36 (він же член редколегії збірника *„Сучасні проблеми архітектури та містобудування”*).

Збірник „Сучасні проблеми архітектури та містобудування”:

сайт редколегії: http**://www.archinform.knuba.edu.ua/**;

Головний редактор, доктор архітектури, професор, завідувач кафедри інформаційних технологій в архітектурі КНУБА Товбич Валерій Васильович – робочий тел. 044-245-48-40; мобільний – +38-067-442-77-45.

Збірник „Архітектурний вісник КНУБА”:

Web-сайт http**://www.av.knuba.edu.ua/**;

Головний редактор цього видання Президент Української академії архітектури, Народний архітектор України, Лауреат державної премії України в

галузі архітектури, завідувач кафедри основ архітектури і архітектурного проектування КНУБА, доктор архітектури, професор Слєпцов Олег Семенович.

Контактний телефон редколегії збірника «Архітектурний вісник КНУБА» 044-24-15-564 (телефон кафедри професора Слєпцова О.С.).

P.S. При внесенні подальших змін до умов друкування статей в цих збірниках редколегії обов'язково опублікують нові вимоги в поточних випусках.

Прохання до авторів статей.
Додатково до тексту статті слід додавати окремий файл
з довідкою про авторів за наведеною формою.

ДОВІДКА ПРО АВТОРА (авторів)

1. Автор (укр. і **англ.**) _____
(Прізвище, ім'я, по батькові)
2. Науковий ступінь_____
3. Вчене звання_____
4. Місце роботи (повна назва організації та адреса укр. і **англ.**) _____
_____
5. Контактні номери телефонів _____
6. Електронна пошта_____
7. Місто та номер відділення Нової пошти на яке слід направити примірник збірника наукових праць _____
8. Назва публікації (укр. і англ.) _____
9. Анотації двома мовами з ключовими словами (укр., **англ.**) _____
10. Дата подання статті до редакції _____

Співавтори в порядку розміщеному у статті:

11. Співавтор (укр. і англ.) _____
(Прізвище, ім'я, по батькові)
2. Науковий ступінь_____
3. Вчене звання_____
4. Місце роботи (повна назва організації та адреса укр. і **англ.**) _____
5. Контактніномери телефонів_____
6. Електронна пошта_____

Примітка.
Довідка про авторський колектив оформляється одна на всіх за даною формою і направляється окремим файлом.

ЗМІСТ

Архітектура та містобудування

Габрель М.М., Габрель М.М., Форкуца Л.С. *Інтеграція антропометричного (ергономічного) та поведінкового (ергатичного) в біхевіористичну методологію обґрунтування архітектурно-урбаністичних рішень* ……..... 3

Osychenko Galyna *An integrated aspect–system approach to building transformation* ….. 32

Андрухів М.І. *Методологічні підходи до аналізу параметричних архітектурних форм* …….. 54

Балабанов І.В., Зінченко А.К. *Штучний інтелект як інструмент супроводу наукових досліджень в архітектурі* …….. 65

Вергунова Н.С. *Штучний інтелект у формуванні культурно-контекстного шару міського цифрового двійника* …… 80

Голик Й.М., Багрій Н.Ю., Стецько І.І., Калинич М.І. *До питання просторової організації парків. Сквери міста Ужгорода (Правобережний планувальний район)* ... 90

Гомон О.О., Пантюхіна О.Ю. *Екологічне будівництво серед природи: архітектура на деревах* …… 120

Дурманов В.Ю. *Промислова архітектура Польщі в системі об'ємно-планувальних, конструктивних та ревіталізаційних рішень* …… 136

Ільницький В.Д., Короткова Т.М., Яценко В.О. *Обґрунтування та формування перспективної концепції реконструкції благоустрою території національного інституту серцево-судинної хірургії імені М.М. Амосова* …… 146

Косьмій М.М. *Нематеріальний вимір параметричної архітектури: соціальні сценарії, символіка та ідентичність громадських просторів* …….. 161

Куліков О.П. *Еволюція міжнародних підходів до питань збереження історичного середовища міст* …….. 175

Линник І.Е., Симонова А.Є. *Застосування принципів біофільного дизайну та терапевтичних ландшафтів у проєктуванні реабілітаційних центрів* …….. 205

Мерилова І.О., Безугла Л.С., Бєлобородова М.В. *Рекреаційний потенціал ревіталізованих промислових територій як фактор підвищення якості життя населення придніпровського регіону* …… 220

Михайлик О.О. *Благоустрій та озеленення прибережних територій річок як метод покращення якості рекреації* ……... 237

Назарук Т.Г. *Історична генеза, типологія та сучасні тенденції формування об'ємно-планувальних і конструктивних рішень промислових будівель* …….. 247

Тишкевич О.П. *Еволюція формування багатоповерхових шкільних будівель* …. 257

Шевченко Л.С., Древаль І.В. *Ландшафтні об'єкти як особливий ресурс для оздоровлення людини: еволюція уявлень (Частина 2)* …… 275

Будівництво та цивільна інженерія

Анісімов К.І., Коломієць С.П., Синиця Р.В., Слободянюк В.П. *Стан дамби*

Хаджибейського лиману за результатами проведення комплексного обстеження … 302

Білошицька Н.І., Білошицький М.В., Уваров П.Є., Татарченко З.С. *Публічний простір як чинник формування соціальної згуртованості в умовах урбанізації* …. 325

Войналович В.О., Предун К.М. *Натурна апробація вертикальних ґрунтових теплообмінників установкою AutoTRT для оптимізації проєктних рішень геотермального поля* ……. 341

Волинський Д.О., Барабаш І.В. *Механоактивація портландцементу з добавкою меленого доменного шлаку і її вплив на властивості цементовмісних композицій* 355

Воронецький С.С. *Формування механізму цифрової трансформації організаційно-технологічних систем будівельних підприємств* ……... 364

Глітін О.Б., Цюпин Є.І., Радецький С.Б. *Загальні принципи обстеження житлових будівель пошкоджених внаслідок воєнних дій* …….. 378

Доненко В.І., Білобров Д.Л. *Просторові передумови та морфометричні межі енергопозитивної відбудови зруйнованих районів* …….. 394

Доненко І.В., Гелюх Г.В. *Організаційно-технологічна модель відновлення міських територій на основі фрактально-кластерного аналізу пошкоджень* …….. 408

Жалдак Р.Ю., Прусов Д.Е., Приходько О.О. *Особливості науково-технічного супроводу та моніторингу складних об'єктів будівництва на основі конвергенції bim-технологій та процедур технічного нагляду* ……. 421

Жидкова Т В., Пилипенко Н.А., Павленко А.О. *Дизайн інтер'єру як інструмент адаптації середовища до потреб реабілітації* ……. 435

Іщенко О.С. *Організаційно-технологічний механізм ресурсного планування та забезпечення будівельних робіт у стиснених умовах міста Києва (ЖК Creator City)* ……. 447

Козак А.А. *Моделювання організаційно-управлінських процесів у системі трансформації будівельних підприємств* ……... 460

Козак Т.В. *Концептуальні підходи до оцінювання ефективності організаційно-технологічних моделей управління у сфері енергоефективного будівництва* …. 473

Корнеєва І.Б., Нєутов С.П., Сур'янінов М.Г. *Експериментальні дослідження тріщиностійкості пологих оболонок* …….. 488

Линник І Е., Королькова А.В. *Гендерний мейнстрімінг у плануванні, розвитку та поствоєнному відновленні громадських просторів України* ……... 502

Лісниченко С.В., Денисенко Н.О. *Показники властивостей технічної безпеки допоміжних приміщень загального користування багатоквартирного житлового будинку* …….. 512

Малихін М.О. *Стратегічні принципи організаційного формування будівельного девелопменту з урахуванням повного життєвого циклу об'єкта будівництва* …. 522

Сємєндяєв М.Р. *Визначення критеріїв оцінювання рівня транспортного обслуговування* ……... 538

Стрельцов К.О., Момот М.В. *Вплив механоактивації портландцементу з добавкою меленого вапняку на міцність цементного каменю* ……. 550

Сур'янінов М.Г, Суханова С.В, Метлицький В.В., Сур'янінов В.М. *Тріщиностійкість пошкоджених залізобетонних балок, посилених фібробетоном* …….. 560

Татарченко Г.О., Безпалий Д.М. *Від смарт-готовності будівлі до енергопозитивного району: регуляторні засади ЄС та методичні передумови територіального оцінювання* ……... 576

Човнюк Ю.В., Приймаченко О.В., Чередніченко О.П. *Вибір оптимального варіанту стратегії складування запасів у задачах планування та управління територіальним розвитком* ……. 587

Чуприна Ю.А. *Когнітивно-інтеграційні моделі формування адаптивної організації будівництва в цифровому середовищі проєктної взаємодії* …….. 610

Шелудько А.В., Данилко Л.А., Таратинська К.А., Куцевич В.В. *Проблеми зберігання легкових автомобілів з двигунами на газовому паливі у гаражах* ….. 624

Шепета М.О. *Підвищення ефективності функціонування будівельних підприємств на основі організаційних та інноваційних трансформацій* …….. 639

Геодезія та землевпорядкування

Гряник В.О., Ткаченко Л.В., Лапшик М.П. *Геоінформаційне моделювання розвитку урбанізованих територій за умов змінюваних соціально-економічних факторів* ……. 653

Зіненко Р.О. *Методи та моделі геовізуалізації генералізованих геопросторових даних на національному геопорталі* …… 666

Нестеренко Г.Б. *Інформаційні системи земельного кадастру в умовах воєнного стану: виклики та шляхи адаптації* …… 678

Русіна Н.Г, Люльчик В.О., Качановський О. І., Булакевич С.В., Кушнірук О.М. *Геоінформаційне моделювання просторово-часової динаміки міських островів тепла за даними Landsat* ……... 694

Удовенко І.О., Скляр Ю.Л., Арсеньєва Н.О. *Дистанційне зондування землі у моніторингу землекористування в контексті сучасних методів і практичного застосування* …….. 713

Шелковська І.М., Міхно П.Б., Клюка О.М. *Порівняльний аналіз землекористувань в системі управління земельними ресурсами на місцевому рівні* ……. 732

До відома авторів збірника «Містобудування та територіальне планування» … 745

Наукове видання

МІСТОБУДУВАННЯ ТА ТЕРИТОРІАЛЬНЕ ПЛАНУВАННЯ

Науково-технічний збірник

Випуск 93

Має свідоцтво про державну реєстрацію друкованого засобу масової інформації в Державному комітеті інформаційної політики України (серія КВ № 4186 від 10 травня 2000 року).

Визнаний МОН України, як наукове фахове видання України категорії «Б», в якому можуть публікуватися результати дисертаційних робіт на здобуття наукових ступенів доктора і кандидата наук (Наказ №928 від 11 червня 2026 року).

Збірник зареєстровано в міжнародних каталогах наукових видань та науково-метричних базах даних: Index Copernicus International (ICI); Google Scholar; Наукова періодика України.

Тематична спрямованість збірника, за якою публікуються наукові праці – спеціальності: **G17. Архітектура та містобудування; G18. Геодезія і землеустрій; G19. Будівництво та цивільна інженерія;**

Вимоги, яких слід дотримуватись в подальшому, для оформлення рукописів статей для опублікування в збірнику наведено у поточному випуску, а також у попередніх випусках збірника.

Зміст випусків збірника з №1 по №19 опубліковано у випуску за №20, випусків з №20 по №39 опубліковано у випуску за №40, з №40 по №54 у випуску за №55, з №55 по №70 у випуску №71.

З випусками збірника, починаючи з №10, можна ознайомитись на сайті **http://www.nbuv.gov.ua** національної бібліотеки НАН України ім. В.І. Вернадського, з №25 на сайті **library.knuba.edu.ua** бібліотеки КНУБА та на сайті редколегії збірника **mtp.knuba.edu.ua.**

Статті можна надіслати за адресою електронної пошти: **petro_che@ukr.net.**

Комп’ютерне верстання випуску *О.П. Чередніченко*

Адреса редколегії: 03037, м.Київ-37, Повітрофлотський пр., 31. КНУБА.
Тел.: 241-55-43, 245-42-04.

Підписано до друку 28.08.2026 р. Формат 60x84 1/16.
Обл.-вид. арк. . Тираж 100. Зам. №

ТОВ “Видавництво “Ліра-К”,
Свідоцтво про внесення до Державного реєстру
суб’єктів видавничої справи ДК №3981 від 15.02.2011.