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

МІСТОБУДУВАННЯ ТА ТЕРИТОРІАЛЬНЕ ПЛАНУВАННЯ

92
2026

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 №92

Київ КНУБА 2026

УДК 711.11; 711.112

Містобудування та територіальне планування: Наук.-техн. збірник / Головн. ред. М.М. Дьомін. – К., КНУБА, 2026. – Вип. 92. – 732 с.
DOI 92: https://doi.org/10.32347/2076-815x.2025.92
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 92. – 732 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 М.М. (КНУБА).

Редакційна колегія: докт. техн. наук, професор Банах В.А. (ЗДІА); докт. техн. наук, професор Барабаш І.В. (ОДАБА); канд. архітектури, доцент Булах І.В. (КНУБА); докт. техн. наук, професор Габрель М.М. (НУ «ЛП»); докт. техн. наук, професор Гук В.І. (ХНУБА); докт. техн. наук, професор Дудар І.Н. (ВНТУ); докт. архітектури, професор Івашко Ю.В. (КНУБА); докт. техн. наук, професор Карпінський Ю.О. (КНУБА); докт. техн. наук, професор Катушков В.О. (КНУБА); докт. техн. наук, професор Линник І.Е. (ХНАМГ); докт. техн. наук, професор Лященко А.А. (КНУБА); канд. техн. наук, доцент Мамедов А.М. (заст. головн. редактора, КНУБА); Заслужений будівельник України, докт. архітектури, професор Орленко М.І. (КНУБА); канд. техн. наук, професор М.М. Осєтрін (заст. головн. редактора, КНУБА); докт. архітектури, професор Осиченко Г.О (ХНАМГ); Народний архітектор України, докт. архітектури, професор Панченко Т.Ф. (КНУБА); докт. техн. наук, професор Плешкановська А.М. (КНУБА); канд. техн. наук, доцент Приймаченко О.В. (КНУБА); докт. техн. наук, професор Семко О.В. (ПНТУ ім. Ю. Кондратюка); докт. техн. наук, професор Сингаївська О.І. (КНУБА); Народний архітектор України, докт. архітектури, професор Слєпцов О.С. (КНУБА); докт. техн. наук, професор Татарченко Г.О. (СНУ ім. В. Даля); докт. архітектури, професор Тімохін В.О. (КНУБА); докт. техн. наук, професор Тімченко Р.О. (КТУ);докт. техн. наук, професор Ткачук О.В. (НУВГП); доцент Чередніченко П.П. (відп. секретар, КНУБА); докт. архітектури, професор Шульга Г.М. (НУ "ЛП"); докт. техн. наук, професор Шульц Р.В. (КНУБА); іноземні члени редколегії: докт. хабілітований, професор Григлєвські Петр (Інститут історії мистецтв університету м. Лодзі, Польща); докт. хабілітований, професор Кобилярчик Юстина (Краківська Політехніка ім. Т. Косцюшки, Польща); докт. хабілітований, професор Кушнєж-Крупа Домініка (Краківська Політехніка ім. Т. Косцюшки, Польща); докт. наук, професор Маршал Тадеуш (Університет «Лодзька політехніка», Польща); докт. хабілітований, професор Папржица Кристина (Краківська Політехніка ім. Т. Косцюшки, Польща).

Рекомендовано до видання вченою радою Київського національного університету будівництва і архітектури, протокол №42 від 25 квітня 2026 року.

На замовних засадах

© Київський національний університет будівництва і архітектури, 2026

DOI: 10.32347/2076-815x.2026.92.3-10
УДК 711.2/5(038)
член-кореспондент УАА д.арх., професор **Косьмій М.М.,**
mykhailo.kosmii&ukd.edu.ua, ORCID: 0000-0003-4823-5573, h-index 7,
Університет Короля Данила, м. Івано-Франківськ,
д.арх., професор **Рочняк Ю.А.,** rotchniak.youri@gmail.com,
ORCID: 0000-0002-0344-7989, h-index 2,
Національний університет «Львівська політехніка»,
д.арх., професор **Яценко В.О.,**
viktoryathenko@ukr.net, ORCID: 0000-0002-6054-729X, h-index 7,
доцент **Чередніченко П.П.,**
petro_che@ukr.net, ORCID: 0000-0001-7161-661X, h-index 13,
Київський національний університет будівництва і архітектури

ПЕРШЕ В УКРАЇНІ. *Рецензія на наукове видання.*

Сучасна урбаністика та просторове планування охоплюють численні міждисциплінарні поняття, що поєднують архітектурні, соціальні, екологічні, економічні та технологічні аспекти розвитку міського середовища. Енциклопедичний словник пропонує інструмент уніфікації термінології, сприяючи підвищенню професійної компетентності та підтримуючи прийняття обґрунтованих рішень у сфері розвитку територій і міст. Видання містить приблизно три тисячі актуальних понять і адресоване діючим і майбутнім урбаністам, а також фахівцям із просторового планування та суміжних дисциплін.

Ключові слава: урбаністика; просторове планування; містобудування; міське середовище; енциклопедичний словник.

Наприкінці 2025 року у видавництві «Місто НВ» (м. Івано-Франківськ) побачив світ тиражем 400 примірників енциклопедичний словник «Урбаністика та просторове планування» [1] - не лише довідковий, а й стратегічно важливий ресурс, який покликаний сприяти розвитку професійної спільноти, впорядковує мову спілкування та підтримує сучасну науку й практику архітектури, урбаністики та просторового планування в Україні. Актуальність видання пов’язана із загостренням глобальних проблем, появою надскладних (недетермінованих, з багатьма невідомими) завдань, які виходять за межі традиційного містобудування та потребують нової методології й теорій обґрунтування рішень відбудови, трансформації й просторового розвитку держави, її міст і регіонів, розуміння контексту наддержавних процесів і явищ. Багатовекторна спрямованість термінологічно-категоріального апарату

урбаністики та просторового планування, виділення авторами цієї предметної сфери як автономної й важливої, дає змогу професіоналам-практикам, викладачам і студентам архітектурних та урбаністичних інститутів, аспірантам і науковцям, представникам органів місцевого самоврядування уникати плутанини й формувати зрозумілу комунікацію в професійній сфері, використовувати уніфіковану термінологію для дослідження та підготовки стратегій розвитку урбанізованих систем і міської інфраструктури, а також просторового планування та проєктування.

Офіційними рецензентами видання виступили: завідувач кафедри дизайну архітектурного середовища НУ «Львівька Політехніка», доктор архітектури, професор Проскуряков В.І., завідувач кафедри будівництва, урбаністики та просторового планування СНУ ім В. Даля, доктор технічних, професор Татарченко Г.О., доктор технічних наук, професор кафедри міського будівництва КНУБА Сингаївська О.І.

Рис. 1. Фото титульної сторони видання.

Видання вийшло в світ за підтримки (рекомендації) Президії Української академії архітектури та спонсорської підтримки особисто співавтора професора Габреля М.М. в знак вдячності своєму вчителю професору Дьоміну М.М. який був не тільки наставником, а консультантом по докторській дисертації, співпрацював з ним по багатьох містобудівних розробках, наукових статтях. На презентації цього видання професору Габрелю М.М. був вручений диплом дійсного члена Української академії архітектури.

В архітектурно-будівельній бібліотеці ім. Ю. Заболотного 23 квітня 2026 року відбулась презентація цього видання. Учасники презентація схвально виступили і підтримали необхідність його появи.

Мета видання — створити цілісну базу понять і знань для фахівців різних рівнів підготовленості й фахової діяльності (студентів, дослідників, проєктантів, працівників органів управління та самоврядування тощо), які працюють у сфері розвитку міських середовищ, просторового розпланування й розвитку урбанізованих систем.

Це спільна праця професорів Миколи Дьоміна та Миколи Габреля. Микола Мефодійович Дьомін — знаний учений не лише в Київському національному університеті будівництва та архітектури, а й загалом у суспільстві, один із провідних українських теоретиків містобудування, автор понад трьохсот наукових праць і численних містобудівних проєктів, багаторічний Віце-президент, дійсний член Української академії архітектури, Народний архітектор України (детальна інформація про автора міститься в [2]). Микола Михайлович Габрель — архітектор-урбаніст, дослідник проблем просторової організації й розвитку містобудівних систем, багаторічний викладач Національного університету «Львівська політехніка», учасник і методичний консультатнт розробки Генерального плану Львова та інших проєктних пропозицій щодо просторової організації та розвитку великих територіальних об’єктів (детальна інформація про автора в [3]). Видання стало трьохсотою науковою публікацією цього вченого.

Енциклопедичний словник «Урбаністика та просторове планування»» виданий під патронатом Української академії архітектури, що надає виданню особливого статусу, забезпечує офіційне визнання, обґрунтованість і авторитетність як довідкового наукового ресурсу для фахівців, дослідників і студентів. Рецензенти видання — відомі та авторитетні в галузі науковці: член-кореспондент Української академії архітектури, професор, доктор технічних наук Олександра Сингаївська (Київський національний університет будівництва та архітектури); дійсний член Української академії архітектури, професор, доктор архітектури Віктор Проскуряков (Національний університет «Львівська політехніка») та професор, доктор технічних наук Галина Татарченко (Східноукраїнський національний університет імені Володимира Даля, Луганськ). Це разом підкреслює високий науковий рівень і практичну цінність енциклопедичного словника для сучасної урбаністики, просторового планування та архітектури.

Автори успішно використали різні джерела інформації, в т.ч. словники професора Безродного П.П. [4], професора Мардера А.П. [5], розробки професорів Панченко Т.Ф., Яценка В.О. та доцента Проценко С.Г. [6] та ін.

Масштаб, складність і міждисциплінарність проблематики вплинули на об'єм і енциклопедичну сутність словника. Видання обсягом 708 сторінок охоплює приблизно 3 000 термінів з урбаністики й просторового планування, а також категоріально-понятійні положення з інших дисциплін, що безпосередньо взаємодіють з цією сферою, — зокрема, архітектури й містобудування, соціології й права, економічної географії, етнографії, історії, інженерії, інформаційних наук тощо. У виданні подано етимологію (походження) та пояснення нових слів і термінів, які ввійшли до сучасного наукового й професійного обігу в сфері урбаністики й просторового планування, відображаючи актуальні тенденції розвитку міського середовища, а також тих, які використовуються в наукових дослідженнях, проєктуванні й управлінні територіями і містобудівними системами. Особлива увага приділена поглибленому тлумаченню базових понять і категорій – концепцій, теорій, законів, методів і принципів, які формують інтелектуальний каркас цієї предметної галузі. Поряд із переосмисленням усталеної термінології, нормативних визначень і побутуючих «штампів», що укоренилися в професійній лексикології з командно-адміністративних часів, представлено професіоналізми, жанрові вирази й елементи сучасного урбаністичного сленгу, які відтворюють живу мову фахового середовища, а також міжнародні терміни й документи, що є важливими для розвитку української урбаністики. Терміни суміжних дисциплін подано з урахуванням урбаністичного контексту та особливостей просторового планування, що забезпечує системність, узгодженість і практичну придатність поданого матеріалу як для урбаністики, так і фахівців суміжних сфер.

Добір та міждисциплінарне розуміння термінів, розкриття шляхів їх практичного застосування в наукових дослідженнях і проєктній діяльності забезпечено «принципом трьох К»: *концептуальність* акцентує увагу на структурі знань, логіці понять та їх науковій сутності; *контекст* враховує умови й сфери застосування терміну, його походження і взаємозв'язки з суміжними сферами; *конотації* включають додаткові смислові відтінки щодо урбаністики й просторового планування, які можуть бути також емоційними чи суб'єктивними. Такий підхід дає змогу виходити за межі суто формальних і нормативних дефініцій та враховувати ширший спектр смислів (культурологічних, історичних, соціальних і емоційних) і багатовимірність їх сприйняття. Завдяки цьому запропоноване авторами видання постає не лише як довідкове джерело, а й як аналітичний інструментарій, придатний для комплексного осмислення сучасних урбаністичних процесів і міських середовищ.

Розуміння урбаністики як фундаментальної науки передбачає наявність впорядкованої системи знань (теорій) і методологій (методів дослідження), спрямованих на вивчення відносин між людиною й середовищем її

життєдіяльності, виділяє ключовим поняття простору життєдіяльності, і насамперед урбанізованого як гіперскладної форми організації суспільства. Урбаністика сьогодення творить світоглядно-інтелектуальний каркас містобудування й архітектури. Її розмежування з містобудуванням здійснено по лінії «фундаментальне – прикладне», а також за складністю завдань і специфікою методологій та інструментарію їх вирішення. Для формування й розкриття сутності понять автори виокремлюють такі основні засади:

✓ видання задумане як енциклопедичне, із всеохоплюючим поглядом на урбаністику й просторове планування. Це визначило обсяг і сутність, добір понять та їх трактування;

✓ словник видано під науковим патронатом і за рекомендацією Української академії архітектури, що зумовлює дотримання академічних стандартів, відповідних фахових вимог і наукового стилю викладу. Водночас це не суто університетське видання, яке апріорі орієнтується на студентську аудиторію. Автори прагнули сформувати ресурс, корисний для широкого кола користувачів — усіх, хто ідентифікує себе з урбаністикою та працює в цій предметній сфері;

✓ орієнтація видання на користувачів різного фахового рівня, передусім на тих, хто усвідомлює та відчуває специфіку цієї предметної сфери. Водночас це форма передання молодшому поколінню досвіду, знань і розуміння, накопичених представниками старшої науково-проєктної ґенерації;

✓ варіативність, багатозначність і міждисциплінарний характер наукових понять зумовлюють потребу їх узгодження. Автори прагнули вийти за межі формалізованих («канонізованих») визначень, уточнити й розширити їх зміст, синтезувати нові ознаки, а також обґрунтувати власні підходи до трактування дискусійних дефініцій. Словник упорядковує поняттєвий апарат і знання різних дисциплін з позицій урбаністики та фахового бачення урбаністів;

✓ спрощення реальності, знань і мислення є характерною ознакою сучасності, тому природно виникала спокуса адаптувати видання до потреб конкретної аудиторії — передусім студентів чи практиків, спираючись на дидактичні або функціонально-нормативні підходи. Втім, усвідомлення значущості й багатовимірності урбаністичних категорій, що поєднують ідеологічні, світоглядні, духовні, естетичні, емоційні, інженерні та технологічні складові, а також міждисциплінарний характер праці зумовили необхідність свідомого виходу на інтердисциплінарний рівень (за межі окремих предметних сфер) і формулювання інтерпретацій із позицій урбаністики та сучасних реалій;

✓ представлений матеріал системно охоплює та акцентує на теоріях, концепціях, принципах і методах аналізу, оцінки просторових ситуацій, обґрунтуванні засад організації й просторового розвитку урбанізованих систем,

які формують наукове підґрунтя вирішення завдань великої складності (недетмінованих та з високим рівнем невизначеності змінних);

✓ автори виходили з припущення, що урбаністи та фахівці суміжних сфер, попри об'єктивні відмінності в професійній діяльності, є однодумцями, зорієнтованими на спільну мету — формування гармонійного простору життєдіяльності, який поєднує економічну ефективність, соціальну справедливість, естетичну виразність, комфорт і якість умов, екологічну збалансованість та інші характеристики. Урбаністика й просторове планування розглядаються як діяльність, що формує світоглядно-інтелектуальний каркас і здатна «примирити» землевпорядників, архітекторів, географів, соціологів, економістів, дизайнерів середовища тощо, інтегрувати зусилля та скерувати їх на співпрацю задля гармонізації й сталого розвитку простору держави, міст і регіонів;

✓ виходячи з єдності матеріального й нематеріального в урбаністиці, автори підкреслюють важливість нематеріальних та ненаукових знань – досвіду, традицій, духовних, емоційних, історичних, естетичних та інших якісних характеристик в урбаністиці. Цьому аспекту у виданні приділено значну увагу.

За задумом авторів, словник спрямований на формування спільної професійної мови між фахівцями й суспільством та водночас виконує роль науково-практичного інструменту для планування розвитку міст і регіонів. Окремі визначення свідомо подано як відкриті й незавершені, здатні уточнюватися та розвиватися відповідно до нових реалій і трансформацій. Видання демонструє усвідомлення динамічної природи термінології та відкритість авторів до раціональних зауважень, що робить енциклопедичний словник цінним і перспективним ресурсом для фахівців, дослідників і студентів.

У підсумку енциклопедичний словник формує новий стандарт осмислення термінології у сфері урбаністики та просторового планування, інтегруючи нормативні, наукові й культурно-смислові підходи. Його поява є своєчасною відповіддю на потребу в цілісному інструменті інтерпретації складних процесів трансформації міст і середовища життєдіяльності соціуму та має всі підстави стати базовим орієнтиром для формування професійного дискурсу та подальшого розвитку сучасної урбаністичної думки.

Дуже важливо, що дане видання вийшло в період інтенсивного розвитку урбаністичних теорій, розробок відновлення зруйнованих територій та населених пунктів України в наслідок агресії рф.

Багато досліджень проводиться в більш широкій сфері архітектурно-будівельної справи, використовуючи відповідну термінологію в своїх трактовках, яка не завжди коректна у їх використаннях.

Це видання дозволить авторам досліджень дотримуватись єдиних тлумачень і понять. Автори не зупиняються на досягнутому продовжують свої дослідження і розробки. Нам слід сприяти цьому і пропонуємо вести відповідні дискусії і на сторінках нашого збірника «Містобудування та територіальне планування».

Література:

1. Дьомін М., Габрель М. Урбаністика та просторове планування: енциклопед. сл. – Івано-Франківськ: Місто НВ, 2025. – 708 с. ISBN 978-617-8435-54-7.

2. Народні архітектори України / [за наук. ред. проф. О.С. Слєпцова]; упор.: М.М. Дьомін, Б.Л. Єрофалов, Т.В. Русевич, О.С. Слєпцов. – К.: А+С, 2024. – 428 с.

3. Габрель Микола Михайлович: біобібліогр. покажч. / упор.: І.В. Ковальчук. – Львів: Вид-во Львівської політехніки, 2023. – 224 с.

4. Безродний П. Архітектурний енциклопедичний словник / [за наук. ред. проф. О.С. Слєпцова]. – К.: А+С, 2024. – 328 с.

5. *Мардер А.П. Архітектура*: короткий словник. Київ: Будівельник, 1995. 335 с.

6. Панченко Т.Ф., Яценко В.О., Проценко С.Г. Заявка на реєстрацію НДР №0121U111830 «Формування понятійно-термінологічгої основи ландшафтної та туристичної архітектури». Наказ КНУБА №243 від 03.06.2021 р.

D.Sc. in Arch., Professor **Kosmii Mykhailo,**
Higher Educational Institution «King Danylo University», Ivano-Frankivsk,
D.Sc. in Arch., associate Professor **Rochniak Yurii,**
Lviv Polytechnic National University,
D.Sc. in Arch., Professor **Yatsenko Volodymyr,**
associate Professor **Cherednichenko Petro,**
Kiev National University of Construction and Architecture

THE FIRST IN UKRAINE. Review of a Scientific Publication:
Dyomin M., Habrel M. Urban Studies and Spatial Planning: Encyclopedic Dictionary. *– Ivano-Frankivsk: Misto NV, 2025. – 708 p. ISBN 978-617-8435-54-7.*

Contemporary urban studies and spatial planning encompass a wide range of interdisciplinary concepts, integrating architectural, social, ecological, economic, and technological aspects of urban development. This encyclopedic dictionary provides a tool for standardizing terminology, enhancing professional competence, and supporting informed decision-making in the planning and management of cities and territories.

Containing approximately three thousand up-to-date terms, it is intended for practicing and future urbanists, as well as specialists in spatial planning and related fields. The dictionary covers concepts from urban studies, spatial planning, and associated disciplines, ranging from architecture and economic geography to sociology and land management. The authors distinguish between urban planning, understood as the applied practice of city design, and urban studies, regarded as a fundamental science examining the relationship between society and its spatial environment. Significant attention is given to the origins of terms, their semantic nuances, and contemporary usage. The publication proposes a model for interpreting concepts based on the "three Cs" principle — conceptuality, context, and connotations — which considers not only normative definitions but also the cultural, historical, and emotional dimensions of space. The authors highlight the importance of intangible urban environment characteristics, such as traditions, identity, and a sense of belonging. Recommended by the Ukrainian Academy of Architecture, the dictionary is designed for architects, urban planners, researchers, local government officials, and students. According to the authors, it aims to establish a common professional language between specialists and society while serving as a scientific and practical tool for guiding the development of cities and regions.

Keywords: urban planning; spatial planning; urban development; urban environment; encyclopedic dictionary.

REFERENSES

1. Domin M., Habrel M. Urbanistyka ta prostorove planuvannia: entsykloped. sl. – Ivano-Frankivsk: Misto NV, 2025. – 708 s. ISBN 978-617-8435-54-7. {in Ukrainian}

2. Narodni arkhitektory Ukrainy / [za nauk. red. prof. O.S. Slieptsova]; upor.: M.M. Domin, B.L. Yerofalov, T.V. Rusevych, O.S. Slieptsov. – K.: A+S, 2024. – 428 s. {in Ukrainian}

3. Habrel Mykola Mykhailovych: biobibliohr. pokazhch. / upor.: I.V. Kovalchuk. – Lviv: Vyd-vo Lvivskoi politekhniky, 2023. – 224 s. {in Ukrainian}

4. Bezrodnyi P. Arkhitekturnyi entsyklopedychnyi slovnyk / [za nauk. red. prof. O.S. Slieptsova]. – K.: A+S, 2024. – 328 s. {in Ukrainian}

5. Marder A.P. Arkhitektura: korotkyi slovnyk. Kyiv: Budivelnyk, 1995. 335 s. {in Ukrainian}

6. Panchenko T.F., Yatsenko V.O., Protsenko S.H. Zaiavka na reiestratsiiu NDR №0121U111830 «Formuvannia poniatiino-terminolohichhoi osnovy landshaftnoi ta turystychnoi arkhitektury». Nakaz KNUBA №243 vid 03.06.2021 r.. {in Ukrainian}

DOI: 10.32347/2076-815x.2026.92.11-25
УДК УДК 72.01:72.025.4
д.арх., професор **Осиченко Г.О.,**
osychenko-galyna@ukr.net, ORCID: 0000-0001-5595-220X,
Запорізький національний університет

СИСТЕМНА МОДЕЛЬ БУДІВЛІ ЯК ОСНОВА АНАЛІЗУ ПРОЦЕСІВ ТРАНСФОРМАЦІЇ

Метою статті є формування системної моделі будівлі як сукупності підсистем та обґрунтування залежності між їхнім станом і типами трансформації. У результаті дослідження виділено сім підсистем будівлі, визначено основні типи їхнього стану (фізичне зношення, функціональна, моральна та нормативна невідповідність) і встановлено зв'язок між станом підсистем та типами трансформації (локальною, комбінованою та радикальною), що реалізуються через різні режими їх активації та глибину. Наукова новизна полягає у встановленні причинно-наслідкового зв'язку між станом підсистем будівлі та типами її трансформації, що дозволяє перейти від описових класифікацій до системного обґрунтування трансформаційних рішень.

Ключові слова: трансформація будівель; реконструкція; системний підхід; підсистеми будівлі; стан будівлі; активація підсистем; типи трансформації

Постановка проблеми та актуальність теми. Необхідність адаптації будівель до нових соціальних потреб, технологічних змін, економічних умов і екологічних вимог призводить до зростання ролі реконструкції, модернізації та адаптивного використання існуючих архітектурних об'єктів. За даними Європейської Комісії, близько 85 % будівель у Європі зведено до 2000 року, а приблизно 75 % існуючого будівельного фонду є енергетично неефективним**.** За галузевими дослідженнями європейського будівельного ринку, 50–60 % загального обсягу будівельних робіт у країнах Європи припадає на реконструкцію, модернізацію та ремонт будівель [1]**.** Подібні проблеми характерні і для України, в якій значна частина існуючого житлового фонду була зведена у другій половині XX століття і проектувалася за іншими технічними, функціональними та енергетичними стандартами. За оцінками галузевих досліджень, близько 80–85 % житлових будівель України побудовано до 1991 року, а будівлі споживають приблизно 40% усієї енергії країни [2]. У цих умовах модернізація, реконструкція та адаптація існуючих будівель стають одним із ключових завдань архітектурної практики. У даному дослідженні всі види інтервенцій у існуючі будівлі (модернізація, реконструкція, адаптація, реновація тощо) поєднуються узагальнюючим терміном – трансформація будівлі.

Разом з тим, у практиці трансформації будівель домінують підходи, що класифікують трансформації за їх зовнішніми проявами або кінцевими результатами (надбудова, перепланування, модернізація тощо). Такий підхід має описовий характер і не дозволяє встановити причинно-наслідкові зв'язки між станом будівлі та характером трансформаційних втручань.

Таким чином, актуальність дослідження визначається: 1) необхідністю адаптації існуючих будівель до нових соціальних потреб та їх фізичним зношенням; 2) зростаючими темпами трансформації будівель у світі; 3) потребою у формуванні теоретичного підходу, який дозволяє розглядати будівлю як сукупність взаємопов'язаних підсистем і встановити залежність між їхнім станом та характером трансформаційних процесів.

Дослідження відповідає міжнародним програмам і ініціативам, зокрема Порядку денному ООН у сфері сталого розвитку до 2030 року [3], Європейському зеленому курсу [1,4], New European Bauhaus [5-6].

Метою статті є формування системної моделі будівлі як сукупності підсистем та виявлення залежності типів трансформації від їх стану та активації.

Для досягнення поставленої мети у статті вирішуються такі завдання:

1. уточнити склад основних підсистем будівлі та охарактеризувати їх зміст;
2. систематизувати типи станів підсистем, що зумовлюють необхідність трансформації;
3. встановити взаємозв'язок між станом підсистем і типами трансформації будівель та обґрунтувати системний характер трансформації.

Гіпотеза дослідження полягає у припущенні, що різноманіття типів трансформації будівель визначається станом їх підсистем і характером їх активації, а сама трансформація має системний характер.

Аналіз літературних джерел та останніх публікацій. В Україні нормативним і юридичним терміном, що описує втручання в існуючі будівлі, є поняття «реконструкція» як узагальнене позначення значних інтервенцій в будівлю зі зміною його геометричних параметрів, функціонального призначення та основних техніко-економічних показників [7]. Водночас у міжнародному науковому дискурсі спостерігається відсутність єдиного узагальнюючого терміну, аналогічного поняттю «reconstruction of buildings». Натомість використовуються низка близьких за змістом, але не тотожних понять, зокрема «renovation», «retrofit», «adaptive reuse», «building adaptation», які акцентують різні аспекти втручання - від технічного оновлення до функціональної переорієнтації об'єкта (Shahi S., Esfahani M. E., Bachmann C. та Haas C. [8]; Douglas J. [9]; Lanz F.[10] та ін.). Принципове значення для даного дослідження мають роботи Н. Лещенко [11-12], у яких запропоновано використовувати термін «трансформація» як узагальнююче поняття для позначення різних типів втручань

у забудоване середовище. В даному дослідженні термін «трансформація» також використовується як рамковий, що дозволяє об'єднати у єдиному аналітичному полі різні форми втручань у будівлю (реконструкція, реставрація, адаптація, технічна модернізація та інші види змін).

Наразі спостерігається зростання інтересу до проблем трансформації існуючих будівель. Ця тематика найчастіше розглядається у зв'язку зі сталим розвитком, зниженням вуглецевого сліду, продовженням життєвого циклу будівель, збереженням культурної спадщини та міською регенерацією (F. Vafaie і ін. [13], I. E. Aigwi і інш.[14], Q. Zhang і інш.[15], M. Szopińska-Mularz та співавт. [16]). Праці більшості закордонних авторів свідчать, що дослідження дедалі активніше переходять до багатокритеріального аналізу трансформації як екологічного, соціального, економічного та управлінського процесу (B. van Laar [17], B. Mohamed та M. Marzouk [18], D. S. Mlote [19]). Серед вітчизняних праць переважають дослідження, що мають прикладний або галузевий характер і орієнтовані на окремі типи об'єктів чи конкретні ситуації трансформації (V. Yatsenko, H. Osychenko та співавт. [20]; N. Mezhenna та співавт. [21]; I. Serhiiuk [22]). Загальнотеоретичні та методологічні узагальнення процесів трансформації будівель залишаються недостатньо розробленими.

Важливим для даного дослідження є праці, що аналізують будівлю як систему. Ф.Д. К. Чінь виділяє наступні підсистеми будівлі: просторову і конструктивну системи, систему огороджувальних елементів та систему організації просторових переміщень [23]. В працях Г. Осиченко і Я. Кузнецової з метою аналізу природоінтегрованої архітектури виділено просторову, функціональну, конструктивну, інженерну підсистеми, а також підсистеми комунікацій, будівельних і оздоблювальних матеріалів, декору і деталей [24,25]. Однією з ключових є концепція відкритої будівлі (Open Building), сформульована N. John Habraken, у якій запропоновано розмежування рівнів будівлі (опорна структура та змінні елементи) [26]. Ці роботи слугували основою для формування системної моделі будівлі в даному дослідженні.

Отже, в сучасних дослідженнях достатньо активно розробляються питання сталості, спадщини, критеріїв вибору нової функції, прийняття рішень, оцінювання результатів інтервенцій в існуючі будівлі та післявоєнної реконструкції. Водночас у проаналізованих працях будівля переважно розглядається або через призму окремих аспектів (функціонального, енергетичного, культурного, управлінського) або як об'єкт, розглянутий у межах окремого випадку. Натомість недостатньо розробленим залишається підхід, у межах якого різноманіття типів трансформації пояснюється саме станом підсистем будівлі і характером їх активації. Саме цю теоретико-методичну лакуну і заповнює дане дослідження.

Матеріали і методи дослідження. Дослідження ґрунтується на системному підході до розгляду будівлі як цілісного об'єкта, що складається з взаємопов'язаних підсистем. Для досягнення поставленої мети використано комплекс взаємодоповнюючих методів: теоретичний аналіз наукових джерел (для виявлення сучасних підходів до трансформації будівель, уточнення термінології та визначення наукової лакуни); системно-структурний аналіз (для розгляду будівлі як системи і визначення її складу та взаємозв'язків між елементами); класифікаційний аналіз (для систематизації типів станів підсистем і відповідних трансформаційних втручань); інтерпретаційний метод (для встановлення залежності між станом підсистем і типами трансформації будівель); узагальнення та моделювання (для формування узагальненої системної моделі будівлі та визначення типів трансформації).

Алгоритм дослідження включає декілька етапів:

1. Аналіз наукових публікацій з метою виявлення існуючих підходів до реконструкції та трансформації будівель, уточнення термінологічного апарату і визначення теоретичної лакуни.
2. Формування системного уявлення про будівлю як сукупність взаємопов'язаних підсистем та уточнення їх складу і змісту.
3. Визначення типів станів підсистем, що зумовлюють необхідність трансформації.
4. Встановлення залежності між станом підсистем і характером втручання, що дозволило інтерпретувати трансформацію як процес активації підсистем.
5. Формування типів трансформації будівель як результату різних режимів активації підсистем.

Склад підсистем будівлі та їхній стан як фактор трансформації.

В дослідженні будівля розглядається як складна система, що складається з взаємопов'язаних підсистем, кожна з яких виконує визначену функцію та має власні характеристики, життєвий цикл і специфіку трансформації. Розвиваючі попередні дослідження автора [24-25] уточнено склад підсистем будівлі та їх зміст. У межах дослідження виділено сім основних підсистем будівлі:

Несучо-конструктивна підсистема будівлі – це комплекс взаємопов'язаних елементів, що забезпечують міцність, стійкість, просторову жорсткість та довговічність споруди. Включає: фундаменти, несучі стіни, колони, перекриття, просторову схему жорсткості. Слідуючи N. John Habraken [26], її можливо класифікувати як опорну структуру будівлі. Без неї неможливо існування будівлі, тому саме її характеристики та стан елементів задає базові межі можливих трансформацій усіх інших підсистем.

Матеріально-технологічна підсистема – це матеріальна субстанція архітектурної форми, що включає сукупність будівельних і оздоблюваних матеріалів та технології їх поєднання. Включає: будівельні матеріали; оздоблювальні матеріали; технології їх поєднання і монтажу; а також сліди старіння, зносу, ремонту, бо саме матеріальна субстанція є носієм часу. Саме тут найвиразніше проявляється проблема автентики, сумісності та етичних меж трансформації при інтервенціях в історичні будівлі та пам'ятки архітектури.

Функціонально-просторова підсистема забезпечує організацію внутрішнього простору (зонування, планування) відповідно до призначення об'єкта, адаптацію до змінних потреб (гнучкість) та ефективне розміщення інженерного обладнання. Вона визначає комфорт, функціональність та довготривалість використання будівлі, формуючи її об'ємно-просторову структуру. У багатьох випадках саме функціональні зміни є первинним тригером трансформації і можуть породжувати ланцюг змін у інших підсистемах. Включає: функції; сценарії використання; просторову організацію; процеси, що відбуваються в будівлі; технологічні процеси в виробничих спорудах.

Комунікаційно-циркуляційна підсистема забезпечує зв'язки між приміщеннями та поверхами в будівлі, зв'язки внутрішніх просторів з оточуючим середовищем та евакуацію з будівлі. Включає: сходи, ліфти, рампи, пандуси; евакуаційні маршрути з будинку; внутрішні коридори, атріуми та лінійні променади. В сучасній практиці (особливо в громадських будівлях) саме ця підсистема часто стає "місцем інтервенції". В свою чергу нові ліфти, сходи, рампи, вхідні групи змінюють не лише функціональність, а й просторову драматургію будівлі. Має безпосередній взаємозв'язок з функціонально-просторовою підсистемою, але виокремлюються в методичних цілях внаслідок актуалізації змін в цій підсистеми у сучасний період.

Інженерно-технічна підсистема – це комплекс інженерних мереж, що підтримують життєдіяльність будівлі та її функціональність. Інженерно-технічна підсистема (обладнання) будівлі забезпечує комфортні, безпечні та гігієнічні умови для проживання, праці та технологічних процесів. Включає: системи опалення, вентиляцію, кондиціювання; водопостачання і каналізацію; електрику, слаботочні системи; автоматизацію, BMS.

Огороджувально-кліматична підсистема – це комплекс огороджувальних елементів будівлі, що формують межу між внутрішнім і зовнішнім середовищем. Забезпечує мікроклімат, акустику, освітлення та енергоефективність будівлі. Саме на цьому рівні концентрується термомодернізація. Проте для історичних будівель ця підсистема стає полем конфлікту між енергоефективністю та збереженням автентичної субстанції й образу. Включає: стіни фасадів; дах;

підлоги по ґрунту; вікна, двері; теплотехнічні, акустичні, світлові характеристики.

Архітектурно-художня підсистема будівлі охоплює об’ємно-просторову композицію будівлі, її зовнішнє та внутрішнє оформлення, і є носієм естетики, стилю, композиційної єдності, та забезпечує цілісне сприйняття об'єкта. Включає: декор; деталі; орнамент; пропорції; стилістичні коди тощо. Це підсистема репрезентації смислу, а не лише оздоблення.

Слід підкреслити, що підсистеми не існують ізольовано. Елементи цих підсистем пересікаються, підсистеми є взаємопов’язаними і виділяються з дослідницькими цілями для аналізу процесів трансформації будівель.

Типи станів підсистем. Кожна підсистема будівлі може перебувати у різному стані, що визначає необхідність і характер втручання. У дослідженні виділено чотири основні типи станів:

- фізичне зношення (втрата технічних характеристик, руйнування матеріалів і конструкцій);
- функціональна невідповідність (невідповідність сучасним потребам користувачів або технологічним процесам);
- моральне старіння (втрата актуальності архітектурних, планувальних або технічних рішень);
- нормативна невідповідність (невідповідність сучасним будівельним нормам, вимогам безпеки, інклюзивності та енергоефективності).

Різні підсистеми можуть одночасно перебувати у різних станах, що формує складну багатофакторну ситуацію трансформації. В таблиці 1 для окремих підсистем наведено домінуючі типи станів, які не виключають наявності інших.

Таблиця 1

Стан підсистем та характер втручання

Підсистеми	Основний зміст	Типові проблеми, стан	Характер втручання
1	**2**	**3**	**4**
Несучо-конструктивна	Конструктивна схема, несучі елементи	Фізичне зношення, аварійність, застар-іли недосконалі конструктивні рішення	Підсилення конструкцій, заміна конструкцій, перебудова конструкцій, зміна конструктивної схеми будівлі
1	**2**	**3**	**4**
Інженерно-технічна	Інженерні мережі	Моральне старіння, нормативна невідповідність, фізичне зношення	Модернізація, ремонт, заміна мереж
Матеріально-технологічна	Матеріали і технології	Зношення матеріалів, несумісність матеріалів	Заміна, реставрація, оновлення матеріалів, посилення іншими матеріалами

Комунікаційно-циркуляційна	Внутрішні і зовнішні зв'язки, входи, сходи, ліфти	Нормативна невідповідність з точки зору евакуації, доступності або нової функції	Добудова, перепланування, зміна поповерхової просторової схеми
Огороджувально-кліматична	Стіни, дах, оболонка, підлога по землі	Енерговитрати, зношення	Термомодернізація, заміна, ремонт, реставрація, утеплення
Архітектурно-художня	Образ, композиція, елементи декору	Моральне старіння	Реновація, переосмислення образу, радикальна зміна образу; ремонт, реставрація декору і орнаменту

Типи трансформації як форми активації підсистем. Виявлені типи станів формують потребу у втручанні, яка реалізується через активацію відповідних підсистем. Залежно від кількості задіяних підсистем, їх взаємозв'язків та характеру проблемного стану, активація може мати різний масштаб і глибину (рівні), що визначає тип трансформації будівлі.

У межах дослідження за масштабом активації підсистем виділено три основні типи трансформації: локальна, комбінована та радикальна.

- Локальна трансформація відповідає активації однієї підсистеми і виникає у випадках, коли проблемний стан зосереджений локально. Вона не змінює системної організації будівлі та спрямована на усунення конкретної проблеми.
- Комбінована трансформація пов'язана з активацією кількох взаємопов'язаних підсистем. У цьому випадку зміни в одній підсистемі спричиняють необхідність втручання в інші. Такий тип трансформації призводить до часткової зміни існуючої системної організації будівлі.
- Радикальна трансформація охоплює більшість підсистем і виникає у випадках комплексної невідповідності або кардинальної зміни функції. Вона супроводжується суттєвими змінами об'ємно-просторової структури, конструктивної логіки та архітектурного образу будівлі.

Важливою характеристикою трансформації є глибина втручання (або рівні втручання) в підсистеми. У межах дослідження виділено три рівні втручання:

- елементний рівень (заміна або оновлення окремих елементів без зміни структури);
- часткова трансформація (зміна або підсилення частини підсистеми);
- повна трансформація (заміна або кардинальна перебудова підсистеми).

Приклади глибини втручання в функціонально-просторову підсистему представлено на рисунку 1.

Рис. 1. Приклади глибини втручання в функціонально-просторову підсистему

Таким чином, тип трансформації будівлі визначається структурою проблем, локалізованих у підсистемах, та характером їх взаємозв'язків. Саме ця структура обумовлює масштаб активації підсистем, тоді як глибина втручання визначає ступінь їх зміни. Поєднання масштабу активації підсистем і глибини втручання формує різні типи трансформації — локальну, комбіновану та радикальну. У спрощеному вигляді ця залежність може бути представлена як взаємодія масштабу активації підсистем і глибини втручання.

Системна модель трансформації будівлі представлена на рис. 2.

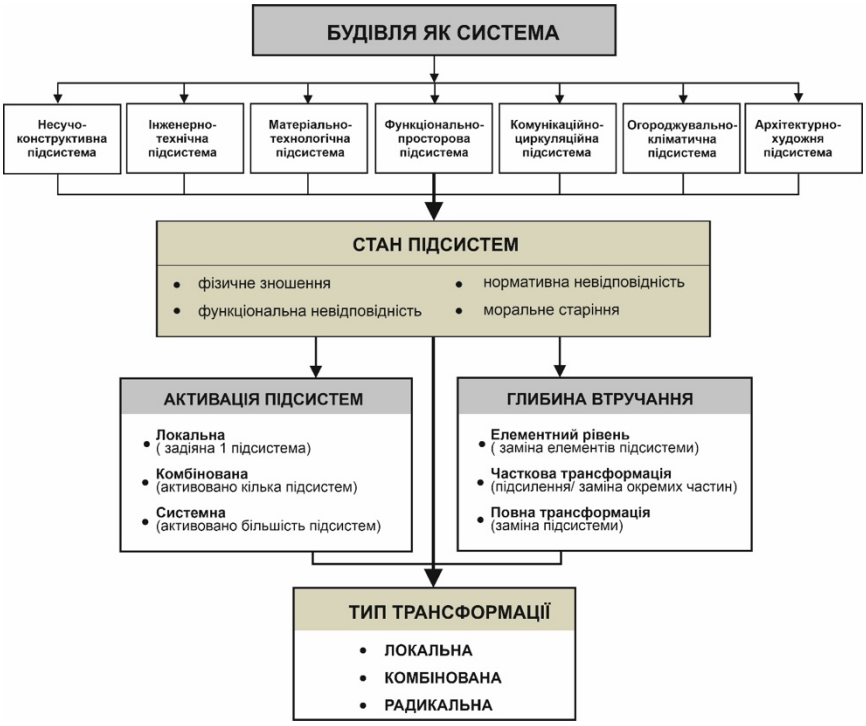


Рис. 2. Системна модель трансформації будівлі: взаємозв'язок підсистем, їхнього стану, активації та глибини втручання

Системний характер процесу трансформації: взаємозв'язки підсистем

Мета трансформації визначає початкову точку втручання в систему підсистем будівлі, однак не обмежує її межами окремої підсистеми. У процесі трансформації, завдяки наявності структурних і функціональних зв'язків, зміни поширюються на інші підсистеми, формуючи узгоджену систему перетворень.

Системний характер трансформації будівлі визначається структурою взаємозв'язків між її підсистемами та їх різною роллю у формуванні об'єкта. Підсистеми перебувають у відносинах включеності, матеріалізації та взаємного впливу і не є ізольованими. Підсистеми виконують різні ролі в функціонуванні будівлі, а кожна роль може забезпечуватися кількома підсистемами з різним ступенем участі (таблиця 2).

Ролі підсистем не є жорстко закріпленими: одна і та сама підсистема може брати участь у реалізації кількох ролей, а її значення змінюється залежно від конструктивної схеми, функціонального призначення будівлі та характеру трансформації.

Таблиця 2

Рольова структура підсистем будівлі

Роль підсистеми	Зміст ролі	Основні підсистеми, що її забезпечують	Додаткові підсистеми
Життєзабезпечуюча роль	Забезпечення фізичної цілісності, стійкості та можливості існування будівлі як матеріального об'єкта	Несучо-конструктивна, матеріально-технологічна	Огороджувально-кліматична
Соціально-функціональна роль	Забезпечення використання будівлі відповідно до її призначення, організація простору та руху користувачів	Функціонально-просторова, комунікаційно-циркуляційна	Інженерно-технічна (у частині впливу на організацію простору)
Еколого-середовищна роль	Формування умов перебування людини у внутрішньому просторі, забезпечення мікроклімату, захищеності та комфорту	Огороджувально-кліматична, інженерно-технічна	Матеріально-технологічна (як носій огороджувальних властивостей).
Репрезентативно-естетична роль	Формування архітектурного образу будівлі та її візуальної і смислової репрезентації	Архітектурно-художня	Функціонально-просторова, матеріально-технологічна, огороджувально-кліматична (як чинники формоутворення

Аналіз взаємозв'язків дозволяє виділити такі типи залежностей між підсистемами:

- структурна включеність *(зміни в одній підсистемі викликають зміни в іншій, структурно підпорядкованій їй)*;
- залежність реалізації *(зміни в підсистемі не можуть бути реалізовані без залучення іншої підсистеми як матеріального або технологічного носія)*;
- ініціюючий вплив *(зміни в підсистемі виступають джерелом необхідності змін в інших підсистемах, які не випливають із їх власного стану)*;
- взаємозумовленість *(зміни в підсистемах відбуваються одночасно та взаємно визначають одна одну)*;
- відносна незалежність *(зміни в одній підсистемі не спричиняють змін в інших)*.

Ці залежності визначають спрямований характер трансформації, коли зміни в одній підсистемі поширюються на інші.

Отже, трансформація будівлі є системним процесом, що 1) формується під впливом мети трансформації; 2) визначається структурою підсистем, де архітектурно-художня підсистема виступає інтегральним відображенням цих змін на рівні цілого; 3) залежить від взаємозв'язків між підсистемами; 4) розгортається як послідовність взаємопов'язаних змін.

Висновок. У результаті дослідження сформовано системне уявлення про будівлю як сукупність взаємопов'язаних підсистем, що визначають логіку її трансформації. Запропоновано аналітичну модель будівлі, яка включає сім підсистем (несучо-конструктивну, матеріально-технологічну, функціонально-просторову, комунікаційно-циркуляційну, інженерно-технічну, огороджувально-кліматичну та архітектурно-художню), що дозволяє розглядати трансформацію як процес їх узгодженої зміни.

Систематизовано основні типи станів підсистем (*фізичне зношення, функціональна, моральна та нормативна невідповідність*) та обґрунтовано, що тип трансформації визначається не формальними видами втручань, а структурою проблем, локалізованих у підсистемах.

Встановлено, що трансформація будівлі реалізується через активацію підсистем і може мати локальний, комбінований або радикальний характер залежно від кількості задіяних підсистем та глибини втручання.

Обґрунтовано системний характер трансформації, який проявляється у наявності різних типів залежностей між підсистемами (*структурна включеність, залежність реалізації, ініціюючий вплив, взаємозумовленість, відносна незалежність*), що визначають механізми поширення змін у будівлі.

Наукова новизна дослідження полягає у переході від описових класифікацій результатів трансформації до її пояснення через стан підсистем та характер їх взаємодії, що дозволяє формувати причинно-обґрунтовані підходи до вибору трансформаційних рішень.

Запропонований підхід створює основу для подальшого розвитку сценарного підходу до трансформації будівель, у якому вибір проектних рішень визначається станом об'єкта та логікою активації його підсистем, що і становить перспективу подальших досліджень.

Список використаних джерел

1. A Renovation Wave for Europe – greening our buildings, creating jobs, improving lives. Brussels: European Commission, 2020. URL: https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX:52020DC0662

2. USAID Energy Security Project. Ukraine Housing Sector Energy Efficiency Analysis. Kyiv: USAID, 2018–2021

3. United Nations. Transforming our world: the 2030 Agenda for Sustainable Development. 2015. URL:https://sdgs.un.org/2030agenda, Accessed 14 February 2026.

4. European Commission. The European Green Deal. Brussels; 2019. URL: https://commission.europa.eu/strategy-and-policy/priorities-2019-2024/european-green-deal_en, Accessed 14 February 2026.

5. European Commission. New European Bauhaus Initiative. 2021. URL: https://new-european-bauhaus.europa.eu/index_en, Accessed 14 February 2026.

6. European Commission. New European Bauhaus Compass. Brussels; 2022. URL:https://new-european-bauhaus.europa.eu/about/compass_en, Accessed 14 February 2026.

7. ДБН А.2.2-3:2014. Склад та зміст проектної документації на будівництво. Київ: Мінрегіон України, 2014

8. 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

9. Douglas J.*Building Adaptation*. 2nd ed. London: Routledge, 2006. 576 p. https://doi.org/10.4324/9780080458519

10. Lanz F., Pendlebury J.Adaptive reuse: a critical review // *Journal of Urban Design*. 2022. Vol. 27, No. 5. P. 567–584. https://doi.org/10.1080/13602365.2022.2105381

11. Leshchenko N. Complex process of restorative-reconstructive transformations in the sustainable development of historical small towns. *Spatium*. 2023;49: p.1–9. https://doi.org/10.2298/spat2301230051

12. Leshchenko N. Methodology of determining the degree of damage to a historical city center for its comprehensive restorative and reconstructive transformation // *Wiadomości*

Konserwatorskie – Journal of Heritage Conservation. 2023. № 76. P. 23–31.https://doi.org/10.48234/WK76DAMAGE.

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

14. Aigwi I.E., Duberia A., Nwadike A.N. Adaptive reuse of existing buildings as a sustainable tool for climate change mitigation within the built environment // *Sustainable Energy Technologies and Assessments*. 2023. Vol. 56. Article 102945. https://doi.org/10.1016/j.seta.2022.102945

15. Zhang Q., Ali Z.M., Abidin N.Z. Sustainable adaptive reuse of historic buildings: development of a framework from systematic review // *npj Heritage Science*. 2025. Vol. 13. Article 619. https://doi.org/10.1038/s40494-025-02155-2

16. Szopińska-Mularz M., Prokop A., Wikiera M., Bukowy W., Forsman F., Vikström S. Adaptive Reuse of Urban Structures as a Driver of Sustainable Development Goals: A Systematic Literature Review // *Sustainability*. 2025. Vol. 17, No. 11. Art. 4963. https://doi.org/10.3390/su1711496

17. 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. Vol. 122. Article 106259. https://doi.org/10.1016/j.scs.2025.106259

18. Mohamed B., Marzouk M. Post-adaptive reuse evaluation framework for heritage buildings // *Journal of Cultural Heritage*. 2022. Vol. 55. P. 299–312. https://doi.org/10.1016/j.culher.2022.03.013

19. Mlote D.S., Budig M., Cheah L.Adaptability of buildings: a systematic review of current research // *Frontiers in Built Environment*. 2024. Vol. 10. Article 1376759 https://doi.org/10.3389/fbuil.2024.137675

20. Yatsenko V., Osychenko H., Tyshkevych O., Toporkov V. Adaptive reuse of historic rural school buildings in Ukraine in the Poltava region // *International Journal of Conservation Science*. 2024. Vol. 15, Special Issue 1. P. 73–88. https://doi.org/10.36868/IJCS.2024.SI.07

21. Mezhenna N., Zymina S., Ushakov G., Rusevich T. Variability of decisions for reconstruction and new development of public buildings in cities of Ukraine damaged by military actions. City of Kremenchuk // *International Journal of Conservation Science*. 2024. Vol. 15, Special Issue 1. p. 235–252. https://doi.org/10.36868/IJCS.2024.SI.19

22. Serhiiuk I., Kalakoski I.Demolition or adaptation?: post-industrial buildings in Ukraine // *Buildings and Cities*. 2023. Vol. 4, No. 1. P. 352–368. https://doi.org/10.5334/bc.307

23. Ching F.D.K. *Architecture: Form, Space, and Order*. 5th ed. Hoboken: John Wiley & Sons, 2023. 496 p.

24. Osychenko H., Kuznietsova Y.Form-making methods in landform architecture // *Electronic Journal of the Faculty of Civil Engineering Osijek (e-GFOS)*. 2020. Vol. 11, No. 21. P. 1–17. https://doi.org/10.13167/2020.21.1

25. Кузнецова Я.Ю. Архітектурне формоутворення природоінтегрованих будівель і споруд : автореф. дис. … канд. архітектури: 18.00.01 - теорія архітектури, реставрація пам'яток архітектури. Харків : ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2020. 20 с.

26. Habraken N.J.*Supports: An Alternative to Mass Housing*. London: Architectural Press, 1972. 176 p.

D.Sc., Professor **Halyna Osychenko**,
Zaporizhia National University

A SYSTEM MODEL OF A BUILDING AS A FRAMEWORK FOR ANALYSING TRANSFORMATION PROCESSES

The article considers a building as an integral system of interrelated subsystems and examines their role in shaping transformation processes. The relevance of the study is determined by the need to shift from descriptive approaches to building reconstruction towards a causally grounded analysis of transformation processes. The aim of the study is to develop a system model of a building as a set of subsystems and to substantiate the relationship between their condition and the types of transformation.

The methodological basis of the research is the systems approach; the methods of theoretical analysis, system-structural analysis, classification, interpretation, and generalisation are employed. As a result of the study, seven building subsystems are identified, and the main types of their condition are defined (physical deterioration, functional non-compliance, obsolescence, and regulatory non-compliance). The correspondence between the condition of subsystems and the types of transformation (local, combined, and radical) implemented through different modes of their activation is established.

The scientific novelty lies in identifying the cause-and-effect relationship between the condition of building subsystems and the types of transformation, which makes it possible to move from descriptive classifications to a system-based justification of transformation decisions. The proposed approach can be applied to the analysis of existing buildings and to the development of substantiated strategies for their reconstruction.

Keywords: building transformation, reconstruction, systems approach, building subsystems, building condition, subsystem activation, types of transformation

REFERENCES

1. A Renovation Wave for Europe – greening our buildings, creating jobs, improving lives. Brussels: European Commission, 2020. URL: https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX:52020DC0662 {in English}

2. USAID Energy Security Project. Ukraine Housing Sector Energy Efficiency Analysis. Kyiv: USAID, 2018–2021 {in English}

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

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

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

6. European Commission. New European Bauhaus Compass. Brussels; 2022. URL: https://new-european-bauhaus.europa.eu/about/compass_en, Accessed 14 February 2026. {in English}

7. DBN A.2.2-3:2014. Sklad ta zmist proektnoi dokumentatsii na budivnytstvo. Kyiv: Minrehion Ukrainy, 2014 {in Ukrainian}

8. Shahi S, Esfahani ME, 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}

9. Douglas J.*Building Adaptation*. 2nd ed. London: Routledge, 2006. 576 p. DOI: https://doi.org/10.4324/9780080458519 {in English}

10. Lanz F., Pendlebury J.Adaptive reuse: a critical review // *Journal of Urban Design*. 2022. Vol. 27, No. 5. P. 567–584. https://doi.org/10.1080/13602365.2022.2105381 {in English}

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

12. Leshchenko N. Methodology of determining the degree of damage to a historical city center for its comprehensive restorative and reconstructive transformation // *Wiadomości Konserwatorskie – Journal of Heritage Conservation*. 2023. № 76. P. 23–31. https://doi.org/10.48234/WK76DAMAGE. {in English}

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

14. Aigwi I.E., Duberia A., Nwadike A.N. Adaptive reuse of existing buildings as a sustainable tool for climate change mitigation within the built environment // *Sustainable Energy Technologies and Assessments*. 2023. Vol. 56. Article 102945. https://doi.org/10.1016/j.seta.2022.102945 {in English}

15. Zhang Q., Ali Z.M., Abidin N.Z. Sustainable adaptive reuse of historic buildings: development of a framework from systematic review // *npj Heritage Science*. 2025. Vol. 13. Article 619.
https://doi.org/10.1038/s40494-025-02155-2 {in English}

16. Szopińska-Mularz M., Prokop A., Wikiera M., Bukowy W., Forsman F., Vikström S. Adaptive Reuse of Urban Structures as a Driver of Sustainable Development Goals: A Systematic Literature Review // *Sustainability*. 2025. Vol. 17, No. 11. Art. 4963. https://doi.org/10.3390/su1711496 {in English}

17. 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. Vol. 122. Article 106259.https://doi.org/10.1016/j.scs.2025.106259 {in English}

18. Mohamed B., Marzouk M. Post-adaptive reuse evaluation framework for heritage buildings // *Journal of Cultural Heritage*. 2022. Vol. 55. P. 299–312. https://doi.org/10.1016/j.culher.2022.03.013 {in English}

19. Mlote D.S., Budig M., Cheah L. Adaptability of buildings: a systematic review of current research // *Frontiers in Built Environment*. 2024. Vol. 10. Article 1376759 https://doi.org/10.3389/fbuil.2024.137675 {in English}

20. Yatsenko V., Osychenko H., Tyshkevych O., Toporkov V. Adaptive reuse of historic rural school buildings in Ukraine in the Poltava region // *International Journal of Conservation Science*. 2024. Vol. 15, Special Issue 1. P. 73–88. https://doi.org/10.36868/IJCS.2024.SI.07 {in English}

21. Mezhenna N., Zymina S., Ushakov G., Rusevich T.Variability of decisions for reconstruction and new development of public buildings in cities of Ukraine damaged by military actions. City of Kremenchuk // *International Journal of Conservation Science*. 2024. Vol. 15, Special Issue 1. P. 235–252. https://doi.org/10.36868/IJCS.2024.SI.19 {in English}

22. Serhiiuk I., Kalakoski I. Demolition or adaptation?: post-industrial buildings in Ukraine // *Buildings and Cities*. 2023. Vol. 4, No. 1. P. 352–368. https://doi.org/10.5334/bc.307 {in English}

23. Ching F.D.K. *Architecture: Form, Space, and Order*. 5th ed. Hoboken: John Wiley & Sons, 2023. 496 p. {in English}

24. Osychenko H., Kuznietsova Y.Form-making methods in landform architecture // *Electronic Journal of the Faculty of Civil Engineering Osijek (e-GFOS)*. 2020. Vol. 11, No. 21. P. 1–17.
https://doi.org/10.13167/2020.21.1

25. Kuznetsova Ya.Yu. Arkhitekturne formoutvorennia pryrodointehrovanykh budivel i sporud : avtoref. dys. … kand. arkhitektury: 18.00.01 – teoriia arkhitektury, restavratsiia pamiatok arkhitektury. Kharkiv: KhNUMH im. O.M. Beketova, 2020. 20 s. {in Ukrainian}

26. Habraken N.J. *Supports: An Alternative to Mass Housing*. London: Architectural Press, 1972. 176 p. {in English}

DOI: 10.32347/2076-815x.2026.92.26-37
УДК 711.585
Абраменко І.В.,
abramenkoiv81@gmail.com, ORCID: 0009-0004-4451-7914,
Київський національний університет будівництва і архітектури

ПЛАНУВАЛЬНІ ПРИЙОМИ ФОРМУВАННЯ ПРИБУДИНКОВИХ ТЕРИТОРІЙ ЖИТЛОВОЇ ЗАБУДОВИ

Досліджуються планувальні та функціональні прийоми та особливості формування та експлуатації прибудинкових територій житлової забудови.

На основі досліджень вікових активностей виявлено основні сучасні зони архітектурно-планувальної організації території житлової забудови. Зроблені пропозиції щодо підвищення естетичної якості об'єктів енергетичного господарства. Та за умовами досягнення рівня сталого розвитку структуровано естетичні прийоми захисту території від автомобільного транспорту.

Всі наведені прийоми пройшли ранжирування за рівнем комфорту та поділені на базовий стандартний та розширений рівні.

Ключові слова: прибудинкові території житлової забудови; благоустрій території; прийоми архітектурно-планувальної організації; рівень комфорту.

Формулювання проблеми та мета дослідження. Попередні натурні обстеження та дослідження проведені автором [1] виявили значні проблеми при сучасному формуванні прибудинкового середовища багатоповерхової житлової забудови. Подальший аналіз існуючого проєктного досвіду дозволив виявити та структурувати ряд прийомів, що може вирішити частину проблем пов'язаних з необхідністю підвищення рівня комфорту та естетичних якостей середовища прибудинкових територій.

Попередні дослідження. Наукові дослідження в напрямку покращення функціонально-планувальної організації прибудинкових територій житлової забудови [1, 9], за останні роки зустрічаються в роботах М.Биваліної, Г.Васильєвої та Д. Вадімова [6].

Питання комплексної реконструкції міської забудови розглядались в роботах таких вчених як: Т. Апатенко, М. Биваліної [2, 3, 4, 5, 11], М. Дьоміна [11], В. Єжова, Т. Жидкової, Є. Клюшніченко, Г.Кравчуковської, В. Куцевича, А.Оситнянко, А. Плешкановської [14, 16], Ю.Сосновської, Я. Шеремета [14] та ін. Серед досліджень, що спрямовані на підвищення рівня комфорту житлового середовища були також праці таких авторів як: Н.В. Антоненка, Н.І. Білошицької, Д.С.Вишневського, М.М. Габреля, І.П. Гнеся [7, 8], Г.О.Татарченко, Ю.О. Сосницького, Н.Є. Новосельчука, Л.С. Шевченко та ін.

Виклад основного матеріалу. Основними споживачами середовища прибудинкових територій є мешканці, що проживають в житлових будинках та комплексах. Їх потреби різняться відповідно графіку їх життя, що залежить від їх рівня зайнятості та цільової групи, до якої вони відносяться.

Також рівень розвитку буде залежати від розміру території та рівня комфорту забудови. Рівень комфорту зазвичай прийнято ділити на три основні групи: базовий, забезпечений тільки необхідними функціями, середній або стандартний, який включає в себе всі необхідні функції та підвищений або розширений, що надає більше можливостей для покращення рівня естетизації середовища та використання додаткових функцій, що не відповідають базовим потребам, але сприяють емоційному покращенню та забезпечують підтримку певного статусу пожильців території.

Виходячи з викладеного, автором для формування функціонального насичення сучасних прибудинкових територій пропонується ранжирування їх за віковими категоріями та рівнем комфорту. Де базовими функціями будуть виступати найнеобхідніші, наявність яких зафіксована в нормативній документації до проєктування території житлової забудови. Стандартними – такі, що повинні забезпечувати всі базові потреби мешканців. Розширеними, тими які сприятимуть урізноманітненню способів активності.

За віковими категоріями активності пропонується поділяти на 4 групи: діти, підлітки, дорослі та люди похилого віку. Для дітей базовими територіями для активності будуть виступати дитячі майданчики, наявність яких на прибудинкових територіях є обов’язковою. До стандартних видів активності автором віднесені батути, що підвищують рівень імунітету та шахові та інші майданчики з розвиваючими видами активності, що повинні сприяти розумовому розвитку дитини. До розширеного переліку автором пропонується додавання фонтанів, що сприятиме покращенню емоційного стану дитини та естетизації середовища, але потребуватиме значних капіталовкладень розвитку інженерного забезпечення території.

Для підлітків базовими територіями можуть виступати території для вигулу тварин, що обов’язкові в формуванні прибудинкових територій. Але використання на них спеціального обладнання для дресури та ігор створить нові можливості та підвищить рівень активності власників тварин. До стандартних видів активності для підлітків виділено ігрові майданчики та зелені насадження, що можуть створювати активний ігровий простір для даної вікової групи.

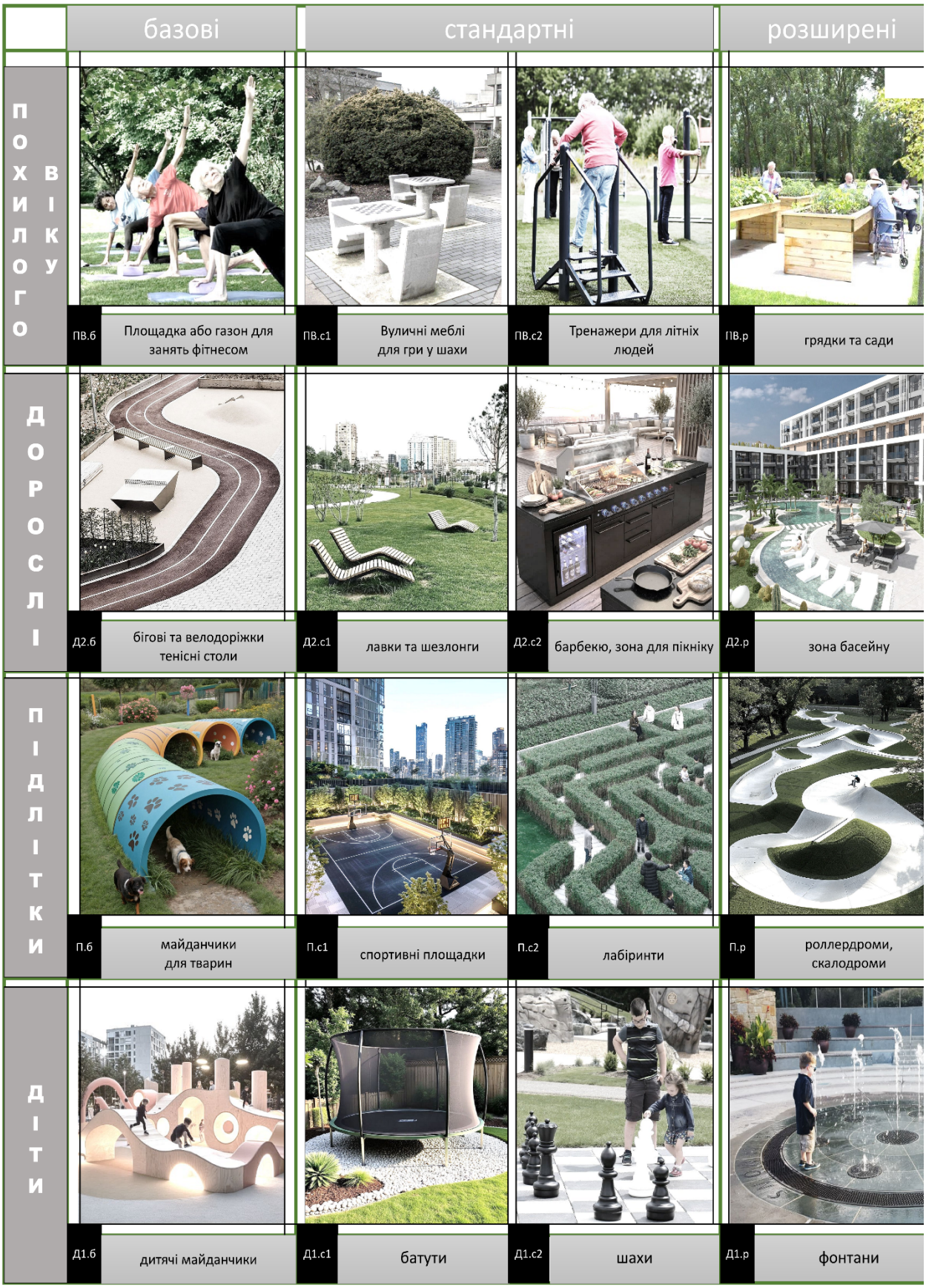


Рис. 1. Варіанти активностей на території прибудинкових територій для різних категорій мешканців

До розширеного переліку відносяться скалодроми та роллердроми, що потребують додаткових територій та спеціального оснащення, але найбільш затребувані саме у підлітковому віці. Облаштування їх у контрольованому середовищі прибудинкових територій сприятиме зниженню рівня небезпеки для підлітків та може сприяти підвищенню рівня спілкування з родиною.

Види активності для дорослих на базовому рівні представлені біговими та велодоріжками, а також активними ігровими майданчиками на кшталт тенісних столів та площадок для бадмінтону. Стандартний перелік пропонується доповнити площадками для відпочинку з зручними парковими меблями та зонами для пікніків з барбекю. Розширений перелік може включати зони з облаштуванням басейнів та тенісних кортів – додаткових територій, що потребують спеціального обладнання та додаткових інженерних мереж.

Для людей похилого віку базовими територіями для активності повинні бути облаштовані зелені галявини для групових занять різними видами фітнесу. Стандартний перелік необхідно розширити спеціальними площадками з тренажерами для людей похилого віку та ігровими столами для інтелектуального розвитку та спілкування. До розширеного переліку активності можливо віднести формування території садів та городів облаштованих для зручності використання високими «теплими грядками» (рис.1).

На рівні з розвитком функціонального насичення прибудинкових територій, для підвищення рівня естетизації території автором запропоновані прийоми опорядження технологічного обладнання прибудинкових територій, які так само поділені за рівнем комфорту (рис.2). До переліку технологічного обладнання увійшли котельні, трансформаторні підстанції, вентиляційні шахти та сміттєзбірники. До базового типу опорядження віднесені на сьогоднішній день широко застосовані приклади, до стандартного та розширеного типів – такі прийоми як:

– опорядження картеном, ламелями, решітками та склом;
– використання зелених фасадів;
– використання інженерного обладнання як акцентних композиційних елементів урбаністики;
– створення з інженерного обладнання арт-об’єктів.

Остання група прийомів представляє можливості захисту прибудинкових територій від стихійних паркувальних майданчиків (рис.3). Ранжирування тут поділено на такі категорії як «контроль», «передбачення», «адаптацію» та «пристосування». [15,16].

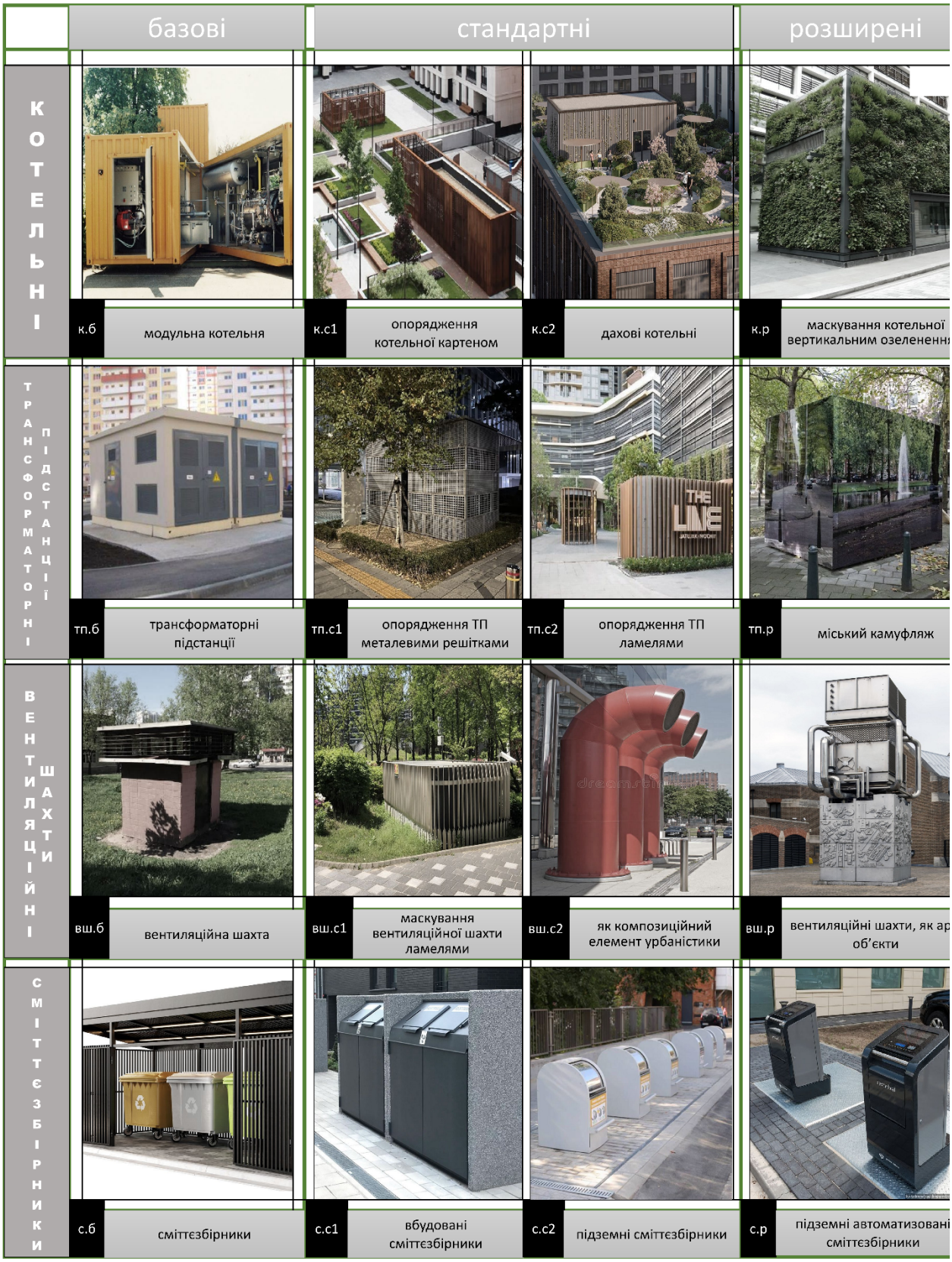


Рис.2. Засоби підвищення естетичної якості технологічного обладнання прибудинкових територій

Рис.3. Прийоми захисту прибудинкових територій від стихійних паркувальних майданчиків

«Контроль» передбачає тимчасовий захист від паркування за допомогою використання рухомих елементів, таких як клумби, паркові меблі тощо. «Передбачення» передбачено різноманітними постійними перешкодами такими як: огорожа, підпірні стінки, високі стаціонарні клумби та газони. Прийоми адаптації передбачають перетворення території таким чином, щоб унеможливити заїзд на неї автомобілів. Для різних рівнів комфорту це відбувається за допомогою облаштування природної зеленої огорожі, штучних пагорбів на території газонів, пішохідних містків, припіднятих над рівнем землі та штучних водойм на межі зелених зон прибудинкових територій.

Прийоми пристосування передбачають розміщення автомобілів на території прибудинкових територій житлової забудови таким чином, щоб зменшити негативний вплив автотранспорту на зелені території та естетизацію середовища. Дані прийоми передбачають використання спеціальних тротуарних плиток [1] для формування паркувальних місць, а також зелених насаджень для їх маскування.

Висновки. Структуровані та розвинені до прототипів-рішень прийоми формування архітектурного середовища прибудинкових територій багатоквартирної забудови можуть стати основою для практичного застосування при проєктуванні нових та реконструкції і ревіталізації існуючих житлових територій. На їх основі можливе подальше формування нормативних рекомендацій.

Список використаних джерел

1. Абраменко І.В., Дорохіна Г.І. (2025) Сучасні проблеми функціонально-планувальної організації прибудинкових територій житлової забудови 70х – 80х років XX століття. Просторовий розвиток: Науковий збірник / Головн. ред. О. Шкуратов. – К., КНУБА, 2025. – Вип. 15. DOI: 10.32347/2786-7269.2025.15.3-13. URL: https://library.knuba.edu.ua/books/zbirniki/29/2025/SD2515.pdf

2. Биваліна, М., Васильєва, Г., Лютіков, А., & Маляр, В. (2022). Ефективність використання територій при реконструкції 5-поверхової забудови з урахуванням сучасних нормативно-правових містобудівних вимог. Просторовий розвиток, (2), 67–83. https://doi.org/10.32347/2786-7269.2022.2.67-83

3. Биваліна М.В. Інженерний благоустрій міських територій. Містобудівні методи оцінки якості міського середовища. Навчальний посібник, К.: КНУБА, 2014. -216 с.

4. Биваліна М.В. Проблеми та методи модернізації районів масової житлової забудови 60-70-х років на прикладі м. Києва. автореф. канд. дис.; Київ, КНУБА, 2007р.

5. Биваліна М., Васильєва, Г., Лютіков, А., & Маляр, В. (2023). Сучасні нормативно-екологічні вимоги до реконструкції кварталів масового житлового будівництва 60-70 рр. великих та середніх міст України. Містобудування та територіальне планування, (82), 30–42. https://doi.org/10.32347/2076-815x.2023.82.30-42

6. Вадімов Д. (2023). Особливості формування прибудинкових територій багатоквартирної житлової забудови. Містобудування та територіальне планування, (82), 53–63. https://doi.org/10.32347/2076-815x.2023.82.53-63

7. Гнесь І. Багатоквартирне житло: тенденції еволюції: монографія / І.П. Гнесь. – Львів: видавництво Львівської політехніки, 2013. – 652 с.

8. Гнесь, І. (2001), Проблеми та перспективи еволюції масової типової житлової забудови 50–90-х років в Україні. Вісник Нац. ун-ту "Львівська політехніка". Архітектура, Львів, вип. 429, С. 63-68.

9. Дорохіна Г.І., Абраменко І.В. Принципи архітектурно-планувальної організації прибудинкових територій житлової забудови. Містобудування та територіальне планування, (91), 118 – 128. https://doi.org/10.32347/2076-815x.2026.91.118-128

10. Дорохіна Г.І. Архітектурно-планувальна організація фізкультурно-оздоровчих закладів для людей з обмеженими фізичними можливостями: дис. …кандидата архітектури: 18.00.02. Дорохіна Ганна Ігорівна. К., 2013. 244 с.

11. Дьомін, М.М., Биваліна, М.В. (2005), Проблеми та методи модернізації районів масової житлової забудови 60-70-х років (на прикладі м. Києва), Містобудування та територіальне планування, КНУБА, Київ, випуск 21, С. 67-75.

12. Осиченко, Г. (2019). ОСОБЛИВОСТІ ПРОЄКТУВАННЯ ЕКОКВАРТАЛІВ. Містобудування та територіальне планування, (71), 261–270. https://doi.org/10.32347/2076-815x.2019.71.261-270

13. Плешкановська, А., Бірюк, С. (2022), Застарілий житловий фонд як об'єкт Програм і проєктів комплексної реконструкції (на прикладі міста Києва), Містобудування та територіальне планування, КНУБА, Київ, 2022, вип. 79, С. 323-341. https://doi.org/10.32347/2076-815x.2022.79.323-341.

14. Шеремета, Я.М., Плешкановська, А.М. (2011). Проблеми законодавчого забезпечення реалізації проектів реконструкції застарілого житлового фонду, Містобудування та територіальне планування, КНУБА, Київ, випуск 40(2), С. 546-554.

15. Leshchenko N., Dorokhina H., Busel A., and Shyrokobokova M., (2024) “Integrity of a Comprehensive Solution to Reduce the Vulnerability of Coastal Urban Areas to Water Level Fluctuations”, RéA 2024 24ème Colloque International Du Réseau Des Écoles D’architecture De France Et D’EuCOLLOQUE INTERNATIONAL DU RÉSEAU DES ÉCOLES D’ARCHITECTURE DE FRANCE ET D’EUROPE ORIENTALE, 22 – 26 avril 2024, pp. 44 – 48. URL: https://www.calameo.com/ensa-toulouse/read/0060295441120e73ba1f4

16. Leshchenko N., Dorokhina H., Busel A., Shyrokobokova M. Systematisation of techniques for a holistic solution to reduce the vulnerability of coastal areas to water level fluctuations. Budownictwo i Architektura. Lublin, 2025. Vol. 24. № 1. P. 51–66. DOI: 10.35784/bud-arch.6381. URL: https://ph.pollub.pl/index.php/bia/article/view/6381/4882

PhD Student **Ivan Abramenko,**
Kyiv National University of Construction and Architecture.

PLANNING TECHNIQUES FOR DESIGNING OF ADJACENT TERRITORIES OF MULTI-APARTMENT BUILDINGS

The article considers planning and functional techniques and features of the formation and operation of adjacent residential areas.

The level of development of the territory will depend on the size of the territory and the level of comfort of the development. The level of comfort is usually divided into three main groups: basic, provided with only the necessary functions, average or standard, which includes all the necessary functions, and increased or expanded, which provides more opportunities for improving the level of aestheticization of the environment and the use of additional functions that do not meet basic needs, but contribute to emotional improvement and provide support for a certain status of the residents of the territory.

Based on the above, the author proposes to rank modern residential areas by age category and comfort level to form the functional saturation of them. Where the basic functions will be the most necessary, the presence of which is recorded in the regulatory documentation for the design of the residential area. Standard functions are those that should provide all the basic needs of residents. Extended functions are those that will contribute to the diversification of ways of recreation and activity.

The activity is divided into 4 groups by age category: children, adolescents, adults, and the elderly.

The author also proposed methods for arranging technological equipment in adjacent areas, which are also divided by comfort level. The list of technological

equipment includes boiler rooms, transformer substations, ventilation shafts, and garbage collectors.

Another group of techniques presents possibilities for protecting adjacent areas from illegal, spontaneous parking lots. The ranking here is divided into categories such as “control”, “ prevention ”, “adaptation” and “adjustment”.

"Control" involves temporary protection from parking by using movable elements such as flower beds, park furniture. "Prevention" involves various permanent obstacles such as: fences, retaining walls. "Adaptation" techniques involve transforming the territory in such a way as to make it impossible for cars to enter it. This is done by arranging a natural green fence, artificial hills on the lawns, pedestrian bridges raised above ground level and artificial reservoirs on the border of green areas of adjacent territories. Adaptation techniques involve placing cars on the territory of adjacent territories of residential buildings in such a way as to reduce the negative impact of motor vehicles on green areas and the aesthetics of the environment.

All techniques are designed to create comfortable living for residents of apartment buildings.

Keywords: adjacent areas of multi-unit residential complexes; landscape improvement; architectural and planning techniques; comfort level.

REFERENCES

1. Abramenko, I.V., Dorokhina, H.I., (2025) SUCHASNI PROBLEMY FUNKTSIONALNO-PLANUVALNOI ORHANIZATSII PRYBUDYNKOVYKH TERYTORII ZHYTLOVOI ZABUDOVY 70kh – 80kh ROKIV XX STOLITTIA. [CONTEMPORARY PROBLEMS OF FUNCTIONAL AND PLANNING ORGANISATION OF ADJACENT TERRITORIES OF MULTIAPARTMENT RESIDENTIAL BUILDINGS CONSTRUCTED IN THE 1970S–1980S] Prostorovyi rozvytok: (15) s. 3 – 13. DOI: 10.32347/2786-7269.2025.15.3-13. https://library.knuba.edu.ua/books/zbirniki/29/2025/SD2515.pdf {in Ukrainian}.

2. Byvalina, M., Vasylieva, H., Liutikov, A., & Maliar, V. (2022). EFEKTYVNIST VYKORYSTANNIA TERYTORII PRY REKONSTRUKTSII 5-POVERKhOVOI ZABUDOVY Z URAKHUVANNIAM SUCHASNYKH NORMATYVNO-PRAVOVYKH MISTOBUDIVNYKH VYMOH. [Efficiency of land use during the reconstruction of a 5-story building, taking into account modern regulatory and legal urban planning requirements] Prostorovyi rozvytok, (2), 67–83. https://doi.org/10.32347/2786-7269.2022.2.67-83 {in Ukrainian}.

3. Byvalina, M.V. (2014) Inzhenernyi blahoustrii miskykh terytorii. Mistobudivni metody otsinky yakosti miskoho seredovyshcha. [Engineering improvement of urban areas. Urban planning methods for assessing the quality of the urban environment]//Navchalnyi posibnyk, K.: KNUBA, 2014. -216 s. {in Ukrainian}.

4. Byvalina M.V. (2007) Problemy ta metody modernizatsii raioniv masovoi zhytlovoi zabudovy 60-70-kh rokiv na prykladi m. Kyieva. [Problems and methods of modernization of areas of mass housing development of the 60s-70s using the example of the city of Kyiv] //avtoref.kand.dys.; Kyiv, KNUBA, 2007r. {in Ukrainian}.

5. Byvalina, M., Vasylieva, H., Liutikov, A., & Maliar, V. (2023). SUCHASNI NORMATYVNO-EKOLOHICHNI VYMOHY DO REKONSTRUKTSII KVARTALIV MASOVOHO ZHYTLOVOHO BUDIVNYTSTVA 60-70 RR. VELYKYKH TA SEREDNIKH MIST UKRAINY. [Modern regulatory and environmental requirements for the reconstruction of mass housing construction districts of the 60s-70s in large and medium-sized cities of Ukraine]. Mistobuduvannia ta terytorialne planuvannia, (82), 30–42. https://doi.org/10.32347/2076-815x.2023.82.30-42 {in Ukrainian}.

6. Vadimov, D. (2023). OSOBLYVOSTI FORMUVANNIA PRYBUDYNKOVYKH TERYTORII BAHATOKVARTYRNOI ZHYTLOVOI ZABUDOVY. [Features of the formation of adjacent territories of multi-apartment residential buildings]. Mistobuduvannia ta terytorialne planuvannia, (82), 53–63. https://doi.org/10.32347/2076-815x.2023.82.53-63 {in Ukrainian}.

7. Hnes, I. Bahatokvartyrne zhytlo: tendentsii evoliutsii: monohrafiia [Multi-apartment housing: evolutionary trends: monograph] / I.P. Hnes. – Lviv: vydavnytstvo Lvivskoi politekhniky, 2013. – 652 s. {in Ukrainian}.

8. Hnes, I. (2001), Problemy ta perspektyvy evoliutsii masovoi typovoi zhytlovoi zabudovy 50–90-kh rokiv v Ukraini. [Problems and prospects of the evolution of mass typical residential development of the 50s–90s in Ukraine]. Visnyk Nats. un-tu “Lvivska politekhnika”. Arkhitektura, Lviv, vyp. 429, S. 63-68. {in Ukrainian}.

9. Dorokhina, H. I., Abramenko, I.V. (2026), Pryntsypy arkhitekturno-planuvalnoi orhanizatsii prybudynkovykh terytorii zhytlovoi zabudovy. [PRINCIPLES OF ARCHITECTURAL AND PLANNING ORGANISATION OF ADJACENT TERRITORIES OF MULTI-APARTMENT BUILDINGS] Mistobuduvannia ta terytorialne planuvannia, (91), 118 – 128. https://doi.org/10.32347/2076-815x.2026.91.118-128 {in Ukrainian}.

10. Dorokhina G. I. (2013) Architectural and planning organization of physical culture and health facilities for people with limited physical abilities: dis. ...candidate of architecture: 18.00.02. Dorokhina Ganna Igorivna. – Kyiv., 2013. – 244 p. {in Ukrainian}.

11. Domin, M.M., Byvalina, M.V. (2005), Problemy ta metody modernizatsii raioniv masovoi zhytlovoi zabudovy 60-70-kh rokiv (na prykladi m. Kyieva), [Problems and methods of modernization of areas of mass housing development of the

60s-70s (using the example of Kyiv)]. Mistobuduvannia ta terytorialne planuvannia, KNUBA, Kyiv, vypusk 21, S. 67-75. {in Ukrainian}.

12. Osychenko, H. (2019). OSOBLYVOSTI PROIEKTUVANNIA EKOKVARTALIV. [FEATURES OF DESIGNING ECO-QUARTERS]. Mistobuduvannia ta terytorialne planuvannia, (71), 261–270. https://doi.org/10.32347/2076-815x.2019.71.261-270 {in Ukrainian}.

13. Pleshkanovska, A., Biriuk, S. (2022), Zastarilyi zhytlovyi fond yak obiekt Prohram i proiektiv kompleksnoi rekonstruktsii (na prykladi mista Kyieva) [Outdated housing stock as an object of comprehensive reconstruction programs and projects (using the example of the city of Kyiv)]. Mistobuduvannia ta terytorialne planuvannia, KNUBA, Kyiv, 2022, vyp. 79, S. 323-341. https://doi.org/10.32347/2076-815x.2022.79.323-341 {in Ukrainian}.

14. Sheremeta, Ya.M., Pleshkanovska, A.M. (2011). Problemy zakonodavchoho zabezpechennia realizatsii proektiv rekonstruktsii zastariloho zhytlovoho fondu [Problems of legislative support for the implementation of projects for the reconstruction of outdated housing stock]. Mistobuduvannia ta terytorialne planuvannia, KNUBA, Kyiv, vypusk 40(2), S. 546-554. {in Ukrainian}.

15. Leshchenko N., Dorokhina H., Busel A., and Shyrokobokova M., (2024) “Integrity of a Comprehensive Solution to Reduce the Vulnerability of Coastal Urban Areas to Water Level Fluctuations”, RéA 2024 24ème Colloque International Du Réseau Des Écoles D’architecture De France Et D’EuCOLLOQUE INTERNATIONAL DU RÉSEAU DES ÉCOLES D’ARCHITECTURE DE FRANCE ET D’EUROPE ORIENTALE, 22 – 26 avril 2024, pp. 44 – 48. URL: https://www.calameo.com/ensa-toulouse/read/0060295441120e73ba1f4 {in English}.

16. Leshchenko N., Dorokhina H., Busel A., Shyrokobokova M. (2025) Systematisation of techniques for a holistic solution to reduce the vulnerability of coastal areas to water level fluctuations. Budownictwo i Architektura. Lublin, Vol. (24. № 1). P. 51–66. DOI: 10.35784/bud-arch.6381. URL: https://ph.pollub.pl/index.php/bia/article/view/6381/4882 {in English}.

DOI: 10.32347/2076-815X.2026.92.38-56
УДК 72.01

Балабанов І.В.,
Ihor.Balabanov@kname.edu.ua, ORCID: 0009-0005-6460-0405,
Харківський національний університет
міського господарства імені О.М. Бекетова

ШТУЧНИЙ ІНТЕЛЕКТ ЯК ІНСТРУМЕНТ ПОВЕРНЕННЯ ЕКОЛОГІЧНОГО БОРГУ АРХІТЕКТУРНОЮ СКЛАДОВОЮ МІСТ

Досліджено термін «Екологічний борг архітектурної складової міст» як комплекс уявлень про: 1) накопичений дисбаланс між споживаними ресурсами та генерованими відходами, що утворюються архітектурним середовищем міст і здатністю місцевих екосистем забезпечувати потребу у ресурсах і асимілювати вироблені відходи; 2) порушення екологічних циклів, втраті біорізноманіття через будівництво та створення «деградованих ландшафтів». Проблематика повернення екологічного боргу має безпосередній зв'язок з цілями сталого розвитку, що задекларовано ООН. Поєднавши парадигми потреби повернення екологічного боргу та сталого розвитку автор дослідження пропонує нове уявлення про постіндустріальне місто його цілі та завдання. Розглянуто принципи впливу потреби у поверненні екологічного боргу на формування архітектури постіндустріального міста. Виявлено роль ШІ у формуванні SMART CITY 5.0, як нової антропоцентричної концепції, що орієнтована на екопозитивний розвиток сучасних міст. Описано наукові напрями, що розвиваються в архітектурній школі Харківського національного університету міського господарства імені О.М. Бекетова, які орієнтовані на досягнення означених цілей.

Ключові слова: екологія; SMART CITY; архітектура; екологічний борг; урбаністика; інновації

Актуальність.

Сучасні міста, будучи спадкоємцями індустріальної епохи, зіткнулися з комплексом викликів, пов'язаних із переходом до постіндустріальної моделі розвитку. Цей перехід передбачає не тільки зміну економічного укладу з виробничого на сервісний та інформаційний, а й кардинальну трансформацію архітектурної та містобудівної парадигми. Проблема полягає в адаптації фізичної, найчастіше морально застарілої інфраструктури індустріальних міст до нових соціальних, економічних та, що найбільш актуально, екологічних вимог.

Ключовим аспектом цієї трансформації є необхідність повернення «екологічного боргу». Під цим поняттям в урбаністиці мається на увазі сукупна шкода, нанесена міськими системами природному середовищу в результаті нераціонального використання ресурсів, забруднення повітря, води і ґрунту, деградації екосистем і емісії парникових газів протягом індустріальної фази розвитку [1]. Повернення цього боргу стає імперативом для забезпечення сталого майбутнього.

У циклі робіт, присвячених проблемі функціонування складних динамічних систем Джей Форестер [2] довів той факт, що короткострокові і локальні заходи часто шкодять довгостроковому здоров'ю міських систем. Його робота заклала основи для застосування комп'ютерного моделювання в міському плануванні і політиці. Розвиток даного напрямку, наприклад, в монографії Донелли Медоуз «За межами зростання» [3] виявив багатогранність і взаємопов'язаність між собою всіх аспектів функціонування міст і цивілізації в цілому. Додавання в динамічну модель нових параметрично пов'язаних з нею елементів по експоненті збільшує кількість даних, які потрібно обробляти. В таких умовах при розробці стратегій переходу міст до сталого розвитку аналітики вимушені користатися спрощеними моделями, що потенційно закладає вірогідність критичних помилок. Це означає нагальну потребу застосування складних обчислювальних систем і спеціалізованих програмних оболонок без яких створити адекватну карту функціонування міста і його архітектурної складової не уявляється можливим.

Автор дослідження розглядають постіндустріальне місто як модель, яка орієнтована на забезпечення переходу індустріального міста до міста сталого типу функціонування. В сучасних процесах повернення екологічного боргу архітектура повинна перетворитися з джерела деградації природного оточення до активного інструменту екологічної реституції, втілюючи принципи циркулярної економіки та біопозитивного дизайну. У цих процесах штучний інтелект починає виконувати роль центральної нервової системи, яка забезпечує синергію між фізичним середовищем, великими масивами даних і соціумом, виводячи управління містом на новий предиктивний і адаптивний рівень недоступний ще десять років тому.

Виходячи з актуальності проблеми сформована **мета дослідження**: виявити роль штучного інтелекту у формуванні архітектури постіндустріальних міст, орієнтованої на повернення екологічного боргу.

Завдання дослідження:

1. Сформувати поняття «Постіндустріальне місто», його завдання та принципи функціонування;

2. Сформувати уявлення про принципи переходу індустріальних міст через постіндустіальну стадію до сталого розвитку.

3. Визначити роль архітектури у поверненні екологічного боргу;

4. Визначити роль штучного інтелекту в поверненні екологічного боргу;

5. Виявити роль концепції SMART CITY 5 як еволюційного етапу розвитку природо- і антропо-центричних технологій, що активно використовують ШІ.

Аналіз досліджень.

Аналіз сучасних наукових публікацій дозволяє виявити основні вектори досліджень, що зв'язують постіндустріальну архітектуру, штучний інтелект (ШІ) і екологічну стійкість. Одним з перспективних векторів розвитку постіндустріальних міст є технології SMART CITY. На думку Giffinger концепція «розумного міста» від покоління 1.0 до 3.0 фокусувалася переважно на технологічній інфраструктурі і вертикальному, керованому зверху впровадженні рішень. Акцент робився на оптимізації роботи міських служб через використання інформаційно-комунікаційних технологій (ІКТ) [4].

Вже наприкінці двохтисячних стало очевидним, що виключно техногенний підхід не тільки марний, але й більше того, несе потенційні загрози для сучасних міст. Тому багато дослідників, наприклад Taewoo Nam і Theresa A. [5] ініціювали розробку тривимірної концепції «розумного міста», що виходить за межі технологій. Вони запропонували синтетичну модель, що об'єднує технології, людей (спільноти, креативність, навчання) та інститутів (управління, політика). Ця робота стала поворотною точкою в зміщенні акценту з технологій на людський та інституційний капітал.

SMART CITY 5.0 став новим, якісним стрибком, що знаменує перехід від «технологічного» міста до «мудрого» (wise city) або «розумного» (sensible city). Ця модель по новому визначає роль технологій: вона перестає бути самоціллю і стає платформою для забезпечення стійкості, інклюзивності та благополуччя.

В останніх моделях «розумних міст» архітектура розглядається як один з ключових інструментів екологічної реституції. На думку урбаніста Lehmann «екологічна реституція» - це процес реабілітації та поліпшення стану пошкоджених навколишніх екосистем, спрямований на повернення їх до природного стану [6]. В ключі екологічної реституції архітектор William McDonough і хімік Michael Braungart, в книзі «Cradle to Cradle: Remaking the Way We Making Things» [7] уявляють її як інтеграцію дизайну і науки, яка приносить суспільству стійкі переваги від застосування безпечних матеріалів, води та енергії в циркулярних економіках і усуває поняття відходів.

Аналізуючи роль архітектури у поверненні екологічного боргу та проблеми переходу до стійкої урбаністики Вернігорова [8] розглядає науково-

практичні підходи екологічного урбанізму до забезпечення збалансованого природокористування, зниження навантаження на природу і повернення екологічної справедливості. Бабінцева розглядає урбоекологізацію як основу існування сучасного міста і підкреслює, що сталий міський розвиток вимагає врахування екологічного навантаження вже на етапі проєктування і планування: від містобудування до архітектури будівель. [9]. У концепції Post DomestiCity + Open City розглядаються приклади, як застарілі індустріальні простори можна переосмислити через реіндустріалізацію, реновацію і адаптивне повторне використання архітектурних форм як альтернативу знесенню. Численні автори стверджують, що стійкий (екологічний) архітектурний і будівельний дизайн може стати драйвером перетворення постіндустріального міста, покращуючи природне середовище, енергоефективність і якість життя. Також важливим аспектом формування архітектури постіндустріальних міст стають такі фактори як, енергоефективне будівництво, використання відновлюваних джерел енергії, впровадження принципів циркулярної економіки в будівництві (reuse, recycle), а також розвиток зеленої та синьої інфраструктури (green and blue infrastructure) для компенсації збитку біорізноманіттю та управління зливовими стоками [10].

Розкриваючи роль штучного інтелекту в поверненні екологічного боргу Saeed Nosratabadi робить огляд використання методів машинного навчання для вирішення завдань сталого розвитку та реалізації концепції Smart City в плануванні, прогнозуванні, аналізі ресурсів, управлінні транспортними системами та екологією [11]. ШІ можна використовувати для моніторингу біорізноманіття, відстеження фауни/флори, управління природним середовищем міст, що є важливою складовою повернення екологічного боргу. Алгоритми машинного навчання дозволяють створювати цифрові двійники міст для симуляції сценаріїв і прийняття рішень, що мінімізують екологічний збиток.

Більшість виявлених досліджень присвячених тематиці архітектури постіндустріальних міст акцентують увагу на трансформації колишніх промислових зон (brownfields) в багатофункціональні громадські простори, розвиток адаптивного використання історичних будівель (adaptive reuse) і створення гнучкої, поліцентричної міської структури, що відповідає потребам креативного класу і цифрової економіки [12].

Методи дослідження.

Методологічною основою даного дослідження виступив контент-аналіз репрезентативної вибірки академічних публікацій (n = 120), відібраних з баз даних Scopus і Web of Science за ключовими словами: «smart city», «artificial intelligence», «urban sustainability», «ecological debt», «post-industrial architecture». Категорії для аналізу включали: частота згадування технологій ШІ, їх цільове застосування в екологічному менеджменті, зв'язок з

архітектурно-планувальними рішеннями та орієнтацію на соціальні проблеми (citizen-centric approach).

Результати дослідження.

Індустріальне місто.

Індустріальне місто XIX-XX ст. розвивалося завдяки концентрації виробництва і стандартизації. Ф. Енгельс описав соціально-економічні наслідки індустріалізації, Л. Мамфорд - історичну еволюцію міст, Дж. Джейкобс - дав критику індустріальної урбаністики. М. Вебер проаналізував економічні та просторові аспекти індустріального міста. Г. Лефевр обґрунтував тісний зв'язок індустріального міста з капіталістичною логікою зростання та експлуатацією природних ресурсів. Разом ці автор виявив основні принципи функціонування індустріальних міст - концентрація фабрик, функціональне зонування, залежність від викопних ресурсів, соціальна стратифікація. [16]

Традиційні уявлення про «Постіндустріальне місто», його завдання та принципи функціонування.

В еволюції уявлень про принципи функціонування постіндустріального міста класична робота Д. Белла дає опис переходу від виробляючого типу економіки до виробництва послуг, інформації та знань. М. Кастельс, ґрунтуючись на дослідженнях в США, Азії, Латинській Америці і Європі, сформулював теорію інформаційного суспільства, що враховує фундаментальні наслідки інформаційних технологій на сучасний світ [13]. Урбаніст Річард Флорида фіксує появу нового соціального творчого класу, який змінює економіку, географію і робоче місце XXI століття. Творчий клас визначає, яким чином організовані робочі місця, які компанії процвітають або банкрутують, а які міста розвиваються або занепадають. На прикладах Нью-Йорка, Лондона і Токіо Саскія Сассен [14] розкриває закономірності перетворення найбільших мегаполісів в командні центри глобальної світової економіки.

Можна сказати, що «Постіндустріальне місто» визначається як місто, в якому виробництво зводиться до мінімальних показників. Це простір, де ресурси для функціонування видобуваються за рахунок знань, інформації та високотехнологічних послуг, а якість життя та екологічна стійкість стають пріоритетами містобудівної політики. При цьому першочерговими завданнями архітектури постіндустріального періоду стають мінімізація екологічного сліду, підтримка біорізноманіття, інтеграція природних компонентів в урбанізовану тканину і функціонування за принципами циркулярної економіки [15].

Найбільш фундаментальна критика моделі постіндустріальних міст стосується їх екологічної нестійкості. Оголосивши себе «більш чистою», ця модель просто екстерналізувала екологічно брудні виробництва в інші регіони світу. Вуглецевий слід глобального міста, заснованого на фінансах і споживанні

послуг, може бути колосальним, але він винесений за його межі. Таким чином, концепція ігнорує питання метаболізму міста, коли потоки енергії, матеріалів, води та відходів, циркулюють створюючи сталий профіль його функціонування [19]. Ортодоксальна модель постіндустріального міста не пропонує відповіді на екологічну кризу, а лише маскує триваюче споживання ресурсів під виглядом «нематеріальності».

Стале місто.

Концепція сталого міста охоплює безліч аспектів, включаючи екологічну стійкість, соціальну справедливість і економічну життєздатність. Войнович формулює ключові фактори, що сприяють сталому розвитку міст, включаючи управління ресурсами та соціальні інновації. Бірбі і Кроґсті розглядають глобальні підходи до сталого розвитку міст, підкреслюючи важливість інтеграції технологій і стійких практик в міське планування [17], Мачетіні аналізує приклади успішної регенерації міст, акцентуючи увагу на важливості участі спільноти та організації стійких транспортних систем, Птерсон пропонує комплексний підхід до сталого міського розвитку, включаючи екологічні, економічні та соціальні аспекти [18]

Кілька десятиліть напруженої міждисциплінарної роботи дозволили в 2015 році на Генеральній Асамблеї ООН затвердити амбітний план досягнення 17 цілей сталого розвитку (ЦСР). ЦУР орієнтовані на вирішення глобальних проблем, таких як бідність, нерівність і зміна клімату. Цілі сталого розвитку роблять значний вплив на архітектурне проєктування і міське планування. Архітектори і містобудівники все частіше інтегрують принципи стійкості в свої проєкти, що проявляється в наступних аспектах:

- Екологічні матеріали. Використання екологічно чистих і перероблюваних матеріалів стає стандартом в будівництві, що знижує негативний вплив на навколишнє середовище.

- Енергоефективність. Проєктування будівель з урахуванням вимог енергетичної активності та біокліматики, включаючи використання сонячних панелей і систем рекуперації тепла, огороджувальних конструкцій що допомагають скоротити споживання енергії.

- Зелені простори. Створення зелених зон і громадських просторів сприяє поліпшенню якості життя городян і підвищенню стійкості міст до кліматичних змін.

- Транспортна інфраструктура. Розробка стійких транспортних систем, таких як велосипедні доріжки та громадський транспорт, сприяє зниженню автомобільного трафіку та забруднення повітря.

Транспортна інфраструктура. Розробка стійких транспортних систем, таких як велосипедні доріжки і громадський транспорт, здатністьКонцепція

еволюції міста від індустріального до постіндустріального і сталого типу розвитку ґрунтується на глибокому вивченні безлічі публікацій. Основною проблемою дослідження стало відторгнення логіки концепцій, що описують цілепокладання та принципи функціонування постіндустріальних міст. Те, що в своїх дослідженнях Кастельс, Сассен, Флорида, Худоба і десятки інших, менш цитованих авторів називають «Постіндустріальне місто» фактично є еволюційним розвитком Індустріального міста - модель 2. Загалом, всі названі вище автори мають рацію - відбулася заміна предметного виробництва виробництвом послуг, інформації та знань. Але це маскуюча підміна. Рівень споживання матеріальних артефактів (їжа, електроніка, предмети побуту і т.д.) як і деградація навколишнього середовища продовжує розвивати зниження автомобільного трафіку і забруднення повітря.

Роль архітектури в поверненні екологічного боргу.

Розвиток сталого міста регулюється несучою здатністю прилеглого до нього регіону, а в глобальному масштабі сукупність впливу всіх міст на екологію планети. Зіставляючи антагоністичні принципи функціонування індустріального і сталого міст стає очевидним, що без перехідної моделі функціонування екологічно позитивна еволюція не представляється можливою. Звідси і виводиться базова теза даного дослідження: Постіндустріальне місто є перехідною моделлю яка зобов'язана формувати принципи функціонування всіх підсистем, у тому числі й архітектурної складової, з урахуванням необхідності повернення накопиченого екологічного боргу.

Актуальність такого підходу підтверджується тим фактом, що архітектурна складова міст є системоутворюючим елементом антропогенного впливу на планету. На сектор будівництва припадає близько 40% глобального споживання сировини і 25% світового споживання деревини. Виробництво основних будівельних матеріалів (цемент, сталь, скло, алюміній) є надзвичайно енергоємним і пов'язане з видобутком невідновлюваних ресурсів, що веде до деградації ландшафтів, втрати біорізноманіття та утворення кар'єрів. На будівлі припадає приблизно 36% глобального кінцевого енергоспоживання і майже 40% енергетичних викидів CO_2, пов'язаних в основному з опаленням, охолодженням, освітленням і роботою електроприладів. Будівельне сміття становить близько 30-35% всіх відходів, що утворюються в ЄС. Полігони відходів займають землі, є джерелами забруднення ґрунту, ґрунтових вод та атмосфери (метан). Таким чином, архітектурно-будівельний комплекс виступає як критичний матеріально-енергетичний чинник функціонування сучасної цивілізації, який системно трансформує природні ландшафти і вносить основний внесок у кліматичну кризу і виснаження ресурсів [21].

З факторів, показаних вище, стає очевидною теза про вирішальну роль архітектури в процесах повернення екологічного боргу.

Визначення ролі штучного інтелекту в поверненні екологічного боргу.

Повернення екологічного боргу передбачає комплекс заходів, спрямованих не тільки на зниження поточного негативного впливу, але і на активне відновлення деградованих екосистем, регенерацію ресурсів і компенсацію накопиченого збитку [22]. Штучний інтелект (ШІ) виступає ключовим каталізатором цього процесу, забезпечуючи точність, масштабованість і ефективність, недосяжні традиційними методами.

Алгоритми машинного навчання та комп’ютерного зору аналізують дані супутників, дронів та сенсорних мереж для оцінки стану екосистем (лісів, водних об’єктів, ґрунтів), виявлення осередків деградації, підрахунку біорізноманіття та моніторингу незаконної діяльності (вирубки, забруднення). Приклад: платформа Global Forest Watch використовує ШІ для аналізу супутникових знімків в режимі майже реального часу, дозволяючи виявляти втрату лісового покриву.

ШІ оптимізує використання ресурсів в реальному часі (наприклад, «розумні» енергомережі, системи управління водоспоживанням) і будує складні сценарії кліматичного та екологічного прогнозування. Це дозволяє передбачати ризики і планувати адаптаційні та відновлювальні заходи. Генеративні алгоритми можуть проектувати форми і системи, що максимізують екологічні функції: від оптимальної форми будівлі для збору води та енергії до планування «зелених» коридорів у місті, що відновлюють зв'язність екосистем. ШІ-платформи (наприклад, Circulytics від Фонду Еллен Макартур) аналізують матеріальні потоки підприємств і регіонів, ідентифікуючи можливості для повторного використання відходів, ремонту та рекуперації матеріалів, створюючи цифрові «паспорти» продуктів. Сучасна архітектура еволюціонує від принципу «не нашкодь» (стійкість) до принципу «активно зцілюй» (регенерація).

Таким чином синергія регенеративних архітектурних підходів та інструментів штучного інтелекту формує новий парадигмальний фундамент для проєктування. Архітектура перестає бути пасивним споживачем і стає активним агентом по поверненню екологічного боргу, створюючи простори, які не просто менше шкодять, але активно відновлюють природний капітал і підвищують стійкість міських систем.

Роль концепції SMART CITY 5 як еволюційного етапу розвитку природо- та антропо-цінтичних технологій, що активно використовують ШІ.

Концепція «розумного міста» (Smart City) за останні два десятиліття зазнала значну семантичну і парадигмальну трансформацію, що відображає

зрушення в технологічних можливостях, урбаністичній теорії і соціальних пріоритетах. Еволюцію можна простежити через умовні покоління - від Smart City 1.0 до Smart City 5.0.

Smart City 1.0 (Технологічно-детерміноване місто).

Рання стадія (2000-ті - початок 2010-х) характеризувалася техноцентричним підходом, де «розумність» ототожнювалася з щільною насиченістю інфраструктури датчиками (IoT) та ІКТ для оптимізації міських послуг. Роль жителів була пасивною - споживачі послуг. Критика цього підходу відзначала його орієнтацію на інтереси великих ІТ-корпорацій («корпоративний урбанізм») та ігнорування соціального контексту.

Smart City 2.0 (Місто, кероване даними).

У другій версії акцент змістився на збір, агрегацію та аналіз великих даних (Big Data) з міських датчиків і систем для підвищення ефективності управління в реальному часі (транспорт, енергія, безпека). З'явилися централізовані міські диспетчерські центри (City Operations Centers). Однак проблеми з приватністю даних, цифровим розривом і збереженням технократичного управління залишалися гострими.

Smart City 3.0 (Співучасть і людино-орієнтоване планування).

У відповідь на критику виникла парадигма, що ставить на чільне місце жителів. «Розумність» стала визначатися рівнем залученості громадян у спільне створення міського середовища з використанням цифрових платформ (краудсорсинг, співучасне бюджетування). Технології розглядалися як інструмент для розширення прав і можливостей спільнот, а не як самоціль .

Smart City 4.0 (Стало функціонуюче місто).

Концепція інтегрувала цілі сталого розвитку (ЦУР ООН). Акцент змістився на використання цифрових технологій і даних для вирішення екологічних викликів: зниження вуглецевого сліду, адаптація до зміни клімату, циркулярна економіка, підвищення ресурсоефективності. З'явилися концепції «розумної стійкості» (Smart Sustainability) [24].

Smart City 5.0 (Регенеративне місто).

Новітня парадигма, що стрімко розвивається виходить за рамки «стійкості» (збереження статус-кво) зміщуючи акценти до регенерації - активного відновлення екологічних і соціальних систем. Місто проєктується як живий організм, здатний до адаптації, самозцілення і позитивного впливу. Ключові риси:

1. Цілісний системний підхід: Розгляд міста як складної соціо-екологічної системи (Socio-Ecological System), де цифрові, біологічні та соціальні процеси тісно переплетені.

2. Пріоритет благополуччя і стійкості (Resilience): Фокус на психофізичному здоров'ї жителів і здатності міських систем поглинати шоки (кліматичні, економічні, пандемічні) і відновлюватися.

3. Природо-подібні технології (Biomimicry & Nature-Based Solutions): Технології не нав'язуються природі, а імітують її принципи для створення синергії.

4. Етичний та інклюзивний ШІ: Визнання центральної ролі ШІ, але з жорсткими етичними рамками, що забезпечують справедливість, прозорість і захист від цифрового авторитаризму [25]

У парадигмі Smart City 5.0 ШІ перестає бути просто інструментом аналізу і стає системним інтегратором і когнітивним ядром регенеративного міста. Його роль багатогранна. ШІ, працюючи з цифровими двійниками міста, здатний моделювати нелінійні взаємодії в соціо-екологічних системах, прогнозувати каскадні ефекти кліматичних подій або соціальних криз і пропонувати превентивні сценарії адаптації. Алгоритми машинного навчання оптимізують потоки енергії, води і матеріалів в режимі реального часу, прагнучи не до лінійної ефективності, а до замкнутості циклів (циркулярна економіка). Приклад: ШІ-управління мікромережами генерації енергії з альтернативних джерел та динамічне ціноутворення для балансування попиту.

В розумному місті п'ятого покоління ШІ координує роботу розподілених «зелених» активів: адаптивно управляє системами збору дощової води, прогнозує ефективність зелених дахів для зниження температури, моніторить здоров'я міських лісів за допомогою комп'ютерного зору. У строго заданих етичних рамках поведінки і з дотриманням приватності, ШІ може використовуватися для аналізу анонімізованих даних про якість повітря, шумі, доступності зелені, щоб перенаправляти потоки людей, коригувати міське планування і створювати персоналізовані рекомендації для здоров'я. Самонавчальні алгоритми можуть виявляти приховані патерни просторової несправедливості (наприклад, у доступі до послуг або якості середовища), допомагаючи міській владі цілеспрямовано направляти ресурси в найбільш вразливі райони для відновлення соціального капіталу.

Таким чином, в Smart City 5.0 ШІ - це не просто «мозок» для управління, а «нервова система» і «імунітет» складного міського організму, призначені для його постійного навчання, адаптації та відновлення після потрясінь, забезпечуючи перехід від стійкого до регенеративного розвитку.

Перспективи застосування інструментарію ШІ у формуванні архітектурної складової постіндустріальних міст України.

У Харківському національному університеті міського господарства імені О.М. Бекетова проблемі формування архітектурної складової міст постіндустріального періоду розвитку присвячено три наукові теми.

Системи екологічної сертифікації в архітектурі. Державний реєстраційний номер: 0123U101316.

У межах даної наукової теми розробляється Національна система добровільної екологічної сертифікації будівель UBREE. Відмінністю даної системи від інших зелених стандартів є розроблюваний в даний час «Коефіцієнт екологічного сліду архітектури» (КЕСА). Коефіцієнт - це комплексний, нормалізований показник в градаціях від -1,000 до +1,000, який кількісно виражає сукупний негативний вплив будівлі або архітектурного простору на навколишнє середовище протягом всього його життєвого циклу (Life Cycle Assessment, LCA).

На відміну від загального екологічного сліду, вимірюваного в глобальних гектарах, КЕСА є специфічним для будівельного сектора інструментом порівняння і прийняття рішень. Він є середньою сумою показників екологічного сліду всіх елементів будівлі, помножених на коефіцієнт значущості. Коефіцієнт значущості в контексті екологічної оцінки, системного аналізу і багатокритеріального прийняття рішень - це числовий множник, який відображає відносну важливість (пріоритет) одного критерію або індикатора по відношенню до інших в рамках загальної сукупної оцінки.

Таким чином «Коефіцієнт екологічного сліду архітектури» стає інструментом агрегування різнорідних даних, що дозволяє перейти від безлічі окремих показників до єдиного інтегрального індексу або оцінці.

Він агрегує наступні ключові індикатори впливу:

1. Вуглецевий слід: викиди CO_2 -еквіваленту.

2 Енергоспоживання.

3. Споживання ресурсів: Обсяг вилучених первинних матеріалів (пісок, руда, деревина).

4. Водний слід: Споживання прісної води.

5. Утворення відходів та потенціал токсичності.

Завдяки розроблюваному підходу архітектори та інженери на стадії проєктування отримують можливість адекватно порівнювати різні варіанти конструктивних систем, матеріалів та інженерних рішень, вибираючи варіант з найменшим КЕСА. Коефіцієнт проєктується як основа для екологічної сертифікації будівель наступного покоління, змістивши фокус з накопичення балів за окремі, умовно «зелені» підходи до цілісної кількісної оцінки. При містобудівному регулюванні муніципалітети отримують потенційну можливість встановлювати гранично допустимі значення КЕСА для нових споруджуваних

кварталів або районів редевелопменту, стимулюючи декарбонізацію забудови. У прийнятті інвестиційних рішень інвестори і банки можуть вимагати розрахунок КЕСА для оцінки екологічних ризиків проекту і визначення умов кредитування (пов'язуючи ставку з досягненням цільових показників коефіцієнта).

У нашому уявленні проєктований національний зелений стандарт UBREE створить економічні та регуляторні стимули для використання вторинних матеріалів (рециклірованого бетону, переробленої сталі), конструкцій і ревалоризації будівельних відходів. Це безпосередньо скорочує борг, пов'язаний з видобутком ресурсів і утворенням відходів. У методику розрахунку коефіцієнта запроєктовані принципи розрахунку негативних впливів і позитивних внесків, таких як секвестрація вуглецю біогенними матеріалами (отримання будівельних матеріалів з джерел раціонального лісоведення), збільшення біорізноманіття на території проєкту або виробництво чистої енергії. Завдяки такому підходу проєкти, які не просто «менше шкодять», а «активно зцілюють», отримають найкращий коефіцієнт.

Розроблювані принципи нарахування «екологічних кредитів» дозволяють позитивно вплинути на ринок архітектурно-будівельних послуг. Місто може створити систему оподаткування, де нова будівля з наднизьким або позитивним КЕСА (завдяки регенеративним рішенням) генерує кредити, які можуть бути продані забудовникам, які не можуть досягти цільового показника екологічної позитивності на своєму майданчику. Виручені кошти спрямовуються на фінансування масштабних регенеративних проєктів міста (наприклад, відновлення деградованих екосистем, ревіталізацію промислових зон). Таким чином, КЕСА стає валютою для компенсації і повернення боргу в масштабах всього міста.

Описані вище преференції принципово не досяжні без використання інструментарію штучного інтелекту. Нами ще не виявлені всі потенційні можливості ШІ в даному напрямку. Один з аспектів є темою перспективної розробки, здійснюваної урбаністами університету, а саме: залучення самонавчальних систем для автоматизованого розрахунку екологічного сліду кожного елемента будівлі на підставі інформації, що закладається в його BIM пакет. Без застосування потужного обчислювального інструментарію з певним ступенем самостійності розрахунок коефіцієнта не представляється можливим, занадто великий обсяг вихідних даних.

Інноваційні технології в аналізі, моделюванні та проєктуванні архітектурної складової міста. Державний реєстраційний номер: 0123U101317.

У межах даного наукового напрямку проблема формування постіндустріальної архітектури розглядається з точки зору формування континууму еталонних рішень в архітектурі.

У контексті постіндустріального міста чия історична місія переосмислена як повернення екологічного боргу, еталонні рішення перестають бути набором мінімальних вимог і стають системою цільових показників і протоколів, що задають вектор на активну соціо-екологічну регенерацію. Ця система, діючи на трьох взаємопов'язаних рівнях (архітектурний об'єкт, містобудівний комплекс, міське середовище), формує нормативну і методологічну основу для переходу від індустріального до постіндустріального типу розвитку.

Еталон будівельного об’єкту.

На рівні окремої будівлі традиційний еталон зміщується від вузьких показників енергозбереження (як в ранніх версіях LEED або BREEAM) до комплексного коефіцієнту регенеративного впливу (Regenerative Impact Quotient, RIQ), по суті, є розвитком раніше описаного KECA з акцентом на позитивні екологічні та соціально-економічні вклади.

Чинники оцінки ефективності еталону:

Втілений вуглець: Цільовий показник «Net-Zero Embodied Carbon» до 2030-2040 рр., що вимагає використання низьковуглецевих бетонів, масової деревини, рециклірованних матеріалів.

Енергія та вода: Стандарт «Energy/Water Positive», де будівля виробляє більше чистої енергії і збирає/очищає більше води, ніж споживає (приклад - The Bullitt Center, Seattle).

Біофілія та біорізноманіття: Кількісні вимоги до «біофільності» - індексу озеленення фасадів і дахів, створення мікросередовищ проживання (стандарт Living Building Challenge, Biophilic Design Standard).

Здоров'я і благополуччя: Еталони якості повітря (стандарт WELL), освітленості, акустики, що використовують ШІ для персональної адаптації середовища.

Адаптивність та утилізація будівельних матеріалів (Design for Disassembly): Протоколи проєктування, що гарантують, що 90% матеріалів будівлі можуть бути демонтовані і рециклiровані без втрати якості.

Архітектурно-будівельний еталон через свій BIM пакет стає своєрідним візуалізованим довідником дозволяючи кожну нову будівлю зі споживача ресурсів перетворити в локальний регенеративний вузол, що виробляє чисту енергію, очищає повітря і воду, збільшує біологічну ємність території і формує «банк матеріалів» для майбутнього.

Висновки.

В дослідженні зазначається, що міста країни вийшли за «Межі зростання» і продовжують інтенсивно накопичувати екологічний борг. Виходячи зі сформованої гострої необхідності зупинити деградацію навколишнього середовища архітектурна школа ХНУМГ ім. О.М. Бекетова сформувала

комплекс системно пов'язаних досліджень, безпосередньо орієнтованих на досягнення поставлених ООН Цілей сталого розвитку. Для цього розроблена наступна база підходів і методів:

1. Сформовано поняття «Постіндустріальне місто» (ПМ), його завдання та принципи функціонування. Вперше виявлено, що традиційне визначення ПМ фактично є описом версії 2.0 індустріального міста, заснованого на розвитку індустрії послуг і цифрових технологій. Відповідно до виконаного аналізу дано нове визначення: «Постіндустріальне місто - це місто метою якого є повернення екологічного боргу, накопиченого в індустріальний період». Таке бачення проблеми відповідає наступним SDGs: Goal 9: Industry, Innovation and Infrastructure; Goal 12: Responsible Consumption and Production; Goal 13: Climate Action; Goal 14: Life Below Water; Goal 15: Life on Land. Ці цілі відповідають вищому ієрархічному рівню досягнення стійкості містами - стабільний доступ до води, енергії та їжі.

2. Ґрунтуючись на наведеній вище тезі, сформовані завдання для першого циклу досліджень. Дослідження орієнтовані на визначення швидкості та прискорення змін постіндустріальних міст, необхідних для реалізації оптимістичних прогнозів динамічної моделі «WORLD 3». На цьому рівні сформовані уявлення про принципи переходу індустріальних міст через постіндустіальну стадію до сталого розвитку. Основними напрямками даної гілки досліджень стали наступні: регіональне природокористування, регіональні принципи формування енергоефективної архітектури, екоефективні принципи модернізації морально застарілих фрагментів архітектурної складової міст. Такий підхід орієнтований на досягнення наступних SDGs: Goal 1: No Poverty; Goal 3: Good Health and Well-being; Goal 7: Affordable and Clean Energy; Goal 8: Decent Work and Economic Growth.

3. На другому циклі досліджень сформовані науково-практичні напрями, орієнтовані на визначення внеску архітектурної складової міст у повернення екологічного боргу. Ініційовано розробку системи еталонних проєктних рішень на різних ієрархічних рівнях: будівля, житлова група, квартал, район, місто. Це дозволяє створити інформаційне підґрунтя для розробки екологічно позитивної архітектури.

4. Сформована концепція «Національної системи добровільної екологічної сертифікації (UBREE)». Відмінність даної системи від інших світових зразків полягає у використанні «Коефіцієнта екологічного сліду архітектури» як інструменту розрахунку екологічного рейтингу архітектурних об'єктів (Goal 12: Responsible Consumption and Production).

5. Визначено роль штучного інтелекту в поверненні екологічного боргу. На даному рівні дослідження сформовані принципи використання засобів ШІ в

розрахунках «Коефіцієнта екологічного сліду архітектури». Даний підхід є спробою створення методу, що адекватно оцінює реальний екологічний внесок будівлі в реабілітацію навколишнього середовища. Без залучення засобів штучного інтелекту така спроба видається нездійсненною, через величезну кількість даних, які необхідно зібрати і інтерпретувати.

6. Виявлено роль концепції SMART CITY 5 як еволюційного етапу розвитку природо- та антропоцентричних технологій, що активно використовують ШІ. Даний підхід орієнтований на досягнення Goal 11: Sustainable Cities and Communities.

Список використаної літератури.

1. Ahmad, M., Ahmed, Z., & Wang, K. (2026). Investigating the interplay between green finance, eco-innovation, natural resources, and environmental sustainability: evidence from panel quantile and machine learning approaches. Financial Innovation, 12(1). https://doi.org/10.1186/s40854-025-00864-y

2. Jay W. Forrester (1979). Urban Dynamics. M.I.T. Press. 285p.

3. Meadows, D.H., Meadows, D.L., & Randers, J. (1992). Beyond the Limits: Confronting Global Collapse, Envisioning a Sustainable Future. Post Mills, Vt. : Chelsea Green Publishing Company. ISBN 0930031555

4. Giffinger, R., Fertner, C., Kramar, H., Kalasek, R., Pichler-Milanovic, N., & Meijers, E. (2007). Smart Cities - Ranking of European medium-sized cities. Vienna University of Technology. http://www.smart-cities.eu

5. Taewoo Nam & Theresa A. Pardo. 2011. Conceptualizing smart city with dimensions of technology, people, and institutions. In Proceedings of the 12th Annual International Digital Government Research Conference: Digital Government Innovation in Challenging Times (dg.o '11). Association for Computing Machinery, New York, NY, USA, 282–291. https://doi.org/10.1145/2037556.2037602

6. Lehmann, S. (2010). The principles of green urbanism: Transforming the city for sustainability. London: Earthscan. ISBN 9781844078349

7. McDonough, W., & Braungart, M. (2010). Cradle to Cradle: Remaking the Way We Make Things. North Point Press. ISBN 1429973846

8. Vernihorova, N. (2019). ECOLOGICAL URBANISM AS a FACTOR OF SOCIO-ECONOMIC AND ECOLOGICAL DEVELOPMENT OF MODERN CITIES AND BALANCED USE OF NATURE. Economics And Law, 4, 108-115. https://doi.org/10.15407/econlaw.2019.04.108

9. Babintseva, E.A. (2022). Ecologization as the Basis of Modern City Existence. RUDN Journal Of Public Administration, 9(3), 235-245. https://doi.org/10.22363/2312-8313-2022-9-3-235-245

10. McHarg, I.L. (1969). Design with Nature. John Wiley & Sons. ISBN 047111460X

11. Nosratabadi, S., Mosavi, A., Keivani, R., Ardabili, S., Aram, F., Nosratabadi, S., Mosavi, A., Keivani, R., Ardabili, S., & Aram, F. (2020). State of the Art Survey of Deep Learning and Machine Learning Models for Smart Cities and Urban Sustainability. En Lecture notes in networks and systems (pp. 228-238). https://doi.org/10.1007/978-3-030-36841-8_22

12. Dovey, K. (2020). Urban Design Thinking: a Conceptual Toolkit. Bloomsbury Visual Arts. ISBN 9781350175457

13. Castells M. (1996). The Rise of The Network Society: The Information Age: Economy, Society and Culture. Wiley. 624 p. ISBN: 0631221409

14. Sassen, Saskia. (2001). The global City. New York, London, Tokyo. The Global City: New York, London, Tokyo. 107. 10.2307/2152688.

15. Beatley, T. (2011). Biophilic cities: Integrating Nature Into Urban Design and Planning. Island Press. ISBN: 9781597267144

16. Bairoch P. (1988). Cities and Economic Development: From the Dawn of History to the Present. University of Chicago Press. 574 p. ISBN: 0226034666

17. Bibri, S.E., & Krogstie, J. (2017). Smart sustainable cities of the future: An extensive interdisciplinary literature review. Sustainable Cities And Society, 31, 183-212. https://doi.org/10.1016/j.scs.2017.02.016

18. Patterson, J., Schulz, K., Vervoort, J., Adler, C., Hurlbert, M., Van Der Hel, S., Schmidt, A., Barau, A., Obani, P., Sethi, M., Hissen, N., Tebboth, M., Anderton, K., Borner, S., & Widerberg, O. (2015). 'Transformations towards sustainability' Emerging approaches, critical reflections, and a research agenda. Data Archiving And Networked Services (DANS), 33(33). https://doi.org/10.13140/rg.2.1.2744.7526

19. Swyngedouw, E., Heynen, N. (Ed.), & Kaika, M. (Ed.) (2006). Metabolic Urbanization: The Making of Cyborg Cities. In In the Nature of Cities – Urban Political Ecology and the Politics of Urban Metabolism Routledge. 20-39.

20. Turner, G. (2014) 'Is Global Collapse Imminent?', MSSI Research Paper No. 4,Melbourne Sustainable Society Institute,The University of Melbourne. ISBN: 978 0 7340 4940 7

21. Krausmann, F., Wiedenhofer, D., Lauk, C., Haas, W., Tanikawa, H., Fishman, T., Miatto, A., Schandl, H., & Haberl, H. (2017). Global socioeconomic material stocks rise 23-fold over the 20th century and require half of annual resource use. Proceedings Of The National Academy Of Sciences, 114(8), 1880-1885. https://doi.org/10.1073/pnas.1613773114

22. Cole, R.J. (2012). Transitioning from green to regenerative design. Building Research & Information, 40(1), 39–53. https://doi.org/10.1080/09613218.2011.610608

23. Negendahl, K. (2015). Building performance simulation in the early design stage: An introduction to integrated dynamic models. Automation in Construction, 54, 39–53. https://doi.org/10.1016/j.autcon.2015.03.002

24. Bibri, S.E., & Krogstie, J. (2017). Smart sustainable cities of the future: An extensive interdisciplinary literature review. Sustainable Cities and Society, 31, 183–212. https://doi.org/10.1016/j.scs.2017.02.016

25. Allam, Z., & Dhunny, Z.A. (2019). On big data, artificial intelligence and smart cities. Cities, 89, 80–91. https://doi.org/10.1016/j.cities.2019.01.032

26. Röck, M., Saade, M.R.M., Balouktsi, M., Rasmussen, F. N., Birgisdottir, H., Frischknecht, R., Habert, G., Lützkendorf, T., & Passer, A. (2019). Embodied GHG emissions of buildings – The hidden challenge for effective climate change mitigation. Applied Energy, 258, 114107. https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2019.11410

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

ARTIFICIAL INTELLIGENCE AS A TOOL FOR REPAYING ENVIRONMENTAL DEBT BY THE ARCHITECTURAL COMPONENT OF CITIES

In the article, the author of the study proposes the term "Ecological debt of the architectural component of cities" as a set of ideas about: 1) the accumulated imbalance between consumed resources and generated waste generated by the

architectural environment of cities and the ability of local ecosystems to meet the need for resources and assimilate the generated waste; 2) disruption of ecological cycles, loss of biodiversity due to construction and creation of "degraded landscapes". This term forms several concepts derived from it: "Accumulation of environmental debt" and "Return of environmental debt". In their totality, these terms form a set of goals, objectives and strategies that determine the vectors of sustainable development of the architectural component of Ukrainian cities.

The problem of repayment of environmental debt has a direct connection with 3; 6; 7; 9; 11; 12; 13; 14 and 15 of the Sustainable Development Goals, as declared by the UN. Combining the paradigms of the need for environmental debt repayment and sustainable development, the author of the study offers a new idea of the post-industrial city, its goals and objectives. The principles of the influence of the need for repayment of environmental debt on the formation of the architecture of a post-industrial city are considered. The role of AI in the formation of SMART CITY 5.0 as a new anthropocentric concept focused on the eco-positive development of modern cities is revealed. The scientific directions developing in the architectural school of the O.M. Beketov Kharkiv National University of Urban Economy, which are focused on achieving these goals, are described.

Keywords: ecology; SMART CITY; architecture; environmental debt; urbanism; innovations

REFERENCES

1. Ahmad, M., Ahmed, Z., & Wang, K. (2026). Investigating the interplay between green finance, eco-innovation, natural resources, and environmental sustainability: evidence from panel quantile and machine learning approaches. Financial Innovation, 12(1). https://doi.org/10.1186/s40854-025-00864-y {in English}

2. Jay W. Forrester (1979). Urban Dynamics. M.I.T. Press. 285p. {in English}

3. Meadows, D.H., Meadows, D.L., & Randers, J. (1992). Beyond the Limits: Confronting Global Collapse, Envisioning a Sustainable Future. Post Mills, Vt. : Chelsea Green Publishing Company. ISBN 0930031555 {in English}

4. Giffinger, R., Fertner, C., Kramar, H., Kalasek, R., Pichler-Milanovic, N., & Meijers, E. (2007). Smart Cities - Ranking of European medium-sized cities. Vienna University of Technology. http://www.smart-cities.eu {in English}

5. Taewoo Nam & Theresa A. Pardo. 2011. Conceptualizing smart city with dimensions of technology, people, and institutions. In Proceedings of the 12th Annual International Digital Government Research Conference: Digital Government Innovation in Challenging Times (dg.o '11). Association for Computing Machinery,

New York, NY, USA, 282–291. https://doi.org/10.1145/2037556.2037602 {in English}

6. Lehmann, S. (2010). The principles of green urbanism: Transforming the city for sustainability. London: Earthscan. ISBN 9781844078349 {in English}

7. McDonough, W., & Braungart, M. (2010). Cradle to Cradle: Remaking the Way We Make Things. North Point Press. ISBN 1429973846 {in English}

8. Vernihorova, N. (2019). ECOLOGICAL URBANISM AS a FACTOR OF SOCIO-ECONOMIC AND ECOLOGICAL DEVELOPMENT OF MODERN CITIES AND BALANCED USE OF NATURE. Economics And Law, 4, 108-115. https://doi.org/10.15407/econlaw.2019.04.108 {in English}

9. Babintseva, E.A. (2022). Ecologization as the Basis of Modern City Existence. RUDN Journal Of Public Administration, 9(3), 235-245. https://doi.org/10.22363/2312-8313-2022-9-3-235-245 {in English}

10. McHarg, I.L. (1969). Design with Nature. John Wiley & Sons. ISBN 047111460X {in English}

11. Nosratabadi, S., Mosavi, A., Keivani, R., Ardabili, S., Aram, F., Nosratabadi, S., Mosavi, A., Keivani, R., Ardabili, S., & Aram, F. (2020). State of the Art Survey of Deep Learning and Machine Learning Models for Smart Cities and Urban Sustainability. En Lecture notes in networks and systems (pp. 228-238). https://doi.org/10.1007/978-3-030-36841-8_22 {in English}

12. Dovey, K. (2020). Urban Design Thinking: a Conceptual Toolkit. Bloomsbury Visual Arts. ISBN 9781350175457 {in English}

13. Castells M. (1996). The Rise of The Network Society: The Information Age: Economy, Society and Culture. Wiley. 624 p. ISBN: 0631221409 {in English}

14. Sassen, Saskia. (2001). The global City. New York, London, Tokyo. The Global City: New York, London, Tokyo. 107. 10.2307/2152688. {in English}

15. Beatley, T. (2011). Biophilic cities: Integrating Nature Into Urban Design and Planning. Island Press. ISBN: 9781597267144 {in English}

16. Bairoch P. (1988). Cities and Economic Development: From the Dawn of History to the Present. University of Chicago Press. 574 p. ISBN: 0226034666 {in English}

17. Bibri, S.E., & Krogstie, J. (2017). Smart sustainable cities of the future: An extensive interdisciplinary literature review. Sustainable Cities And Society, 31, 183-212. https://doi.org/10.1016/j.scs.2017.02.016 {in English}

18. Patterson, J., Schulz, K., Vervoort, J., Adler, C., Hurlbert, M., Van Der Hel, S., Schmidt, A., Barau, A., Obani, P., Sethi, M., Hissen, N., Tebboth, M., Anderton, K., Borner, S., & Widerberg, O. (2015). 'Transformations towards sustainability' Emerging approaches, critical reflections, and a research agenda. Data

Archiving And Networked Services (DANS), 33(33). https://doi.org/10.13140/rg.2.1.2744.7526 {in English}

19. Swyngedouw, E., Heynen, N. (Ed.), & Kaika, M. (Ed.) (2006). Metabolic Urbanization: The Making of Cyborg Cities. In In the Nature of Cities – Urban Political Ecology and the Politics of Urban Metabolism Routledge. 20-39. {in English}

20. Turner, G. (2014) 'Is Global Collapse Imminent?', MSSI Research Paper No. 4,Melbourne Sustainable Society Institute,The University of Melbourne. ISBN: 978 0 7340 4940 7 {in English}

21. Krausmann, F., Wiedenhofer, D., Lauk, C., Haas, W., Tanikawa, H., Fishman, T., Miatto, A., Schandl, H., & Haberl, H. (2017). Global socioeconomic material stocks rise 23-fold over the 20th century and require half of annual resource use. Proceedings Of The National Academy Of Sciences, 114(8), 1880-1885. https://doi.org/10.1073/pnas.1613773114 {in English}

22. Cole, R.J. (2012). Transitioning from green to regenerative design. Building Research & Information, 40(1), 39–53. https://doi.org/10.1080/09613218.2011.610608{in English}

23. Negendahl, K. (2015). Building performance simulation in the early design stage: An introduction to integrated dynamic models. Automation in Construction, 54, 39–53. https://doi.org/10.1016/j.autcon.2015.03.002 {in English}

24. Bibri, S.E., & Krogstie, J. (2017). Smart sustainable cities of the future: An extensive interdisciplinary literature review. Sustainable Cities and Society, 31, 183–212. https://doi.org/10.1016/j.scs.2017.02.016 {in English}

25. Allam, Z., & Dhunny, Z.A. (2019). On big data, artificial intelligence and smart cities. Cities, 89, 80–91. https://doi.org/10.1016/j.cities.2019.01.032 {in English}

26. Röck, M., Saade, M.R.M., Balouktsi, M., Rasmussen, F. N., Birgisdottir, H., Frischknecht, R., Habert, G., Lützkendorf, T., & Passer, A. (2019). Embodied GHG emissions of buildings – The hidden challenge for effective climate change mitigation. Applied Energy, 258, 114107. https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2019.11410 {in English}

DOI: 10.32347/2076-815X.2026.92.57-67
УДК 711.2

к.т.н., доцент **Бородич Л.В.,**
larborodich@meta.ua, ORCID: 0000-0003-0972-0517,
к.арх., доцент **Савченко О.О.**,
al_sav@ukr.net, ORCID: 0000-0002-4148-8706,
Національний університет
«Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка»

КОМПЛЕКСНА ОЦІНКА РЕКРЕАЦІЙНОГО ТА РЕАБІЛІТАЦІЙНОГО ПОТЕНЦІАЛУ ТЕРИТОРІЇ НОВОСАНЖАРСЬКОЇ СЕЛИЩНОЇ ТЕРИТОРІАЛЬНОЇ ГРОМАДИ

Запропоновано алгоритм комплексної оцінки рекреаційного та реабілітаційного потенціалу території Новосанжарської селищної територіальної громади для побудови територіального каркасу (просторової комбінації найбільш стійких елементів), як основного методу організації системи рекреації та реабілітації на території громади з подальшим формуванням зон відпочинку та реабілітації.

Ключові слова: рекреаційний потенціал, природні та кліматичні ресурси, просторовий каркас, рекреаційно-реабілітаційний кластер.

Постановка проблеми. Впровадження адміністративно-територіальної реформи в Україні на засадах децентралізації викликало необхідність удосконалення засад планування територій та використання земель громад. Комплексний план просторового розвитку (КППР) території громади – новий вид сучасної містобудівної та одночасно земельної документації, відповідно Закону України № 711-IX «Про внесення змін до деяких законодавчих актів України щодо планування використання земель», який складається з тематичних розділів та підрозділів, що розкривають склад та зміст проектних рішень комплексного плану. Розділи «Ландшафтне планування», «Обслуговування населення», «Функціональне зонування» - передбачають, у тому числі, рішення із ландшафтної організації території, просторової організації системи туристичних та оздоровчо-рекреаційних об’єктів.

Таким чином, оцінка стану довкілля, природних умов та ресурсів при розробленні КППР є актуальною задачею.

Аналіз досліджень і публікацій. Оцінка рекреаційного потенціалу - це складний дослідницький процес, який вимагає міждисциплінарного підходу. Для підготовки тематичних карт та схем оцінюються природній, історичний, культурний, туристичнй, рекреаційний, соціально-економічний потенціал

території. Як результат, визначаються території, що мають цінний ресурс для формування зон рекреації та реабілітації [2,5,7,8].

Процедура оцінювання складається з обов'язкових етапів:

1) ідентифікація об'єктів оцінювання;

2) визначення суб'єкта з точки зору якого проводиться оцінка;

3) формулювання критеріїв оцінювання;

4) розробка параметрів оціночних параметрів та градацій.

Суб’єктом оцінки території для подальшого використання для рекреаційних потреб є людина та її потреби у відпочинку та реабілітації для відновлення фізичних та моральних сил.

Метою статті є дослідження рекреаційного потенціалу території Новосанжарської селищної територіальної громади загалом та в частині виявлення потенціалу екологічно орієнтованого відпочинку з метою оздоровлення, реабілітації. Принципових методологічних відмінностей в оцінці обох потенціалів немає, але відмінності між ними є істотними. Тому параметри оцінки, розроблені для відпочинку та туризму, також можуть бути використані для відпочинку, оздоровнення та реабілітації.

Виклад основного матеріалу. Відповідно до сучасних методологічних підходів, оцінка рекреаційного та туристичного потенціалу території проводиться у роботах з містобудівного проектування та рекреаційної географії у певних визначених аспектах та за певними групами ресурсів [1,2,3,5,8]. Основні оцінювані групи рекреаційних ресурсів: природно-кліматичні, історико-культурні та соціально-економічні, містобудівні, архітектурні, ландшафтні та ін.

Будь-який ресурс складається з окремих компонентів, які мають певні параметри.

Зазвичай компоненти природно-кліматичних ресурсів рекомендується оцінювати у функціональному, гігієнічному, естетичному, техніко-економічному та природоохоронному аспектах.

Складається диференціальна рекреаційна характеристика кожного з компонентів природного ландшафту: рельєф, клімат, водоймища, гідромінеральні ресурси, рослинність, природоохоронні території (території Смарагдової мережі, природно-заповідного фонду) з урахуванням їхньої функціональної придатності, ступеня комфортності та естетичних якостей.

Суб'єктом оцінки території для її подальшого рекреаційного використання є рекреант (споживач рекреаційних послуг) та рекреаційна чи реабілітаційна діяльність для відновлення фізичних та моральних сил за допомогою комфортного відпочинку, умов та заходів реабілітації [8,10,11].

Найпоширенішою та найбільш відповідною комплексному аналізу території є оцінка потенціалу за рівнем сприятливості для рекреаційного та

реабілітаційного використання. При дослідженні компонентів рекреаційного потенціалу Новосанжарської селищної територіальної громади доцільно використати бальну систему оцінки.

Для оцінки компонентів природно-рекреаційного потенціалу використовувався критерій сприятливості ресурсу для рекреації та реабілітації.

Для оцінки компонентів потенціалу для реабілітації критерієм є наявність природних та лікувальних ресурсів, які можливо використати для реабілітації.

Для побудови спеціалізованих каркасів та подальшого функціонального зонування територій для рекреації та реабілітації необхідна оцінка ресурсів, яка повинна враховувати основні диференціації рекреації: просторова локалізація та видова приналежність.

1. Просторова локалізація.

Оцінка ресурсів з просторової локалізації здійснюється шляхом виявлення ареалів зосередження відповідних ресурсів, що зв'язують їх лінійних структур, ядер концентрації ресурсів та окремих точкових об'єктів.

Для організації кожного виду рекреації та реабілітації необхідний певний набір природних, та інфраструктурних ресурсів, кожен компонент яких повинен мати оцінку за рівнем сприятливості даного виду функціонування.

2. Видова приналежність.

Виділяють наступні рекреаційні функції:

- лікувально-оздоровча, реабілітаційна - направлені на відновлення здоров'я людини;
- пізнавальна - направлена на розвиток духовного потенціалу особистості;
- фізкультурно-спортивна - направлена на розвиток фізичних сил людини.

За громадськими функціями та організацією розрізняють: лікувально-курортну, реаблітаційно-оздоровчу, фізкультурно-спортивну, пізнавальну рекреаційну діяльність.

Для визначення зон просторової локалізаці вищезазначених рекреаційних функцій, оцінюються компоненти рельєфу, природних вод, рослинності та клімату за рівнем сприятливості для визначених видів рекреації та реабілітації.

При цьому, виділення видів рекреації досить умовне, зазвичай немає чіткої межі між ними. Врахування природних особливостей різних видів рекреації може визначити специфіку території. Територія, що поєднує можливості розвитку різних видів рекреації та реабілітації привабливіша для споживачів послуг і дає можливість гнучко реагувати на зміну вимог, уподобань рекреантів.

Таким чином, оцінку ресурсів Новосанжарської селищної територіальної громади для формування просторового каркасу рекреаційної системи доцільно проводити за наступними етапами:

- покомпонентна оцінка просторових структур за ступенем

сприятливості компонентна для видів рекреації;

- ранжування якісних та кількісних характеристик просторових структур, відповідно ресурсного потенціалу та нормативних вимог;
- урахування результатів експертної оцінки просторових структур (за результатами відгуків рекреантів, наукової та професійної спільноти).

Подальше виявлення просторових структур каркасних систем здійснюється картографічними методами для виявлення сприятливих умов для формування виду рекреації, визначення центрів, вузлів, осей концентрації функцій.

Оцінка рекреаційного та реабілітаційного потенціалу території Новосанжарської селищної територіальної громади.

Новосанжарська селищна територіальна громада Полтавського району Полтавської області утворена з 2017 по 2020 р.р. (рис.1)

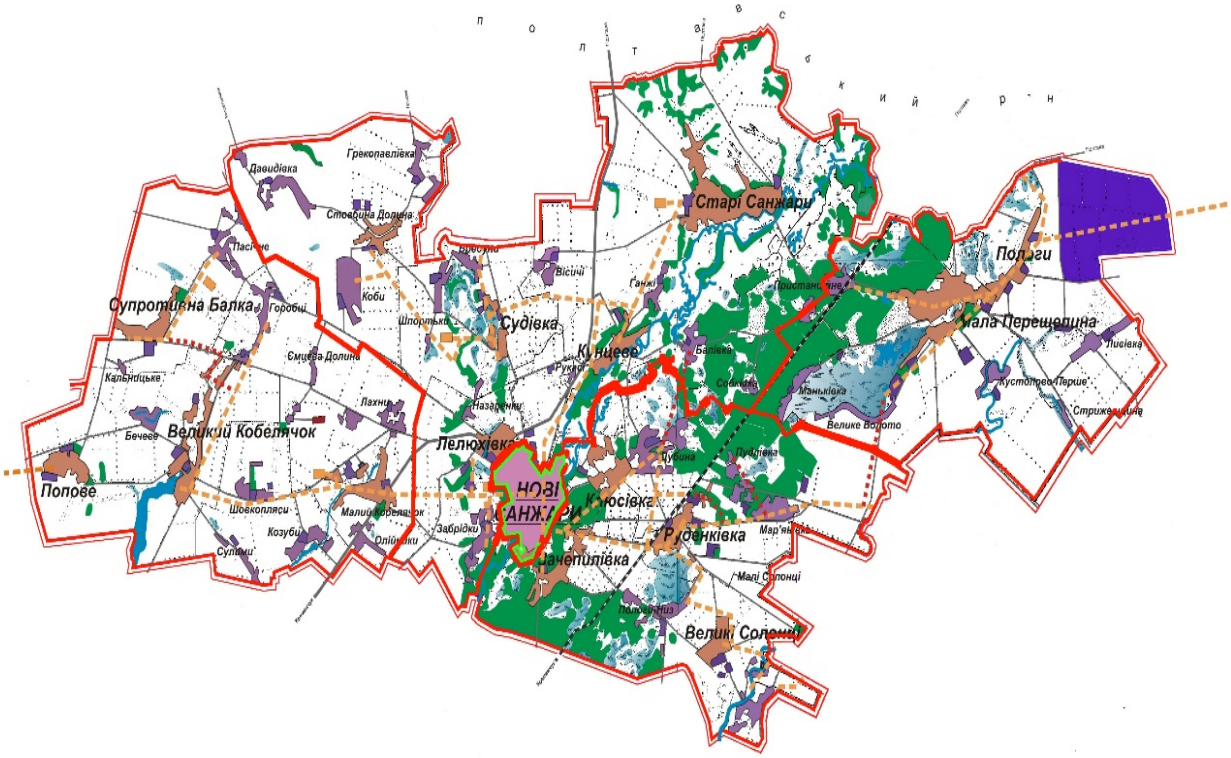


Рис. 1. Схема Новосанжарської селищної територіальної громади.

Через територію Новосанжарської селищної територіальної громади проходять транспортні комунікації державного, обласного та районного значення. Зовнішні та внутрішні зв’язки представлені залізничним та автомобільним транспортом.

Селище Нові Санжари розташоване в межах долини річки Ворскла та її правого притоку р. Ворона. Долина річки у межах селища має асиметричну будову: правий берег – високий, правий – пологий, терасо видний.

У межах селища основні геоморфологічні елементи рельєфу явно виражені: заплава річок Ворскла та Ворона, перша та друга надзаплавні тераси, плато, схили плато.

Природно-лікувальні ресурси на території селища Нові Санжари та на прилеглих територіях.

Природно-лікувальні ресурси:

- мінеральні води – мінеральні води Медичного центру ВВ МВС «Нові Санжари», їх запаси (біля 200 м3 / доб.);

- виявлені та підраховані запаси мінеральних бромних розсолів у відкладах тріасу та карбону потребують проведення досліджень, клінічних випробувань та отримання ліцензій та дозволів. Залучення мінеральних бромних вод у лікувальний процес збагатить можливості курорту і, майбутньому, зможе сприяти підвищенню його статусу:

- лікувальні грязі (пелоїди). Використання у лікувальному процесі грязей родовища у с. Малий Кобелячок можливе після проведення експериментальних фізіологічних досліджень щодо виявлення їх нешкідливості та біологічної активності. На підставі результатів, які будуть отримані, необхідна постановка клінічних випробувань та розробка Інструкції щодо лікувального застосування.

Озеленені території селища Нові Санжари складаються із:

озеленених територій загального користування, озеленених територій обмеженого користування, озелененених територій спеціального призначення.

На території Новосанжарської селищної територіальної громади знаходяться охоронювані природні території, території «Смарагдової мережі» («Vorskla river valley», код UA0000311) (рис.2), (табл.1).

Таблиця 1.

Перелік територій та об'єктів ПЗФ місцевого значення, розташованих на території селища Нові Санжари, (https://eko.adm-pl.gov.ua/).

Назва об’єкта	Категорія	Площа (га)	Місцезнаходження заповідного об’єкту
Тетянин гай (за межами селища Н. Санжари)	Заказник ентомологічний	11,9	заплава р. Ворскла в районі с. Клюсівка та селища Нові Санжари
Парк відпочинку	Пам’ятка природи ботанічна	3,4	селище Нові Санжари, вул Центральна
Вовчі гори (за межами селища Н. Санжари)	Ботанічна пам'ятка природи місцевого значення	11,4	На північ від північної межа селища Н. Санжари

Рис 2. Смарагдова мережа на території Новосанжарської седищної територіальної громади http://emerald.net.ua/

Існуючий стан рекреаційної системи Новосанжарської селищної ради.

У Нових Санжарах існують внутрішньо міські рекреаційні території для відпочинку населення на землях оздоровчого та рекреаційного призначення:

- зони короткочасного відпочинку (рекреаційні території вздовж берегів р. Ворскла, лісопарк, парк, пляжі);

- зони тривалого відпочинку (будинки відпочинку, санаторії, оздоровчі табори).

У громаді знаходяться дитячі табори та санаторії: медичний центр Національної гвардії України «Нові Санжари», санаторій-профілакторій «Антей», британський мовний табір «ABC Camp», приватне підприємство «Орендний дитячий оздоровчо-виховний заклад «Орлятко», Будинок відпочинку матері і дитини «Ворскла», Дитячий оздоровчий табір «Костер» (останні на даний час не функціонують) (табл.2).

Таблиця 2.

Існуюча чисельність організованих відпочиваючих
(цілорічне обслуговування) курортно-рекреаційних установ:

Курортно-оздоровчі установи (існуючі)	місць	площа, га
Медичний центр «Нові Санжари» ВВ МВС України)	223	16,1259
Новосанжарський санаторій профілакторій «АНТЕЙ»	150	4,1352
Будинок відпочинку матері і дитини «Ворскла»	150	3,4700
Дитячий оздоровчий табір «Костер»	150	1,0400

Рекреаційне населення.

Чисельність тих, що лікуються й відпочивають у курортно-оздоровчих

установах, встановлюється за показниками одночасної кількості цілорічних і сезонних місць цих установ, а чисельність неорганізовано відпочиваючих – на підставі статистичних даних, з урахуванням місткості індивідуальних засобів розміщення місцевого населення.

Визначення чисельності неорганізованих відпочиваючих.

Прогноз чисельності неорганізованих відпочиваючих доцільно визначати виходячи із наявних природно-лікувальних та рекреаційних ресурсів: мінеральних вод та грязей; рекреаційних лісів, парків, лісопарків, рекреаційних територій вздовж берегів р. Ворскла, пляжів: наявних та проектованих засобів розміщення та на основі статистичних даних.

За інформацією Новосанжарської селищної ради кількість відпочиваючих на протязі літнього сезону досягає 8-10 тисяч чоловік.

Відповідно до вимог ДБН Б 2.2.-12:2019, чисельність ти, що оздоровляться та відпочиває у санаторно-курортних та рекреаційних закладах, визначається за показниками одночасної кількості цілорічних та сезонних місць відповідних закладів, а чисельність неорганізованих відпочиваючих – на підставі статистичних даних (табл.3).

Таблиця 3.

Визначення ймовірної чисельності рекреантів.

Розмір курортних території	Нормативні вимоги		Розрахункова кількість місць
На териорії селища Нові Санжари, відповідно Генерального плану селища Нові Санжари - 30,5 га	10 м^2 /місце у санаторно-курортних та рекреаційних закладах	50 м^2 /місце – об’єктів озеленення	5000 місць
За межами селища Нові Санжари, села Клюсівка, Зачепилівка – 20 га			1500 місць

Таким чином, просторовий каркас рекреаційної системи Новосанжарської селищної ради має формуватися вздовж природної осі – річок Ворскла, Ворона та природних лісових масивів хвойних та змішаних лісів вздовж берегів річок. Центрами просторового каркасу рекреаційної системи виступають сформовані рекреаційні вузли – рекреаційні та оздоровчі комплекси (існуючі санаторно-курортні заклади: Медичний центр «Нові Санжари» Медичний центр «Нові Санжари», Новосанжарський санаторій профілакторій «АНТЕЙ», ін.), вісі концентрації функцій розвиваються вздовж планувальних осей – головних вулиць селиша Нові Санжари – вулиць Центральна, Курортна, Антона Головатого.

Пропонується існуючу мережу санаторно-курортних та рекреаційних

закладів доповнити закладами лікувального відновлення та реабілітації військовослужбовців та їхніх родин як на території селища Нові Санжари, так і за межами населеного пункту, в рекреаційній зоні поблизу села Клюсівка та Зачепилівка (рис.3).

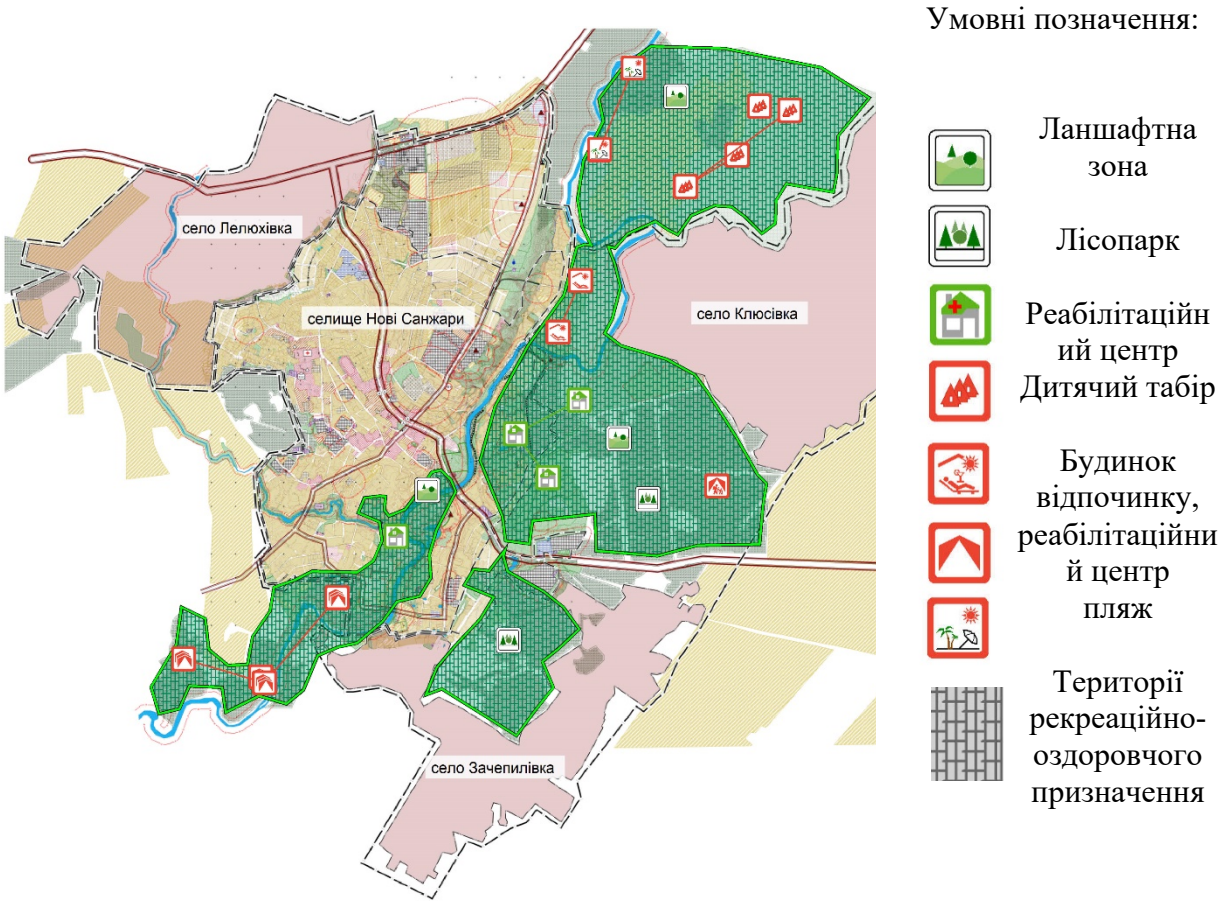


Рис 3. Просторовий каркас рекреаційно-реабілітаційного кластету Новосанжарської селищної ради.

Висновки.

В результаті оцінки рекреаційного та реабілітаційного потенціалу території Новосанжарської селищної територіальної громади виявлено:

1. Природна територія селища Нові Санжари та с. Клюсівка має рекреаційні ресурси: мінеральні води, лікувальні грязі, кліматичні та інші природні умови, сприятливі для лікування, медичної реабілітації та профілактики захворювань, рекреації населення. Природна територія освоєна, має необхідні будівлі та споруди з об’єктами інфраструктури для експлуатації природних лікувальних ресурсів, використання з метою оздоровлення, фізичної та психологічної реабілітації, профілактики захворювань та для рекреації.

2. Запропоновано формування просторового каркасу рекреаційної системи Новосанжарської селищної територіальної громади на основі

природних територій та розвитку існуючої мережі санаторно-курортних та рекреаційних закладів.

3. Існуючу мережу лікувально-оздоровчих закладів пропонується розширити та сформувати рекреаційно-реабілітаційний кластер на території Новосанжарської селищної громади за рахунок розміщення нових закладів реабілітації та відновлення для військовослужбовців та членів їх родин.

Список джерел

1. Оцінка туристично-рекреаційного потенціалу регіону: монографія / за заг. ред. В.Г. Герасименко. - Одеса : ОНЕУ, 2016. - 262 с.

2. Бейдик О.О. Рекреаційно-туристичні ресурси України: методологія та методи аналізу, термінологія, районування. - Київ: Вид-во Київ. ун-ту, 2001. — 395 с.

3. Бородай, Д., Бородай, А., Бородай, С., Бородай, Я. (2021). Архітектурно-планувальні тенденції формування рекреаційних комплексів в позаміських зонах на прикладі Сумської області. Містобудування та територіальне планування, (76), 28–36. https://doi.org/10.32347/2076-815x.2021.76.28-36

4. Петраковська, О., Трегуб, М. (2024). Динаміка розвитку територіальних громад в Україні. Містобудування та територіальне планування, (85), 462–474. https://doi.org/10.32347/2076-815x.2024.85.462-474

5. Панченко, Т., Яценко, В., & Пантюхов, О. (2025). Соціально-економічні передумови та стратегічні підходи до розвитку рекреаційних систем в регіонах України. Містобудування та територіальне планування, (90), 133–142. https://doi.org/10.32347/2076-815x.2025.90.133-142

6. Panchenko, T., Sukach, M. and Golub, A. 2018. Sustainable Tourism Development in Ukraine. Transfer of innovative technologies. 1, 2 (Dec. 2018), 3–20. DOI:https://doi.org/10.31493/tit1812.0101

7. Усачова, Олена. (2025). Особливості формування багатофункціональних рекреаційних комплексів. Матеріали конференцій МЦНД. 224-231. DOI:10.62731/mcnd-12.09.2025.007

8. В.В. Шулик. Методологічні основи формування рекреаційних систем в Україні: дис. д-ра архітектури: 18.00.01/ Шулик Василь Васильович. - Полтава-2008. – 393с.

9. Схема планування території Полтавської області (графічні матеріали) [Elektronny`j resurs] // DP UNDIPM "Dipromisto". – 2013. – Rezhy`m dostupu do resursu: http://www.adm-pl.gov.ua/page/shema-planuvannya-teritoriyi-poltavskoyi-oblasti-grafichni-materiali.

10. Bushell R. Wellness and Tourism: Mind, Body, Spirit, Place / Robyn Bushell. – NY: Cognizant Communication Corp, 2009. – 304 с. – (Innovation and Tourism, Connecting Theory & Practice; вип. 1)

11. DeMicco F. Medical Tourism and Wellness: Hospitality Bridging Healthcare (H2H) / Frederick J. DeMicco. – Waretown: Apple Academic Press, 2017. – 440 с.

PhD, associate professor **Larysa Borodych,**
PhD, associate professor **Oleksandr Savchenko,**
National university «Yuri Kondratyuk Poltava Polytechnic»

COMPREHENSIVE ASSESSMENT OF THE RECREATIONAL AND REHABILITATION POTENTIAL OF NOVI SANZHARY TERRITORIAL COMMUNITY TERRITORY

The implementation of administrative and territorial reform in Ukraine on the basis of decentralization caused the need to improve the principles of territorial planning and the use of community lands.

Assessment of recreational potential is a complex research process that requires an interdisciplinary approach.

The purpose of the article is to explore the recreational potential of the territory of the Novosanzhar settlement territorial community in general and in terms of identifying the potential of ecologically oriented recreation for the purpose of recovery and rehabilitation.

Natural healing resources on the territory of the community are mineral waters, healing mud, protected natural areas, territories of the "Emerald Network".

The spatial framework of the community's recreation system should be formed along the natural axis the Vorskla river, Vorona river and natural forests of coniferous and mixed forests along the banks of the rivers. Formed recreational nodes are the centers of the spatial frame of the recreation system, the axes of concentration of functions develop along the planning axes.

It is proposed to supplement the existing network of sanatorium-resort and recreational facilities with facilities for medical recovery and rehabilitation of servicemen and their families both on the territory of the village of Novi Sanzhary and outside the settlement, in the recreation area near the Klyusivka of and Zachepylivka villages.

Keywords: recreational potential; natural and climatic resources; spatial framework; recreational and rehabilitation cluster.

REFERENCES

1. Otsinka turystychno-rekreatsiinoho potentsialu rehionu : monohrafiia / za zah. red. V.H. Herasymenko. - Odesa: ONEU, 2016. - 262 s. {in Ukrainian}

2. Beidyk O.O. Rekreatsiino-turystychni resursy Ukrainy: metodolohiia ta metody analizu, terminolohiia, raionuvannia. — Kyiv: Vyd-vo Kyiv. un-tu, 2001. — 395 s. {in Ukrainian}

3. Borodai, D., Borodai, A., Borodai, S., Borodai, Ya. (2021). Arkhitekturno-planuvalni tendentsii formuvannia rekreatsiinykh kompleksiv v pozamiskykh zonakh na prykladi Sumskoi oblasti. Mistobuduvannia ta terytorialne planuvannia, (76), 28–36. https://doi.org/10.32347/2076-815x.2021.76.28-36 {in Ukrainian}

4. Petrakovska, O., Trehub, M. (2024). Dynamika rozvytku terytorialnykh hromad v Ukraini. Mistobuduvannia ta terytorialne planuvannia, (85), 462–474. https://doi.org/10.32347/2076-815x.2024.85.462-474/ {in Ukrainian}

5. Panchenko, T., Yatsenko, V., & Pantiukhov, O. (2025). Sotsialno-ekonomichni peredumovy ta stratehichni pidkhody do rozvytku rekreatsiinykh system v rehionakh Ukrainy. Mistobuduvannia ta terytorialne planuvannia, (90), 133–142. https://doi.org/10.32347/2076-815x.2025.90.133-142 {in Ukrainian}

6. Panchenko, T., Sukach, M. and Golub, A. 2018. Sustainable Tourism Development in Ukraine. Transfer of innovative technologies. 1, 2 (Dec. 2018), 3–20. DOI:https://doi.org/10.31493/tit1812.0101 {in English}

7. Usachova, Olena. (2025). Osoblyvosti formuvannia bahatofunktsionalnykh rekreatsiinykh kompleksiv. Materialy konferentsii MTsND. 224-231. DOI:10.62731/mcnd-12.09.2025.007 {in Ukrainian}

8. V.V. Shulyk. Metodolohichni osnovy formuvannia rekreatsiinykh system v Ukraini: dys. d-ra arkhitektury: 18.00.01/ Shulyk Vasyl Vasylovych. Poltava-2008. – 393 s. {in Ukrainian}

9. Skhema planuvannya tery`toriyi poltavs`koyi oblasti (grafichni materialy) [Elektronny`j resurs] // DP UNDIPM "Dipromisto". – 2013. – Rezhy`m dostupu do resursu: http://www.adm-pl.gov.ua/page/shema-planuvannya-teritoriyi-poltavskoyi-oblasti-grafichni-materiali. {in Ukrainian}

10. Bushell R. Wellness and Tourism: Mind, Body, Spirit, Place / Robyn Bushell. – NY: Cognizant Communication Corp, 2009. – 304 c. – (Innovation and Tourism, Connecting Theory & Practice; вип. 1). {in English}

11. DeMicco F. Medical Tourism and Wellness: Hospitality Bridging Healthcare (H2H) / Frederick J. DeMicco. – Waretown: Apple Academic Press, 2017. – 440 c. {in English}

DOI: 10.32347/2076-815X.2026.92.68-78
УДК 725.21

Васильєв Д.В.,
vasyliev@archimatika.com.ua, ORCID:0009-0002-8051-162X,
Київський національний університет будівництва і архітектури

АРХІТЕКТУРНО-ПЛАНУВАЛЬНА КЛАСИФІКАЦІЯ БУДІВЕЛЬ З АПАРТАМЕНТАМИ

Розглянуто класифікацію за ознаками будівель з апартаментами за наступними типологічними ознаками: терміном перебування, місцем розташування, рівнем комфорту, розміщенням, поверховістю, об'ємно-просторовою структурою, об'ємно-просторовою композицією, способом зведення, технологією будівництва та за конструктивною системою. Складена класифікація має значний вплив на подальше дослідження, оскільки доповнює перелік задач, що мають бути вирішені в рамках дослідження. Зокрема виявлено необхідність дослідження умов забезпечення різних рівнів комфорту для будівель з апартаментами та умов забезпечення шляхів евакуації для різних об'ємно-просторових рішень.

Ключові слова: апартаменти; апарт-готелі; прибуткові будинки; орендне житло; класифікація; громадські будинки; житлові будинки.

Постановка проблеми. Наразі існують певні неузгодженості щодо правового статусу забудов типу «апартаменти» [1, 2], що створює труднощі у застосуванні будівельних норм. Згідно з чинними нормативними документами, апартаменти класифікуються як громадські будівлі [3], що призводить до неузгодженості щодо певних вимог, зокрема щодо шляхів евакуації, які на сьогоднішній день для апартаментів застосовуються, як до житлових об'єктів. Для подальших досліджень та внесення змін в нормативну документацію, необхідно структурувати наявну інформацію, отриману з попередніх робіт і аналізу світового та українського досвіду.

Попередні наукові дослідження. У роботах дослідників, таких як Рогожнікова О.Є., Брідня Л.Ю., Пекер А.Й. і Ліпандін О.В. [4,5,6,7], розглядаються апартаменти в контексті нового типу житла. Вони визначають такі терміни, як «апартамент», «апарт-готель» і «апартаментний комплекс», описуючи ці види житла як тимчасові або постійні варіанти проживання, включно з квартирами, частинами будинків, маленькими бунгало та великими віллами. Головною особливістю є наявність кухні або кухонної зони, а також можливість передачі в оренду чи власність на короткий або тривалий період.

Дослідження Яновицького Є.Л. [8] систематизує типологічні ознаки орендного житла, пропонує класифікацію та номенклатуру основних типів, виявляє відмінності між орендним житлом й іншими видами житлових та готельних приміщень. У контексті соціальних аспектів формування орендного житла Гнесь І.П. у своїй роботі 2010 року [9] доводить доцільність розвитку міського орендного житла як способу вирішення питання доступності житла й водночас створення додаткових бюджетних доходів через оподаткування.

Більшість архітектурних класифікацій [8,10,11,12] базуються на принципі багатовимірного підходу, де об'єкт може одночасно належати до кількох категорій. Спочатку визначаються ключові класи та їх характеристики, після чого відбувається наповнення категорій конкретними об'єктами [12 с. 56]. Для будівель з апартаментами можна виокремити такі типологічні критерії: термін перебування, місце розташування, рівень комфорту, поверховість, спосіб розміщення, об'ємно-просторова структура та технологія будівництва (рис.1).

Особливо важливим є критерій терміну перебування, який відрізняє апартаменти від постійного житла та короткострокового розміщення в готелях. Такі будівлі поділяються на два типи: для короткострокового перебування (кілька днів або тижнів), що характерно для апарт-готелів у курортних зонах та біля транспортних вузлів; і для довгострокової оренди (від місяців до років), що характерно для більшості інших варіантів розміщення.

Критерій місця розташування тісно пов'язаний із терміном перебування. Будівлі з апартаментами можна класифікувати залежно від зон: житлової, курортно-рекреаційної, центральної міської, історичної міської, промислової чи транспортної. Наприклад, апартаменти в житлових районах зазвичай орієнтовані на довгострокову оренду і повинні забезпечувати мешканців необхідною інфраструктурою для комфортного проживання.

Натомість апарт-готелі в курортній зоні здебільшого розраховані на короткотермінове проживання і надають широкий спектр послуг та варіанти юнітів різного рівня комфорту. Центральна міська чи історична зона передбачає як короткострокову, так і довгострокову оренду, але переважно популярна серед туристів або осіб у робочих поїздках. Іноді виникають ситуації, коли обирається довгострокова оренда. Вартість землі у центральних районах міста зазвичай значно вища, ніж у віддалених частинах. Якщо орендар прагне надовго оселитися в такій зоні, він свідомо згоджується на певні обмеження комфорту життя.

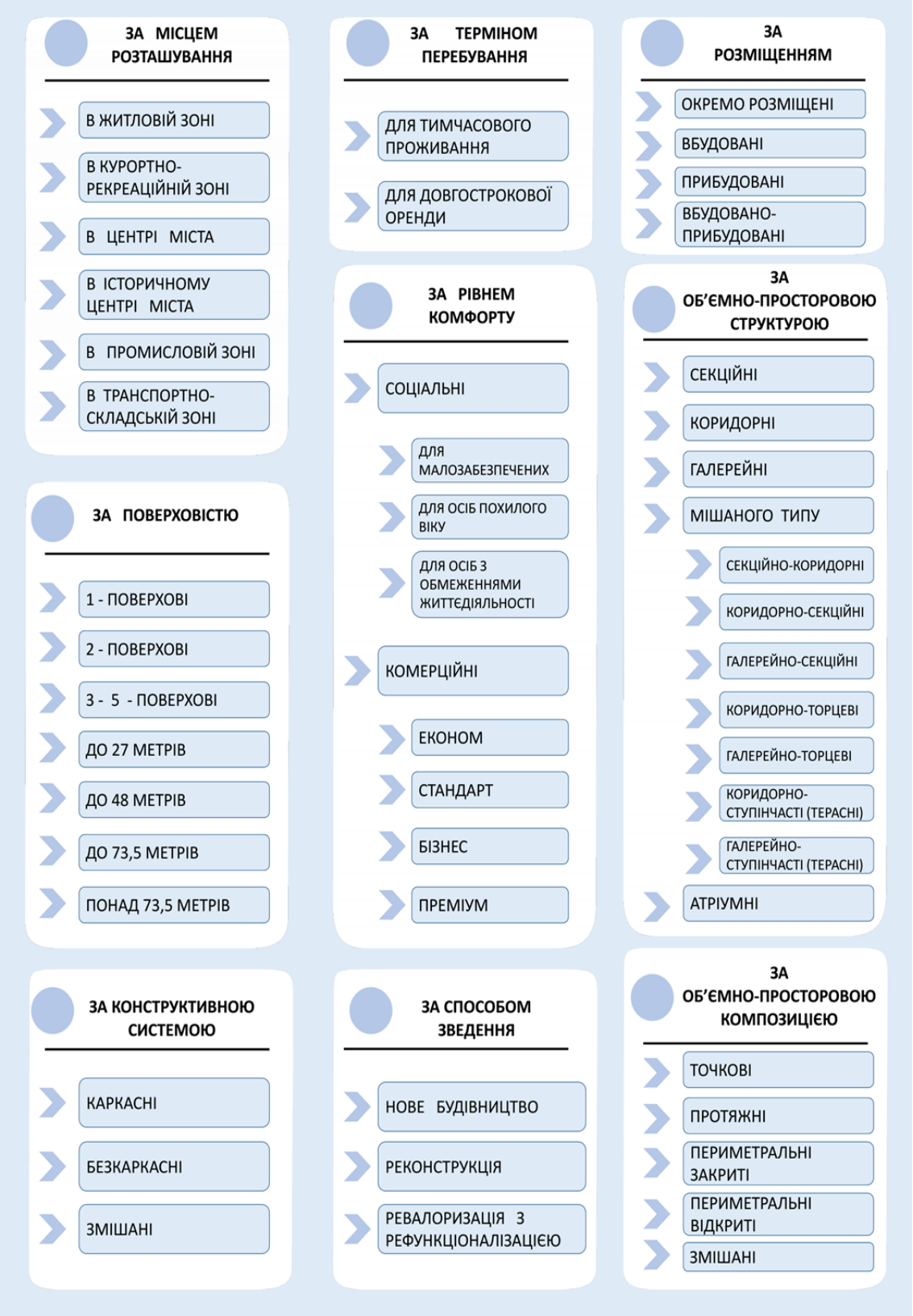


Рис.1. Класифікація будівель з апартаментами

Серед цих обмежень можуть бути обмежена кількість постійних паркомісць, відсутність дитячих чи спортивних майданчиків тощо.

На перший погляд, може здатися нелогічним зводити апартаменти в промислових або складських зонах. Однак досвід показує, що це можливо. У подібних районах умови проживання можуть бути як короткостроковими — наприклад, під час відряджень, так і довгостроковими — у випадку, коли такі апартаменти інтегровані в технопарки [14] чи виробничі комплекси й слугують як тимчасове житло для співробітників компаній. У такому сценарії важливо забезпечити мінімальні умови для комфорту проживання: необхідні сервіси, майданчики та зручності, які зазвичай нехарактерні для промислових зон.

Ще одним важливим аспектом є поверховість будівель. З урахуванням вітчизняних норм планування, апартаменти можуть мати різноманітну поверховість — від компактних котеджів на один-два поверхи до багатоповерхових комплексів, зокрема хмарочосів. Проте при виборі поверховості слід зважати на баланс між комфортом і економічною доцільністю, особливо в умовах масштабного будівництва.

Рівень комфорту апартаментів визначається не лише внутрішнім оздобленням і сервісами, а й такими факторами як місце розташування комплексу, доступність прилеглої інфраструктури, якість застосованих матеріалів, технології будівництва, планувальні рішення, метраж кімнат та, навіть, висота стель. На нього також впливає стан апартаментів на момент здачі та можливість інвестування в об’єкти на різних етапах їх готовності.

За аналогією з житловими квартирами пропонується поділ апартаментів на соціальні та комерційні. Соціальні апартаменти зазвичай мають меншу площу, однак відповідають базовим нормам для комфортного проживання. Натомість комерційні апартаменти проєктуються відповідно до стандартів житлових комплексів чи готелів, залежно від термінів оренди.

Рівень комфорту також залежить від розташування об'єкта. Апартаменти можуть бути окремо розташованими будівлями, інтегрованими або прибудованими до існуючих громадських комплексів. Планування таких будівель повинно враховувати належну ізольованість: окремі входи, звукоізоляцію та інші фактори для створення приватності та безпеки. Водночас інтеграція в більші об'єкти дає суттєві переваги завдяки можливості доступу до спільної інфраструктури.

Залежно від архітектурних рішень, апартаменти можуть мати різні формати — секційні, коридорні, галерейні, змішані чи атріумні споруди [13]. Найпоширенішими залишаються секційні будинки через їхню функціональність і популярність серед забудовників та покупців протягом останніх двох століть. В Україні широко представлені рядові, торцеві та кутові секції, які найчастіше забезпечені типовою сходовою клітиною (СК-1). У деяких регіонах

застосовуються рішення з природним освітленням сходових кліток через вертикальні шахти або світлопрозорі ліфтові колодязі.

Коридорний тип апартаментів найкраще підходить для розміщення великої кількості одно- або двокімнатних квартир. Завдяки компактному плануванню він забезпечує оптимальне використання.

Однією з головних умов використання коридорного типу є наявність віконних отворів у торцях коридору для забезпечення провітрювання та димовидалення. За відсутності таких елементів слід впроваджувати інші компенсаційні заходи, що сприятимуть комфортному й безпечному проживанню. На сьогодні коридорний тип активно застосовується у будівництві споруд з апартаментами, хоча він потребує певних планувальних доопрацювань та нормативних уточнень.

Галерейний тип, з іншого боку, менш поширений у сучасній практиці в Україні, проте з типологічної точки зору він вважається найбільш різноманітним і перспективним. Його варіативність охоплює будівлі, побудовані на основі класичних галерей, пішохідних вуличок, розширених терасних галерей та тих, що розташовані на певній відстані від стін споруд. Останні дозволяють мешканцям діставатися до своїх квартир через спеціальні містки. Також існують галерейні рішення, які обслуговують два житлові будинки одночасно, пов’язані між собою мостами, або формують периметральні галереї навколо внутрішніх дворів. Усі ці типологічні формати можуть бути адаптовані до будівель з апартаментами, створюючи умови для природного провітрювання та інсоляції завдяки розміщенню вікон на обох боках поздовжніх фасадів.

Змішаний тип формування будівель з апартаментами охоплює різноманітні варіанти взаємодії планувальних схем—від секційно-коридорних і коридорно-секційних до галерейно-ступінчастих (терасних) структур. Ця типологія часто стає результатом адаптації до обмежених умов міського будівництва або інтеграції багатофункціонального використання простору. Наприклад, коридорно-секційний тип може поєднувати апарт-готель у коридорній частині та житлові апартаменти довгострокової оренди у секційній.

Терасовий тип забудови набуває популярності не лише на похилих ділянках, але й на рівнинних територіях сучасних міст. Його головною перевагою є здатність урізноманітнювати архітектурний вигляд місцевості. Терасування, як правило, реалізується на торцях будівлі, хоча можливі й інші об’ємно-просторові рішення, які сприяють покращенню естетичного сприйняття споруди.

Атріумні будівлі трапляються набагато рідше і здебільшого у форматах, що комбінують їх із коридорним типом. Ця концепція прийшла в архітектуру апартаментів із готельного будівництва. Сьогодні атріум виконує здебільшого

естетичні функції—композиційного акценту, домінанти в зовнішньому чи внутрішньому просторі або зелених зон для оздоблення кліматично несприятливих регіонів—замість первинного технологічного призначення для освітлення чи теплозбереження.

Архітектурні параметри апартаментних будівель відіграють вирішальну роль у формуванні їхнього загального образу, а також впливають на рівень безпеки та економічну результативність проєктів. Питання економічної ефективності різних типів споруд—секційних і коридорних—продовжує залишатися актуальним серед фахівців архітектурного ринку.

За способом зведення будівлі з апартаментами можуть бути новозведеними, реконструйованими або ревалоризованими із проведенням рефункціоналізації. Перший із зазначених типів є найбільш поширеним. Другий і третій типи поки що не практикуються, однак мають перспективу в майбутньому, особливо за умов адаптації існуючих готелів під апартаменти або облаштування апартаментів у будинках історичної забудови в центральних районах міст України. Тому доцільно заздалегідь враховувати таку можливість під час розробки нормативної бази для проєктування та будівництва багатоквартирних будівель з апартаментами і апарт-готелів.

За конструктивною системою апарт-готелі та багатоквартирні будинки з апартаментами поділяються на каркасні, безкаркасні й змішані. Найчастіше будуються каркасні будівлі — вони домінують у висотному будівництві й характерні для нових споруд підвищеної або середньої поверховості. Натомість безкаркасні будівлі частіше зустрічаються серед реконструйованих чи реставрованих об’єктів, а також під час використання збірних технологій. Проте в Україні наразі немає прикладів спорудження багатоквартирних будинків з апартаментами із застосуванням збірного методу.

За технологією будівництва апарт-готелі та багатоквартирні будинки з апартаментами найчастіше є монолітними. Утім, у разі зростання масштабів таких проєктів не виключається поява збірних, модульних або навіть 3D-друкованих конструкцій. Останні, ймовірно, теж можна буде прирівняти до монолітних за технологією зведення. На цей час 3D-друковане будівництво можливе лише для невеликих споруд. Водночас у Європі архітектор Ян Фолькман уже спроєктував і будує промисловий об’єкт значної площі та об’єму за допомогою 3D-принтера. Ця будівля поки що зводиться без вікон, адже призначена для розміщення серверного обладнання. Але з розвитком технологій стане можливим проєктування і житлових будинків такого типу.

Основними перевагами 3D-друку є висока швидкість будівництва (безперервний цикл 24/7), економічність (завдяки зменшенню витрат на оплату праці та матеріали) і екологічність (використання вторинної сировини та

скорочення викидів CO2). Крім того, головною перевагою цієї технології вважається створення складних криволінійних нестандартних форм. У довгостроковій перспективі 3D-друк оцінюють як один із потенційних варіантів забезпечення доступним житлом, у тому числі апартаментами.

За об'ємно-просторовою композицією апарт-готелі та багатоквартирні будинки з апартаментами можуть бути класифіковані як точкові, протяжні, периметральні закриті, периметральні відкриті або змішані. Особливості цього параметра залежать від містобудівних умов ділянки і майстерності архітектора. Аналіз досвіду свідчить про наявність усіх зазначених типів, однак найпоширенішими на практиці виявилися відкритий периметральний (з формуванням внутрішніх дворів чи заглибленої вхідної групи) і Н-подібний типи планувань. Ця тенденція пояснюється раціональним використанням простору для забезпечення максимальної кількості житлових юнітів і через коридорну об'ємно-просторову структуру.

Висновки. Складена класифікація на основі попереднього наукового та проектного досвіду має значний вплив на подальше дослідження Оскільки доповнює перелік задач що мають бути вирішені в рамках дослідження. зокрема виявлено необхідність дослідження умов забезпечення різних рівнів комфорту для будівель з апартаментами та умов забезпечення шляхів евакуації для різних об'ємно-просторових рішень.

Список використаних джерел

1. Васильєв Д.В., Гомон О.О. Апартаменти як новий формат тимчасового житла. Просторовий розвиток: науч.-техн. збірник. Київ. КНУБА, 2025.- Вип.11, С.30-38.

2. Ковальська Г.Л., Васильєв Д.В. Сучасні виклики і підходи до формування будівель з апартаментами. Сучасні проблеми архітектури та містобудування. Київ, КНУБА, 2024. – Вип. 71. С. 539 – 548. DOI: https://doi.org/10.32347/2077-3455.2025.71.539-548

3. Громадські будинки та споруди. Основні положення: ДБН В.2.2-9:2018. – Київ: Мінрегіон України: Державне підприємство «Укрхбудінформ», 2018. – 43 с. (Нормативний документ Держкоммістобудування України).

4. Житлові будинки. Основні положення: ДБН В.2.2-15:2019. – Київ: Мінрегіон України: Державне підприємство «Укрхбудінформ», 2019. – 47 с. (Нормативний документ Держкоммістобудування України).

5. Рогожникова Е.Е. Апартаменты - как новый тип временного жилья. Сучасні проблеми архітектури та містобудування. - Київ; КНУБА, 2009. - Вип. 21. - С. 291-295.

6. Брідня ЛЮ. Класифікація готельних житлових одиниць у сучасних закладах тимчасового проживання. Архітектурний вісник КНУБА; науково-технічний збірник. Київ, КНУБА, 2015. – Вип. 5. – С. 334-341..

7. Ліпандін О.В., Пекер А.Й. Апарт-готель як сучасний вид житла. Архітектурний вісник КНУБА. Київ; КНУБА, 2019. Вип. 17 - 18. - С. 88 - 92.

8. Яновицький Є.Л. Методичні засади архітектурно-планувальної організації орендного житла в Україні: дис. кандидата архітектури: 18.00.02. Київ, 2025. 271 с.

9. Гнесь І.П. Проблеми формування фонду орендного житла в Україні. Сучасні проблеми архітектури та містобудування. - Київ; КНУБА, 2010. - Вип. 24. - С. 287-299.

10. Брідня Л.Ю. Методичні основи реконструкції типових готелів в Україні: дис. …кандидата архітектури: 18.00.02 / Брідня Лариса Юріївна . – Київ, 2014. – 256 с.

11. Гнесь І.П. Формування архітектурно-типологічної структури сучасного міського житла в Україні: дис. … доктора архітектури: 18.00.02 / Гнесь Ігор Петрович. – Львів, 2014. – 472 с.

12. Дорохіна Г.І. Архітектурно-планувальна організація фізкультурно-оздоровчих закладів для людей з обмеженими фізичними можливостями: дис. …кандидата архітектури: 18.00.02 / Дорохіна Ганна Ігорівна. – К., 2013. – 244 с.

13. Гнесь І. Багатоквартирне житло: тенденції еволюції: монографія / І.П. Гнесь. – Львів: видавництво Львівської політехніки, 2013. – 652 с.

14. Дорохіна Г.І., Васильєв Д.В., Чмир А.А. Об’ємно-планувальна організація апартаментів як частини структури технопарку // Science in the modern world: innovations and challenges. Proceedings of the 9th International scientific and practical conference. Perfect Publishing. Toronto, Canada. 2025. Pp. 416-423. URL: https://sci-conf.com.ua/wp-content/uploads/2025/05/SCIENCE-IN-THE-MODERN-WORLD-INNOVATIONS-AND-CHALLENGES-15-17.05.2025.pdf

Dmytro Vasyliev,
Kyiv National University of Construction and Architecture

ARCHITECTURAL AND PLANNING CLASSIFICATION OF BUILDINGS WITH APARTMENTS

The article describes the classification of buildings with apartments.

Currently, there are certain inconsistencies regarding the legal status of buildings of the "apartment" type, which creates difficulties in the application of building codes.

According to current regulatory documents, apartments are classified as public buildings, which leads to inconsistencies regarding certain requirements, in particular regarding evacuation routes, which are currently applied to apartments as to residential buildings. For further research and amendments to regulatory documentation, it is necessary to structure the available information obtained from previous work and analysis of world and Ukrainian experience.

The scientists' work will explore apartments in the context of a new type of housing. They define terms such as "apartment," "apart-hotel," and "apartment complex," describing these types of housing as temporary or permanent living options, including apartments, parts of houses, small bungalows, and large villas. The main feature is the presence of a kitchen or cooking area, as well as the possibility of renting or owning for short or long periods.

Most architectural classifications are based on the principle of a multidimensional approach, where an object can simultaneously belong to several categories. First, key classes and their characteristics are determined, after which the categories are filled with specific objects. For buildings with apartments, the following typological criteria can be distinguished: duration of stay, location, level of comfort, number of floors, method of placement, volumetric and spatial structure and construction technology.

The compiled classification has a significant impact on further research, as it complements the list of tasks to be solved within the framework of the study. In particular, the need to study the conditions for ensuring different levels of comfort for apartment buildings and the conditions for providing evacuation routes for different volumetric and spatial solutions has been identified.

Keywords: apartments; apart-hotels; apartment buildings; rental housing; classification; public buildings; residential buildings.

REFERENCES

1. Vasyliev, D., Homon, O. (2025). Apartamenty yak novyy format tymchasovoho zhytla [Apartments as a new format of temporary housing solution] / D. Vasyliev, O. Homon// Prostorovji rozvytok: nauchn.- tekhn. zbirnyk. – K.: KNUBA.- Vyp. 11, S. 30-38. {in Ukrainian}.

2. Kovalska, H.L., Vasyliev, D.V. (2025). Suchasni vyklyky i pidkhody do formuvannia budivel z apartamentamy. [Modern challenges and approaches to the formation of apartment buildings]. Suchasni problemy arkhitektury ta mistobuduvannia: Nauk.-tekhn. Zbirnyk. Vidpov. red. V.V. Tovbych. Kyiv, KNUBA, 2024. – Vyp. 71. S. 539 – 548. DOI: https://doi.org/10.32347/2077-3455.2025.71.539-548 {in Ukrainian}.

3. Hromads′ki budynky ta sporudy. Osnovni polozhennya [Buildings and structures. Public buildings and structures]: DBN V.2.2-9:2018. – Kyyiv: Minrehion Ukrayiny: Derzhavne pidpryyemstvo «Ukrbudinform», 2018. – 43 s. (Normatyvnyy dokument Derzhkommistobuduvannya Ukrayiny) {in Ukrainian}.

4. Zhytlovi budynky. Osnovni polozhennya [Residential buildings. Substantive provisions]: DBN V.2.2-15:2019. – Kyyiv: Minrehion Ukrayiny: Derzhavne pidpryyemstvo «Ukrkhbudinform», 2019. – 47 s. (Normatyvnyy dokument Derzhkommistobuduvannya Ukrayiny) {in Ukrainian}.

5. Rogozhnikova, E.E. (2009). Apartamenty - kak novyy typ vremennoho zhyl′ya [Apartments as a new type of temporary housing]/ Rogozhnikova E. E. // Suchasni problemy arkhitektury ta mistobuduvannya : nauk.-tekhn. zb. / Kyyiv. nats. un-t bud-va i arkhit.; vidp. red. M.M. Domin. - Kyyiv: KNUBA. - Vyp. 21. - S. 291-295 {in Ukrainian}.

6. Bridnya L.Yu. (2015) Klasyfikatsiya hotel′nykh zhytlovykh odynyts′ u suchasnykh zakladakh tymchasovoho prozhyvannya [Classification of hotel residential units in modern temporary accommodation facilities] / L.Yu. Bridnya // Arkhitekturnyy visnyk KNUBA: naukovo-tekhnichnyy zbirnyk. – K.: KNUBA. – Vyp. 5. – S. 334-341{in Ukrainian}.

7. Lipandin, O.V., Peker A.J., (2019). Apart-hotel′ yak suchasnyy vyd zhytla [Apartment hotel as a modern type of housing]. Arkhitekturnyy visnyk KNUBA: nauk.-vyrobn. zb. // Kyyiv. nats. un-t bud-va i arkh-ry: vidp. red. P.M. Kulikov. - Kyyiv: KNUBA. - Vyp. 17 - 18. - S. 88 – 92. {in Ukrainian}.

8. Yanovytskyi Ye.L. (2025) Metodychni zasady arkhitekturno-planuvalnoi orhanizatsii orendnoho zhytla v Ukraini. [Methodological Principles of Architectural and Planning Organization of Rental Housing in Ukraine.] dys. kandydata arkhitektury: 18.00.02. Kyiv, 2025. 271 s. {in Ukrainian}.

9. Gnes, I.P. (2010). Problemy formuvannya fondu orendnoho zhytla v Ukrayini [Problems of forming a fund of rental housing in Ukraine] / I.P. Gnes // Suchasni problemy arkhitektury ta mistobuduvannya: nauk.-tekhn. sb. / Kyyiv. nats. un-t bud-va i arkhit.; vidp. red. M.M. D′omin. - Kyyiv: KNUBA. - Vyp. 24. - S. 287-299 {in Ukrainian}.

10. Bridnia, L.Yu. (2014) Metodychni osnovy rekonstruktsii typovykh hoteliv v Ukraini [Methodological foundations of reconstruction of typical hotels in Ukraine]: dys. …kandydata arkhitektury: 18.00.02 / Bridnia Larysa Yuriivna . – Kyiv, 2014. – 256 s. {in Ukrainian}.

11. Hnes, I.P. (2014) Formuvannia arkhitekturno-typolohichnoi struktury suchasnoho miskoho zhytla v Ukraini [Formation of the architectural and typological structure of modern urban housing in Ukraine]: dys. … doktora arkhitektury: 18.00.02 / Hnes Ihor Petrovych. – Lviv, 2014. – 472 s. {in Ukrainian}.

12. Dorokhina, G.I. (2013) Architectural and planning organization of physical culture and health facilities for people with limited physical abilities: dis. ...candidate of architecture: 18.00.02. Dorokhina Ganna Igorivna. – Kyiv., 2013. – 244 p. {in Ukrainian}.

13. Hnes I. Bahatokvartyrne zhytlo: tendentsii evoliutsii: monohrafiia [Multi-apartment housing: evolutionary trends: monograph] / I.P. Hnes. – Lviv: vydavnytstvo Lvivskoi politekhniky, 2013. – 652 s. {in Ukrainian}.

14. Dorokhina, H.I., Vasyliev, D.V., Chmyr, A.A. (2025) Obiemno-planuvalna orhanizatsiia apartamentiv yak chastyny struktury tekhnoparku [Spatial planning organization of apartments as part of the structure of the technology park]// Science in the modern world: innovations and challenges. Proceedings of the 9th International scientific and practical conference. Perfect Publishing. Toronto, Canada. 2025. Pp. 416-423. URL: https://sci-conf.com.ua/wp-content/uploads/2025/05/SCIENCE-IN-THE-MODERN-WORLD-INNOVATIONS-AND-CHALLENGES-15-17.05.2025.pdf {in Ukrainian}.

DOI: 10.32347/2076-815X.2026.92.79-91
УДК 711.4:502.131.1

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

ЕВОЛЮЦІЯ УТОПІЧНИХ КОНЦЕПЦІЙ ЕКОЛОГІЧНОГО МІСТА ТА ЇХ ВПЛИВ НА ФОРМУВАННЯ СУЧАСНИХ МОДЕЛЕЙ СТАЛОГО УРБАНІЗМУ

Здійснено комплексний аналіз розвитку утопічних концепцій екологічного міста від античних філософських моделей до сучасних реалізованих прикладів сталого урбанізму. Досліджено трансформацію ідеї ідеального міста в напрямі екологізації архітектурного та містобудівного мислення. Показано, що утопічні теорії формують концептуальний фундамент сучасного екологічного проєктування, принципів компактності, інтеграції природного середовища та просторової самодостатності міських структур. Окрему увагу приділено сучасним прикладам екологічних міст, що демонструють практичну реалізацію історичних утопічних ідей у XXI столітті.

Ключові слова: екологічне місто; утопічний урбанізм; сталий розвиток; місто-сад; аркологія; зелена інфраструктура; кліматична адаптація.

Постановка проблеми. Інтенсивна урбанізація XXI століття супроводжується поглибленням екологічних криз: зміною клімату, виснаженням природних ресурсів, руйнуванням ландшафтів, зростанням енергоспоживання та соціальною нерівністю. Архітектурно-містобудівна практика дедалі більше орієнтується на інтеграцію природних процесів у структуру міста, мінімізацію антропогенного впливу та формування комфортного життєвого середовища.

У цьому контексті утопічні концепції міста набувають нового змісту. Вони виступають не як абстрактні фантазії, а як теоретичні моделі, що закладають принципи гармонізації відносин між суспільством і природою. Саме через утопічні проєкції історично формувалася ідея екологічного міста.

Метою статті є аналіз еволюції утопічних концепцій екологічного міста та визначення їхнього впливу на формування сучасних моделей сталого урбаністичного розвитку.

Виклад основного матеріалу. Архітектура і містобудування завжди відображали соціальні, економічні та природні умови свого часу. Проте в умовах

глобальних кліматичних змін, зростання урбанізованих територій та поглиблення екологічних криз постає необхідність переосмислення принципів формування міського середовища. Сучасний архітектор працює в умовах багатовекторної відповідальності – перед природою, суспільством і майбутніми поколіннями.

Ідея екологічного міста не виникла раптово в XX столітті. Вона формувалася протягом тисячоліть через утопічні уявлення про ідеальний суспільний і просторовий лад. Утопія в архітектурі не є лише художньою фантазією – це інструмент теоретичного моделювання майбутнього середовища. Саме в утопічних концепціях закладалися принципи гармонії, рівноваги, просторової логіки та інтеграції природного і штучного.

Сьогодні екологічне місто розглядається як складна демоекосистема, де поєднуються соціальні, природні та техногенні процеси. Розуміння історичної еволюції утопічних концепцій дозволяє глибше усвідомити сучасні моделі сталого урбанізму.

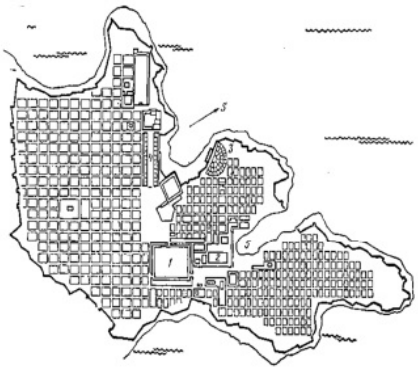
Філософські витоки екологічної моделі міста

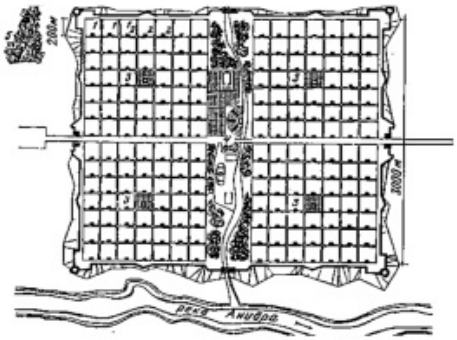
Філософські витоки концепції екологічного міста сягають античної традиції просторової гармонії. Архетип утопічної організації суспільства описано Платоном у творі «Держава», де окреслено уявлення про впорядковану структуру міста-держави, пов’язану з образом о. Атлантида. У межах цієї концепції суспільний устрій співвідноситься з геометрично організованим простором і природними компонентами довкілля, що відображає прагнення до гармонійної інтеграції соціальної організації та просторово-планувальної структури території [1]. Образ Атлантиди з концентричною системою каналів і кільцевих ділянок суші демонструє раннє усвідомлення ролі водних ресурсів і принципів раціонального територіального планування (Рис. 1). Зазначені ідеї стали важливим підґрунтям подальшого розвитку містобудівної теорії, зокрема вплинули на формування радіально-кільцевих міст-фортець у Європі, а також на концептуальні проєкти соціалістів-утопістів.

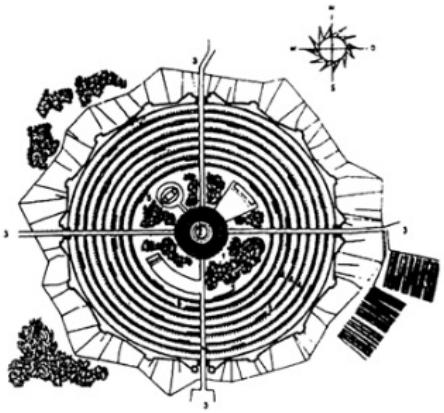
Регулярна планувальна система, розроблена Гіпподамом, ґрунтувалася на принципах раціональності, орієнтації та функціонального зонування [2]. Вона передбачала застосування прямокутної сітки вулиць із диференціацією території на житлову, громадську та сакральну зони, що стало підґрунтям формування раціонального містобудування та прототипом сучасного квартального планування (рис.1.).

У добу Відродження ідеї гармонійної організації простору отримали подальший розвиток. У своєму творі Т. Мор «Утопія» запропонував модель міста з регулярною забудовою, рівномірним розподілом функцій і зеленим поясом навколо нього (рис.1.) [3], а Т. Кампанелла у «Місто Сонця» розвинув радіальну

структуру планування, де просторове рішення узгоджувалося з природно-кліматичними та освітніми чинниками (рис.1.) [3].







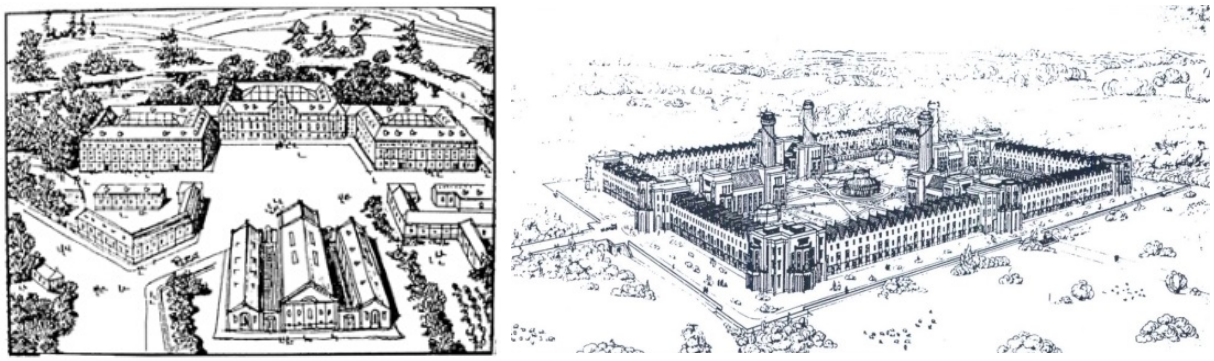
а – загальний вигляд о. Атлантида очима Платона [4];
б – план м. Мілет, V ст. до н. е., арх. Гіпподам: 1, 2 – південна та північна агори, 3 – театр, 4 – стадіон, 5 – порт [5];
в – «Ідеальне місто» м. Амаурот (Гіпподамова схема), Т. Мор [5];
г – «Місто Сонце» Т. Кампанелла [3].

Рис. 1. Еволюція концепцій гармонійного міста: від античних моделей Платона і Гіпподамової системи до утопічних проєктів Відродження.

У сукупності ці концепції заклали підґрунтя для розуміння міста як цілісної системи, в якій простір, суспільство й природне середовище перебувають у взаємозв’язку.

<u>Соціально-екологічні утопії індустріальної епохи</u>

Індустріалізація призвела до різкого погіршення екологічного стану міст, що стимулювало появу альтернативних моделей організації поселень. У своїй роботі Ш. Фур'є запропонував модель фаланстера – автономного поселення з інтеграцією праці, житла та природного середовища (рис. 2) [6], а Р. Оуен розробляв концепцію кооперативних громад, у яких важливу роль відігравали гігієнічні умови проживання, наявність зелених зон та соціальна рівність [7]. У межах цих утопічних проєктів масштаб поселення почав розглядатися як важливий екологічний фактор, що безпосередньо впливає на умови проживання, доступ до природного середовища та соціальну організацію простору. Таким чином формувалося уявлення про оптимальний розмір поселення, у якому можливо забезпечити баланс між виробництвом, житлом і природою (рис. 2).



а – проєкт фаланстера, виконаний В. Консидераном за ідеєю Ш. Фур'є [6];
б – проєкт поселення-громади на 2000 осіб., виконаний С. Уайтвелл за ідеєю Р. Оуена [7].

Рис. 2. Просторові моделі утопічних поселень Ш. Фур'є та Р. Оуена.

<u>«Місто-сад» як переломна екологічна модель</u>

Концепція «місто-сад» Е. Говарда стала переломним етапом у розвитку екологічного містобудування [7, 8]. Вона передбачала обмеження розмірів міста, створення зелених поясів та поєднання міських і сільських функцій у межах єдиної системи (табл. 1).

Таблиця 1.

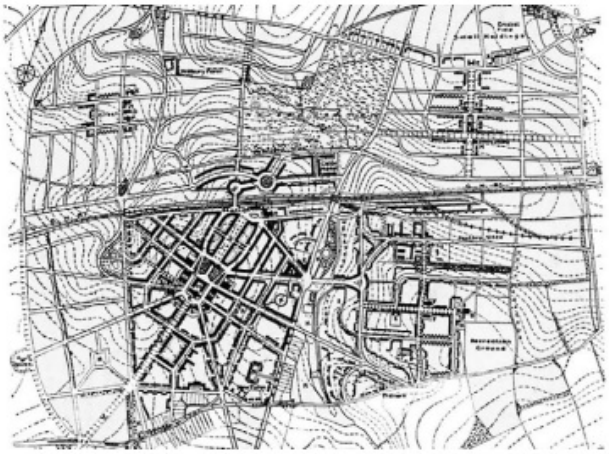
Основні компоненти «Міста-саду» Е. Говарда

Компонент	Екологічна функція
Зелений пояс	Обмеження зростання міст
Радіальна структура	Вентиляція та доступність
Функціональне зонування	Зниження екологічних ризиків
Обмеження населення	Соціальна стабільність

Дана концепція мала основні принципи, а саме: компактність забудови; зелений пояс як просторовий регулятор; змішане функціональне використання; транспортна доступність.

Модель «місто-сад» заклала основу сучасних стратегій сталого розвитку та екологічної планувальної структури. Практичним втіленням цієї моделі стала забудова м. Лечворта, Велика Британія [7, 8] (рис. 3.). Сучасний «Новий урбанізм» розвиває ці ідеї, орієнтуючись на компактність, пішохідність, соціальну взаємодію та екологічність.

а



б

а – світлина м. Лечворта [7]; б – генплан м.Лечворта [8].

Рис. 3. «Місто-сад» Е. Говарда м. Лечворт, Велика Британія.

<u>Архітектурні утопії XX століття та концепція аркології</u>

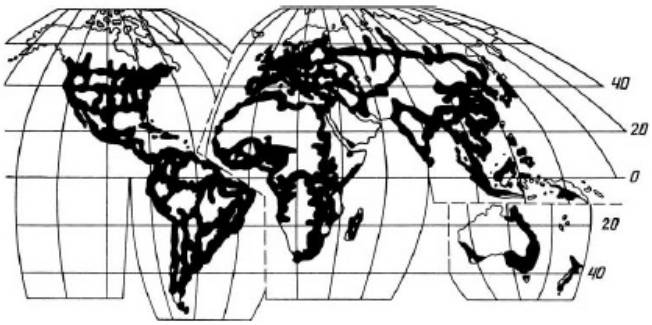
У XX столітті утопічні концепції набули технологічного характеру, що сформувало багато експериментальних моделей, а саме: лінійне місто; багатоярусні міста; мегаструктури; мобільні та плаваючі поселення (табл. 2).

Таблиця 2.

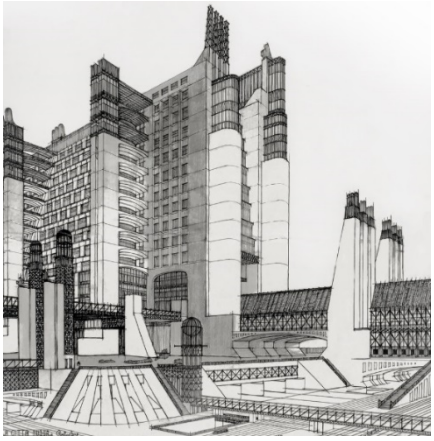
Основні типи футуристичних міст

Тип	Характеристика
Лінійне	Розвиток уздовж транспортних осей
Вертикальне	Інтенсивне використання території
Мобільне	Гнучкість та адаптація
Надводне	Освоєння водних територій

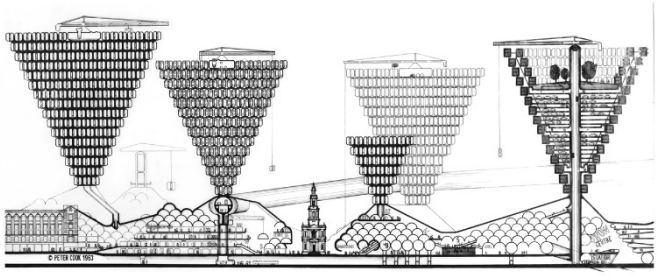
Найбільш впливовим серед дослідників стали теорія екістики і концепція «Екуменополісу» К.Доксіадіса [9] (рис. 4), та багаторівневі міські структури з інтегрованими транспортними мережами А. Сант-Еліа запропонував, що дозволяли ефективніше використовувати територію [10] рис. 4).



а



б



в

г

а – проєкт «Світового міста – Екуменополіс 2100 року», арх. К. Доксіадіс [9];
б – футористичне місто і багатоярусні вулиці «Лінійне місто» 1912 -1914, арх. А. Сант-Еліа [10];
в – проєкт міста «Plug in city» 1960 р., арх. Питер Кук «Archigram» [11];
г – проєкт «Екопоселення на 5000 мешканців «Аркосанті» 1970 р., США, арх. П. Солері [12].

Рис. 4. Представники архітектурної екології та демоекосистемного піходу.

Не менш важливий вклад внесла творча група «Archigram» [11] – акцентували увагу на технологічних і соціальних аспектах міського середовища, акцентуючи на важливості інтеграції нових технологій для полегшення життя в містах (рис. 4).

Особливе значення має концепція аркології П. Солері, яка поєднала архітектуру та екологію [12]. Аркологія передбачає компактність, щільність і

мінімізацію енергоспоживання за рахунок інтегрованої структури міста. Експериментальний проєкт «Аркосанті» демонструє практичне втілення цих принципів (Рис.4) та стала однією з перших спроб теоретично обґрунтувати місто як енергетично збалансовану систему.

Сучасні реалізовані моделі екологічних міст

У XXI столітті утопічні концепції трансформуються у реальні містобудівні стратегії. Серед провідних прикладів є проєкт «Masdar City» (ОАЕ) [13] – експериментальне місто, яке створюється поблизу Абу-Дабі, як один із перших у світі прикладів комплексного сталого урбаністичного розвитку. Концепція передбачає максимальне використання відновлюваних джерел енергії, зокрема сонячної, енергоефективну архітектуру, скорочення споживання ресурсів та мінімізацію викидів вуглецю. Планувальна структура міста орієнтована на компактність, пішохідну доступність і створення затінених вулиць, що дозволяє зменшити перегрів міського середовища в умовах пустельного клімату.

Важливою складовою концепції є інноваційна транспортна система з мінімальним використанням традиційних автомобілів, зокрема автоматизований електричний транспорт і мережа громадського транспорту [14]. Також у місті застосовуються технології повторного використання води, сортування та переробки відходів, що сприяє формуванню замкнених екологічних циклів. Таким чином «Masdar City» розглядається як сучасна модель екологічного міста, де інтегруються технологічні інновації, енергоефективність та адаптація до кліматичних умов (рис. 5.).

Проєкт район Ваубан у м. Фрайбург, Німеччина [15] є одним із найвідоміших прикладів реалізації принципів сталого урбанізму в Європі. Територія району була сформована наприкінці XX – на початку XXI століття на місці колишніх військових казарм і перетворена на екологічно орієнтований житловий квартал. Основою концепції є енергоефективна забудова з використанням пасивних та «плюс-енергетичних» будинків, обладнаних сонячними панелями та сучасними системами енергозбереження. Планувальна структура району орієнтована на обмеження автомобільного руху: пріоритет надається пішоходам, велосипедистам і громадському транспорту, зокрема трамвайній мережі. Важливою складовою концепції є розвиток зелених зон, громадських просторів і екологічної інфраструктури, що сприяє формуванню комфортного та екологічно збалансованого міського середовища (рис.6.).

Отже, сучасні екологічні міста є результатом синтезу історичних утопічних ідей та сучасних технологічних можливостей, а реалізовані урбаністичні проєкти підтверджують поступову трансформацію цих утопічних концепцій у реальні практики сталого міського розвитку.

а

б в

г д

а – загальний вигляд [13]; б – вигляд з пташиного польоту [14]; в – аерофотозйомка м. «Masdar City» [13]; г – пішохідні вулиці [14]; д – електороавтомобіль [14].

Рис. 5. Архітектурно-планувальні рішення екологічного міста «Masdar City», ОАЕ, початок будівництва 2008 р.

а

б

в г д

а – аерофотозйомка району Ваубан, м. Фрайбург Німеччина [16]; б – містобудівне планування міського району Ваубан, м. Фрайбург Німеччина [15]; в – загальний вигляд енегроефективного житла [16]; г – фотоелектричний дах житлового будинку [16]; д – трамвайний маршрут [15].

Рис. 6. Проєкт у м. Фрайбург (район Ваубан), Німеччина.

Висновки. Еволюція утопічних концепцій екологічного міста сформувала міцну теоретичну та методологічну основу сучасного сталого урбанізму. Ідеї гармонійного співіснування людини і природи, принципи компактності міського простору, інтеграції природного середовища у структуру забудови, а також просторової самодостатності міських систем залишаються актуальними й сьогодні. Ці принципи поступово трансформувалися з абстрактних філософських моделей у практичні інструменти містобудівного планування, що спрямовані на формування екологічно збалансованого та соціально комфортного міського середовища, здатного реагувати на сучасні урбаністичні та екологічні виклики.

Сучасні приклади екологічних міст і сталих урбаністичних проєктів демонструють, що утопічне мислення продовжує відігравати ключову роль у стратегічному архітектурному та містобудівному проєктуванні. Воно дозволяє розробляти довгострокові сценарії розвитку міст, інтегрувати інноваційні технології та екологічні рішення у міську тканину, а також стимулює пошук нових підходів до енергоефективності, збереження ресурсів та адаптації до змін клімату. Крім того, утопічні концепції сприяють розвитку соціально інклюзивних середовищ, де взаємодія людини та природи забезпечує підвищену якість життя, здоров'я та соціальну згуртованість.

Таким чином, утопічні ідеї залишаються не лише історичною спадщиною архітектурної думки, а й важливим інструментом прогнозування, планування та формування майбутнього міського середовища. Вони допомагають містам адаптуватися до глобальних екологічних та урбаністичних викликів, зберігаючи баланс між розвитком і природою, і водночас стимулюють формування інноваційного, стійкого та життєздатного міського простору для наступних поколінь.

Список джерел

1. Платон. Держава / Пер. з давньогр. Д. Коваль. – К.: Основи, 2000. – 355 с. ISBN 966-500-022-5.

2. Barbera F. Ippodamo di Mileto e gli «inizi» della pianificazione territoriale. Milano: FrancoAngeli, 2017. – 414 p.

3. Томас Мор і Томаззо Кампанелла. URL: https://osvita.ua/vnz/reports/world_history/5467/ (дата звернення: 5 березня 2026).

4. Plato's map of Atlantis, artwork. URL: https://www.sciencephoto.com/media/492371/view/plato-s-map-of-atlantis-artwork (дата звернення: 3 березня 2026).

5. Безлюбченко О.С., Гордієнко С.М., Завальний О.В. Планування міст і транспорт: навч. посіб. Харків: ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2021. – 271 с. ISBN 978-966-695-525-1

6. Reflexion on fourier's phalanstery. URL: http://jessica-f-angel.com/phalanstere (дата звернення: 7 березня 2026).

7. Robles Jiménez, Manuel Antonio. Trabajo Fin de Grado. – Madrid: Universidad Politécnica de Madrid, 2022. URL: https://oa.upm.es/70941/1/TFG_Junio22_Robles_Jiménez_Manuel%20Antonio.pdf (дата звернення: 07. Березня 2026).
8. Howard E., 1902. Garden Cities of To-morrow. London: Swan Sonnenscter Square.
9. Doxiadis' Ecumenopolis (1968). URL: https://www.researchgate.net/figure/Doxiadis-Ecumenopolis-1968-Source-Retrieved-10-November-2017-from_fig1_322567438 (дата звернення: 4 березня 2026).
10. File: Particolare (La Città Nuova) 1914 ART Antonio Sant'Elia. URL: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Particolare_(La_Città_Nuova)_1914_ART_Antonio_Sant%27Elia_2023_RET_WjArendshorst.png (дата звернення: 4 березня 2026).
11. El futuro de ayer. Diseños visionarios por Future Systems y Archigram. URL: https://www.metalocus.es/es/noticias/el-futuro-de-ayer-disenos-visionarios-por-future-systems-y-archigram (дата звернення: 4 березня 2026).
12. Arcosanti, Arizona. URL: https://nwnative.us/Trips/Spring2014AZMexico/IndexArcosanti.html (дата звернення: 4 березня 2026).
13. Masterplan Masdar City, Abu Dhabi, United Arab Emirates. URL: https://transsolar.com/projects/abu-dhabi-masterplan-masdar-city?utm_source=chatgpt.com (дата звернення: 3 березня 2026).
14. Masdar City: The ultimate experiment in sustainable urban living? URL: https://edition.cnn.com/style/article/conversation-masdar-city-lee (дата звернення: 6 березня 2026).
15. Europe's Most Sustainable Town. URL: https://www.greencitytimes.com/europe-s-most-sustainable-city/ (дата звернення: 3 березня 2026).
16. Vauban ecodistrict, Freiburg. URL: https://www.construction21.org/city/h/vauban-ecodistrict-freiburg.html (дата звернення: 7 березня 2026).

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

EVOLUTION OF UTOPIAN CONCEPTS OF THE ECOLOGICAL CITY AND THEIR INFLUENCE ON THE FORMATION OF CONTEMPORARY MODELS OF SUSTAINABLE URBANISM

This article provides a comprehensive analysis of the evolution of utopian concepts of the ecological city, from ancient philosophical models to contemporary realized examples of sustainable urbanism. It examines the transformation of the ideal city concept toward the ecologicalization of architectural and urban thinking, highlighting the role of utopian projects as a theoretical tool for establishing principles of harmonious coexistence between humans and nature, compact urban space, integration of natural environments into the built structure, and spatial self-sufficiency of urban systems.

The study explores the philosophical foundations of the ecological city model, including the ideas of Plato and the image of Atlantis, as well as the contributions of Hippodamus, T. More, and T. Campanella to the formation of rational and harmonious urban organization. It analyzes socio-ecological utopias of the industrial era, including Ch. Fourier's phalansteries and R. Owen's cooperative communities, which influenced the understanding of optimal settlement scale and the balance between production, housing, and nature. Special attention is given to E. Howard's "Garden City" concept and its contemporary adaptations within the framework of New Urbanism.

The development of 20th-century architectural utopias is highlighted, including multi-level cities, megastructures, and P. Soleri's arcology concept, which combined architecture with ecology, optimized resource use, and promoted energy efficiency. Modern realized ecological city projects, such as "Masdar City" (UAE) and the Vauban district in Freiburg (Germany), are examined as examples of integrating utopian ideas into actual urban environments through renewable energy, energy-efficient architecture, green spaces, innovative transportation systems, and closed ecological cycles.

The study concludes that utopian concepts of the ecological city not only historically shaped architectural thought but remain an effective tool for strategic planning, forecasting, and creating sustainable urban environments. They foster innovative approaches to energy efficiency, social integration, and urban adaptation to contemporary ecological challenges, ensuring the resilience and long-term viability of urban systems in the 21st century.

Keywords: ecological city; utopian urbanism; sustainable development; garden city; arcology; green infrastructure; climate adaptation.

REFERENCES

1. Platon. Derzhava (2000). [Plato, The Republic] / Per. z davn′ohr. D. Koval′. – K.: Osnovy, 2000. – 355 s. ISBN 966-500-022-5. {in Ukrainian}

2. Barbera F. (2017). Ippodamo di Mileto e gli «inizi» della pianificazione territoriale. Milano: FrancoAngeli, 2017. – 414 p. {in Italian}

3. Tomas Mor i Tomazzo Kampanella. (2009) [T. More and T. Campanella.] URL: https://osvita.ua/vnz/reports/world_history/5467/ (date of access: March 5, 2026). {in Ukrainian}

4. Plato's map of Atlantis, artwork. URL: https://www.sciencephoto.com/media/492371/view/plato-s-map-of-atlantis-artwork (date of access: March 3, 2026). {in English}

5. Bezlyubchenko O.S., Hordiyenko S.M., Zaval′nyy O.V. (2021). Planuvannya mist i transport [City planning and transport] : navch. posib Kharkiv:

KHNUMH im. O.M. Beketova, 2021. – 271 s. ISBN 978-966-695-525-1. {in Ukrainian}

6. Reflexion on fourier's phalanstery. URL: http://jessica-f-angel.com/phalanstere (date of access: March 7, 2026). {in English}

7. Robles Jiménez, Manuel Antonio. (2022). Trabajo Fin de Grado. – Madrid: Universidad Politécnica de Madrid, 2022. URL: https://oa.upm.es/70941/1/TFG_Junio22_Robles_Jiménez_Manuel%20Antonio.pdf (date of access: March 7, 2026). {in Spain}

8. Howard E. (1902). Garden Cities of To-morrow. London: Swan Sonnenscter Square. {in English}

9. Doxiadis' Ecumenopolis 1968. (2018). URL: https://www.researchgate.net/figure/Doxiadis-Ecumenopolis-1968-Source-Retrieved-10-November-2017-from_fig1_322567438 (date of access: March 4, 2026). {in English}

10. File: Particolare (La Città Nuova) 1914 ART Antonio Sant'Elia. (2023) URL:https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Particolare_(La_Città_Nuova)_1914_ART_Antonio_Sant%27Elia_2023_RET_WjArendshorst.png (date of access: March 4, 2026). {in English}

11. El futuro de ayer. Diseños visionarios por Future Systems y Archigram. (2016). URL: https://www.metalocus.es/es/noticias/el-futuro-de-ayer-disenos-visionarios-por-future-systems-y-archigram (date of access: March 4, 2026). {in English}

12. Arcosanti, Arizona. (2014). URL: https://nwnative.us/Trips/Spring2014AZMexico/IndexArcosanti.html (date of access: March 4, 2026). {in English}

13. Masterplan Masdar City, Abu Dhabi, United Arab Emirates. URL: https://transsolar.com/projects/abu-dhabi-masterplan-masdar-city?utm_source=chatgpt.com (date of access: March 3, 2026). {in English}

14. Masdar City: The ultimate experiment in sustainable urban living? (2016). URL: https://edition.cnn.com/style/article/conversation-masdar-city-lee (date of access: March 6, 2026). {in English}

15. Europe's Most Sustainable Town. URL: https://www.greencitytimes.com/europe-s-most-sustainable-city/ (date of access: March 3, 2026). {in English}

16. Vauban ecodistrict, Freiburg. URL: https://www.construction21.org/city/h/vauban-ecodistrict-freiburg.html (date of access: March 7, 2026). {in English}

DOI: 10.32347/2076-815X.2026.92.92-108
УДК 711.4

доцент **Гомонович С.С.,**
s.homonovych@chnu.edu.ua, ORCID: 0009-0003-6485-2173,
Довганюк А.І.,
a.dovganyuk@chnu.edu.ua, ORCID: 0000-0002-8052-9304,
Чернівецький національний університет імені Юрія Федьковича

МІСТОБУДІВНІ ПЕРЕДУМОВИ ФОРМУВАННЯ СУЧАСНОГО МІСТА ЧЕРНІВЦІ

Розглянуто історико-містобудівні дослідження планувальної структури міста, його забудови та етапів формування історичного центру; впливи Австро-Угорщини та Румунії на розвиток сучасної містобудівної структури й забудови.

Зроблено аналіз археологічних та історико-архітектурних джерел, узагальнення історичного розвитку містобудівної системи Чернівців від кам'яної доби до радянського періоду та подальших генпланів.

Історичне ядро міста сформоване в епоху Австро-Угорщини та Румунії. Збереження історичної планової цілісності міста та його центральної частини дозволило зберегти автентичність до сьогодні. Виконано кілька значних генпланів 1950-1960-х та 1964 років, які визначили транспортні та промислові райони, але не всі запропоновані проєкти реалізовано.

Дослідження підкреслює важливість історико-містобудівних факторів для сучасної урбаністики Чернівців та потребу подальшого вивчення впливів різних етнокультурних та історичних періодів на міський центр.

Ключові слова: історична планувальна структура; історичне ядро міста; генплан міста; урбаністика; транспортна інфраструктура.

Постановка проблеми. Досліджуються історико-містобудівні чинники, що визначають сучасну конфігурацію міста Чернівці, та вплив трьох владних періодів — Австро-Угорщини, Румунії та Радянського Союзу — на забудову, транспортну мережу та містобудівну політику. Аналізу підлягають етапи формування історичного центру та їхня збереженість до сьогодні, а також аспекти потреби подальших досліджень і модернізації.

Основна увага зосереджена на реконструкції історико-містобудівної траєкторії міста та на визначенні пріоритетів збереження спадщини у контексті модернізації урбаністичної інфраструктури.

Аналіз основних досліджень і публікацій. Історико-архітектурним дослідженням міста Чернівці присвячені праці С.В. Пивоварова та

Раймунда Кайндля [3] щодо археології та ранньої міської забудови Чернівців. Важливими джерелами щодо періодів Австро-Угорщини та Румунії є монографії та публікації про розвиток центральної частини міста та його околиць, правила забудови 1928 року [1, 4]. Історико-містобудівним дослідженням присвячена праця за авторством Вечерський В.В., Скібіцька Т.В. та Сердюк О.М. [2], а також наукова праця Коротун І.В. [14]. Історико-містобудівний розвиток міста Чернівці відобріжений у виданні присвяченому 600-річчю першої згадки про місто Чернівці в історичних джерелах [1].

Суттєве заначення для розвитку міста представляють Генеральні плани з 1947 – 1964 роки, що визначали напрямки розвитку та транспортні вузли міста, частина з них частково реалізована [11, 12].

Актуальність дослідження. Чернівці мають унікальний випадок збереження історико-містобудівної системи в Центральній Європі, де різні епохи залишили виразні ознаки планування та забудови.

Відзначено потребу системного узагальнення впливів Австро-Угорщини і Румунії на сучасний вигляд міста та визначення пріоритетів збереження та розвитку історичного центру в умовах модернізації.

Наукова новизна роботи полягає в:

- Комплексній реконструкції історико-містобудівних етапів Чернівців від кам'яної доби до радянського періоду, з акцентом на роль установ, які регулювали планування і забудову у різні історичні епохи.
- Узагальнення даних щодо центральної частини міста, головних площ, інженерної та транспортної інфраструктури, та новітніх генпланів як основи для подальшого збереження історичної цілісності.
- Виявлення недореалізованих проєктів генпланів та запропонування напрямків для модернізації транспортної мережі.

Мета дослідження:

- Відтворити історико-містобудівну траєкторію Чернівців та визначити впливи різних історичних періодів на сучасний вигляд міста, його центр та забудову.
- Оцінити ефективність реалізації генпланів та їхньої ролі у формуванні сучасної міської тканини.
- Висвітлити проблеми збереження історичної спадщини та запропонувати рекомендації щодо подальших досліджень.

Для досягнення поставленої мети визначено такі **завдання**:

1. зібрати та систематизувати історичні матеріали з археології, архітектури та містопланування Чернівців;
2. проаналізувати періоди Австро-Угорщини, Румунії та Радянського Союзу та їх вплив на містобудівну структуру;

3. узагальнити дані щодо центральної частини міста та транспортних рухів;

4. оцінити реалізацію генпланів та їхній вплив на сучасний стан міста.

Методи дослідження включають:

- історико-архітектурний аналіз джерел;
- порівняльний аналіз трьох періодів містобудування;
- картографічний та просторовий аналіз історичних та сучасних планів;
- узагальнення емпіричних даних та висновки щодо збереження спадщини.

Виклад матеріалу

Результати досліджень та їх обґрунтування. Знаряддя людської культури перших поселень на території нинішнього міста Чернівці були знайдені, як на правому так і на лівому березі річки Прут. Український науковець, археолог, історик, доктор історичних наук, професор С. В. Пивоваров зазначає, що: «На території сучасних Чернівців та його околиць відомо близько 90 археологічних пам'яток (стоянок, поселень, городищ, могильників, окремих поховань, скарбів), які відносяться до періодів від пізнього палеоліту (35 – 10 тис. років тому) до пізнього середньовіччя (XIV – XVII ст.)» [1]. Археологічні знахідки знайдені на території Чернівців також детально описав визначний австрійський історик, буковинознавець, етнограф, фольклорист, педагог, громадський діяч, професор і ректор Чернівецького університету Раймунд Фрідріх Кайндль у книзі «Історія Чернівців»: «…Майже в усіх названих місцях виявлені знаряддя тих часів розвитку людської культури, які зазвичай за матеріалом, що переважно використовувався для виготовлення зброї та виробів називають «кам'яною добою». Та й на землях нинішніх Чернівців знайдено багато кам'яних сокир різної форми…» [3]. Ці історичні знахідки свідчать про певні етапи заселення тих чи інших територій нинішнього міста. Очевидно, що після численних повеней, пожеж та пограбувань, мешканці первісних поселень з лівого заплавного берега річки Прут переміститись на високі пагорби правого берега, де в районі нинішньої вулиці Синагоги розбудувалось нове поселення.

До середини XVIII століття місто Чернівці мало здебільшого сільський характер забудови – переважали одноповерхові дерев'яні або саманні будівлі криті соломою або дранкою, вузькі вулички, населення здебільшого зайняте сільським господарством. Ознаки міста почали з'являтися лише в 1774 році, з початком правління в краї Австро-Угорської імперії. Як зазначив кандидат архітектури, автор монографії «Історико-містобудівні дослідження Чернівців», В.В. Вечерський «…Кінець XVIII і початок XIX століття – це часи планомірних

містобудівних заходів, які остаточно сформували структуру міського центру» [2].

«Австрійський період» розвитку міста Чернівці (1774 – 1918 рр.), історики часто називають «золотою добою» міста. Радіально-кільцева система планування міста, остаточно сформувалась в Чернівцях саме в XVIII столітті. За період правління Австро-Угорської імперії в Чернівцях остаточно було сформовано центральну частину міста, головні площі - Площу ринок (нині Центральна площа), Площу Єлизавети (нині Театральна площа), площу Рудольфа (нині площа Філармонії), площу Австрії (нині Соборна площа). Саме в період правління Австро-Угорщини в місті у 1882 році було побудовано резиденцію митрополитів Буковини та Далмації, міську Ратушу у 1848 році, і багато інших знакових для міста споруд. Таким чином Чернівці набуло ознак європейського міста, з щільною порцельованою в центральній частині міста забудовою, розвиненою інженерно-транспортною інфраструктурою, високим рівнем благоустрою та культури його мешканців [1, 8].

«Румунській період» в Чернівцях (1918 – 1940 рр.) також як і «австрійський» відзначився інтенсивною забудовою, та містобудівним розвитком міста як в центральній частині, так і на той час околицях міста. В 1928 році примарією (міською управою) затверджуються «Правила забудови будинків та врегулювання вулиць міста Чернівці». Дослідження цих правил навела М. Д. Никирса [1] у книзі «Чернівці. Історія і сучасність (Ювілейне видання до 600-річчя першої писемної згадки про місто)». А саме авторка зазначає, що «Правила складалися з 11 розділів, в яких регулювались певні напрями забудови. Наприклад, в першому розділі правил йшлося про розміри вулиць та тротуарів; у другому розділі виділено чотири зони будівництва: центральну, периферійну, промислову та приміську; у третьому розділі регулювалась висотність споруд; четвертий розділ містить гігієнічні та санітарні вимоги будівництва; п’ятий – сьомий розділи стосувалися будівельних вимог до фундаментів, цегляних споруд, несучих конструкцій, дахів, громовідводів, димоходів, тощо; восьмий розділ регулював процедуру надання дозволів на будівництво, а у дев’ятому розділі йшлося про здачу об’єктів в експлуатацію; десятий розділ про існуючі на той час тарифи, а заключний одинадцятий розділ призначав каральні санкції та штрафи [4, 8].

Встановлені Правила істотно вплинули на інтенсивність забудови міста. Саме в цей час почали зводитись у Чернівцях цілі квартали кооперативних багатоквартирних житлових будинків та приватних вілл. В цей період в Чернівцях з’явились цікаві стильні будівлі такі як: Каса соціального страхування, сьогодні – Міська поліклініка №1 на вулиці Шкільній (стиль конструктивізм); Свято-Миколаївська церква на вул. Руській, 35 (стиль «бринков’яну»);

поліклініка на вулиці Лесі Українки, 11 (стиль конструктивізм); телефонно-телеграфна станція на нинішній вулиці Університетській, 3; квартали елітних житлових будинків та вілл на сьогоднішніх вулицях Юрія Федьковича та Василя Аксеніна.

Окрім житлових та громадських будинків в цей період в Чернівцях також зводились потужні промислові об’єкти: завод металоштивів, завод сільськогосподарських машин, Чернівецька меблева фабрика. Також за румунської доби, в 1930 році, в Ченівцях споруджено в південно-східній частині міста аеропорт (рис.1).

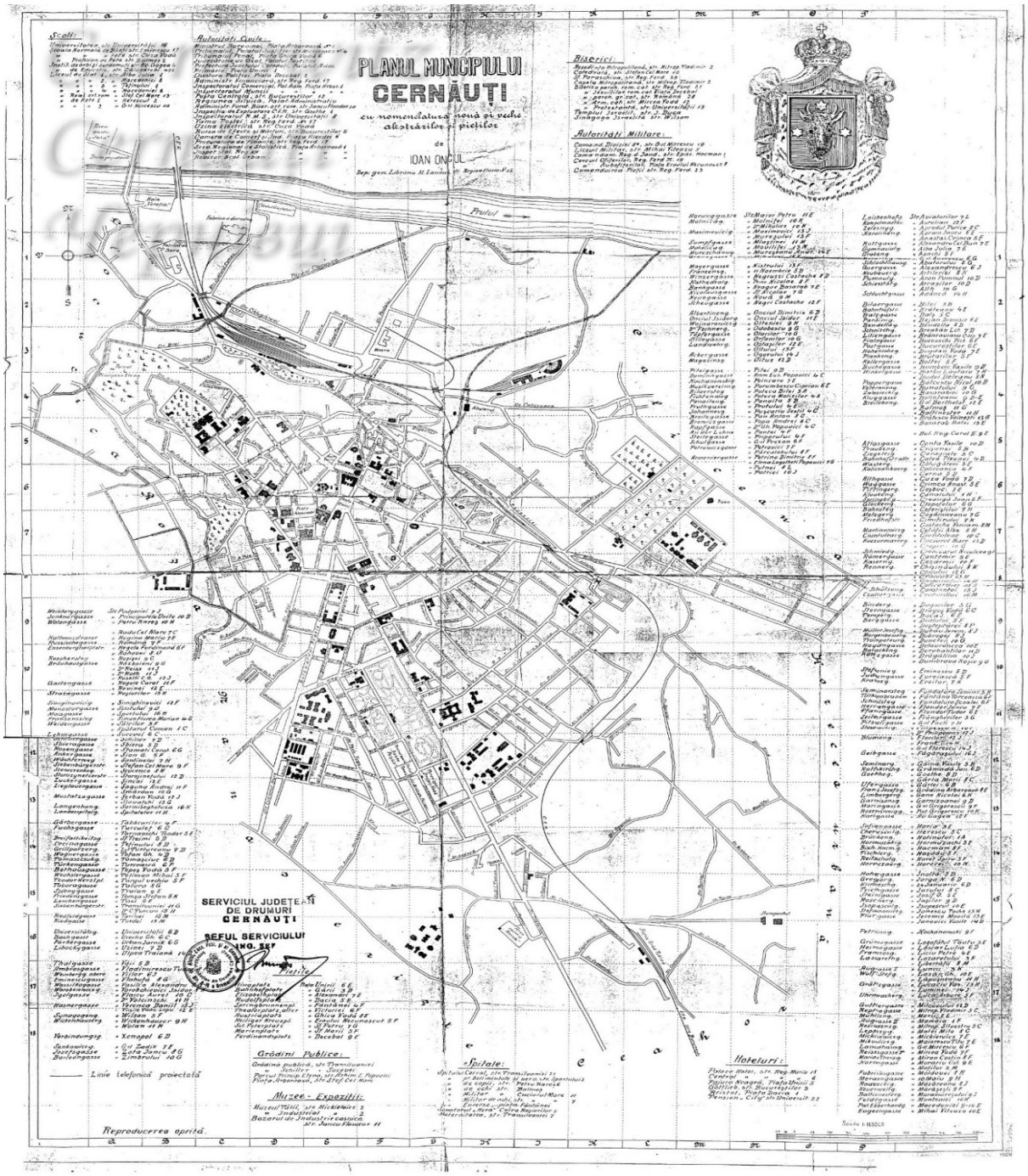


Рис. 1. Генеральний план міста Чернівці 1930 року [1].

Отже, можемо припустити, що період перебування Австро-Угорщини та Румунії в Ченівцях істотно вплинув на формування містобудівної структури міста, його планувальних особливостей, вулично-дорожньої мережі та архітектури. Саме в цей відрізок часу в Чернівцях остаточно було сформоване історичне ядро міста, яке на відміну від багатьох історичних міст України, достатньо достовірно та автентично вдалося зберегти до сьогоднішніх днів.

Період Радянського Союзу а Чернівцях розпочався в червні 1940 року, але був перерваний ІІ світовою війною. Перший генеральний план міста Чернівці радянського періоду був схвалений Чернівецьким міським виконавчим комітетом 24 червня 1947 і мав назву «Схема генерального плану міста Чернівці». Головні завдання, які необхідно було вирішувати на той час – це відбудова зруйнованих війною житлових будинків міста та промислових об’єктів. Генпланом передбачалося проводити забудову міста у південному напрямку, а на північ, зокрема на території, так званого Запрутського району, та на вулицях Севастопольській – Прутській, розвивати промислові території [9].

Другий генеральний план міста Чернівці розроблений Харківським філіалом проектного інституту «Діпромісто» у 1956 році. Цим генпланом підтримано тенденцію планувального розвитку території міста у південному напрямку. Генпланом 1956 року заплановано подальшу розбудову центрального промислового району в районі залізничного вокзалу. Першочергово було відновлено виробничі потужності Чернівецького машинобудівного заводу на вул. Прутській, побудовано новий інженерний корпус заводу на розі вулиць Прутської та Машинобудівників, ковальсько-пресовий цех, цех допоміжного обладнання, компресорна, блок допоміжних цехів. У відповідності до цього генплану в 1950-1960 роках було розпочато будівництво багатоквартирних житлових будинків в районі вулиць Олександра Щербанюка, Андрія Кушніренка, Миколая Коперника. Відбудовувались також зруйновані під час війни житлові будинки в центральній частині міста. Забудовано кут вул. Університетської – Степана Бандери, відбудовано зруйнований житловий будинок на вул. Поштовій, 6 [9].

Наступний генеральний план міста Чернівці (рис. 2) було розроблено Львівським філіалом Українського державного інституту проектування міст в 1964 році на період до 1985 року [11, 12]. В основу цього генплану було закладено ідею збереження історично сформованої системи забудови центральної частини міста, та розвиток трьох промислових районів: центрального, північного та південного. Центральний промисловий район пропонувалось розвивати на базі існуючих виробничих підприємств розміщених в межах залізничного вокзалу, р. Прут та вул. Старожучківський шлях. Північний промисловий район, відповідно до Генплану, формувався в

Садгірському районі міста на вулицях Хотинській, Заводській та Ярослава Мудрого. Південний промисловий район запроектовано в межах вулиць Леоніда Каденюка, Олександра Маланчука, Південно-Кільцевої та вул. Головної.

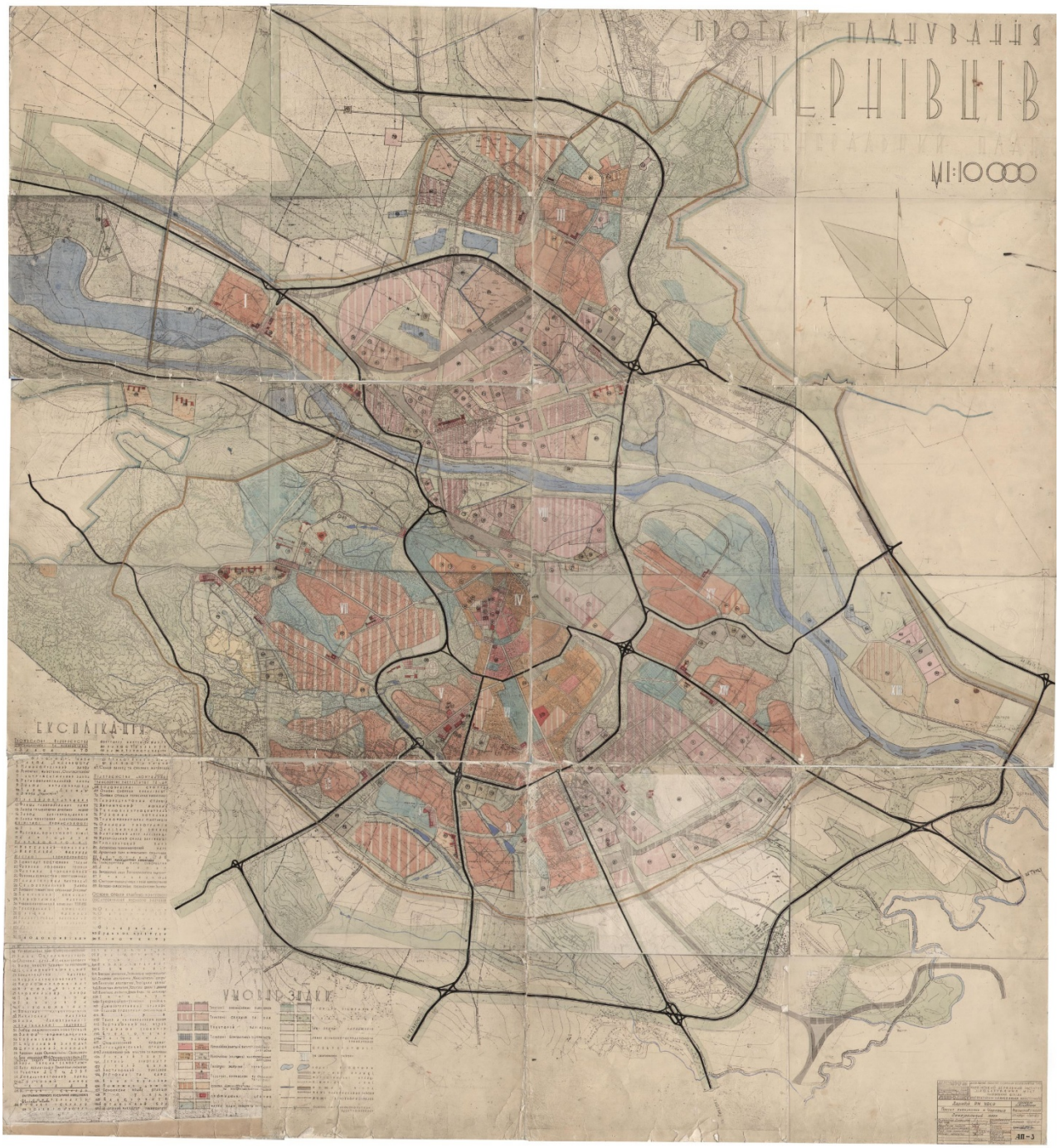


Рис. 2. Проект планування міста Чернівців.
Генеральний план – липень 1964 року [11].

Генеральним планом 1964 року вперше розроблено основні магістральні вулиці та транспортні розв’язки міста Чернівці, мале та велике кільце для об’їзду центральної частини міста, а також розроблено 14 транспортних розв’язок.

Станом на сьогодні вдалося зреалізувати лише частину об'їзної магістралі міста та дві транспортні розв'язки в районі села Магала та села Остриця [11].

У відповідності до генплану від 1964 року було розпочато будівництво проспекту Незалежності. На жаль передбачені генпланом проектні пропозиції не вдалося зреалізувати і до сьогодні. Не завершено будівництво проспекту на ділянці від вул. Героїв Майдану до вул. Сторожинецької. Суттєво, можливо, покращити транспортну проблему у цьому районі міста з реалізацією проекту продовження проспекту на ділянці від вул. Яської до вул. Кармелюка з будівництвом шляхопроводу над залізничною колією. Також потребує вирішення проблема будинку №2, що кутом виступає на проїзжу частину проспекту.

На місці пустирів на виїзді з міста по вул. Руській, генпланом розвитку міста від 1964 року, планувалось будівництво цілого ряду промислових підприємств: заводу газорозрядних ламп, заводу управляючих лічильних машин, заводу напівпровідників, заводу побутових приладів. Таким чином закладено основу для формування нового промислового та житлового мікрорайону міста, що згодом отримав назву «Гравітон» [12].

Новий генеральний план розвитку міста Чернівці був розроблений Львівським інститутом «Укрзахідцивільпроект» по завданню Держбуду України у 1990 році (рис. 3). Це був складний перехідний період розпаду Радянського Союзу і початок формування незалежної держави Україна. Протягом трьох років тривало обговорення та узгодження генплану. Зрештою, 3 липня 1993 року XVII сесія XXI скликання Чернівецької міської ради народних депутатів вирішила: затвердити генеральний план розвитку міста Чернівці, «як документ для оперативної роботи та вирішення питань першочергового будівництва в місті». Також на сесії міської ради було наголошено: « …продовжити роботу по його проектуванню з залученням спеціалістів місцевих інститутів та звернутись у Львівський інститут «Укрзахідцивільпроект» з питань виготовлення проекту першочергового будівництва в м. Чернівці, розробку проекту по зміні адміністративних меж м. Чернівці для затвердження їх згідно діючого законодавства та розробки програми по зміні структури житла з збільшенням об'єму малоповерхового та індивідуального будівництва» [5, 10].

Важливо, що на сесії депутатами міської ради, після тривалого обговорення проекту генерального плану, було визначено основні пріорітети міського розвитку, а саме в галузі охорони навколишнього природного середовища. Зокрема, було доручено міськвиконкому замовити Територіальну комплексну схему охорони природи (ТерКСОП) та підготовити пропозиції по ландшафтній реконструкції зелених зон міста та захисної зони річки Прут. Також депутати зосередили увагу на стан інженерних мереж міста, вирішили проаналізувати до

01.01.1994 року стан та перспективи розвитку інженерних мереж, комунікацій міста та визначити необхідність розробки нових, або коригування галузевих схем через спеціалізовані проектні інститути, на основі генерального плану міста розробити та затвердити Правила забудови м. Чернівці.

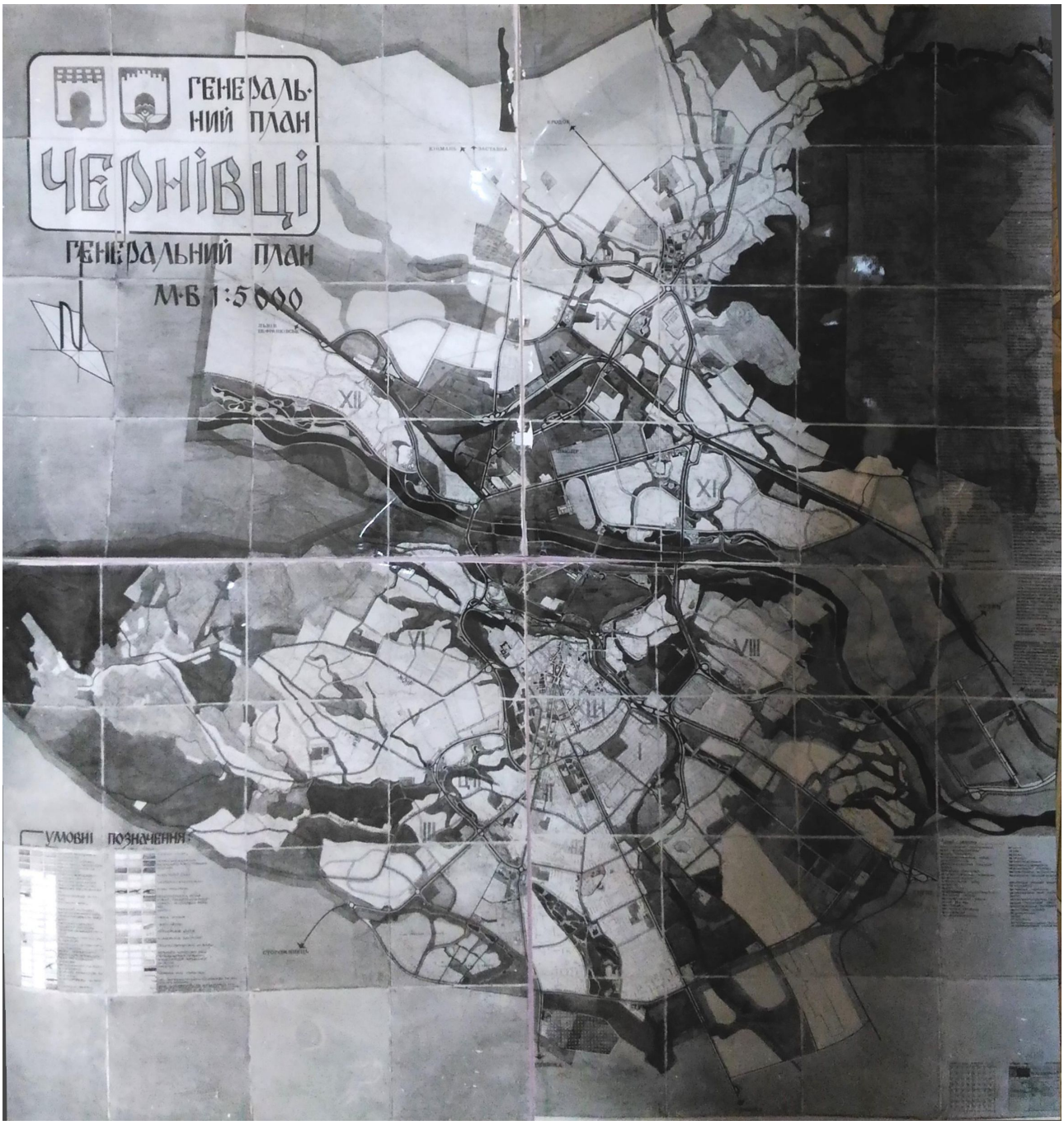


Рис. 3. Фото Генерального плану міста Чернівці 1990 року [10].

Чисельність населення міста Чернівці (станом на 01.01.1994 р.) становила 257,3 тис. осіб. З них 122, 1 тис. осіб зайнята на підприємствах містоутворюючого значення. Майже 48% населення міста зайнято в

промисловому виробництві. До цієї категорії слід додати ще 45,0 тис. осіб, що щоденно прибувають на роботу з приміської зони [10].

Розвиток промислових підприємств міста станом на 1990 рік значно випереджав показники об'єктів соціальної сфери, житлового будівництва, об'єктів комунальної сфери, транспортних шляхів та споруд. В місті значно зросла кількість нових підприємств оборонної промисловості: Заводи «Гравітон», «Кварц», «Граніт», «Легмаш», «Електронмаш», «Розма» [10].

Промисловість міста 1990 року була представлена такими галузями, як машинобудівна (приладобудування, електроніка), нафтохімічна промисловість, легка промисловість, деревообробна та виробництво будівельних матеріалів. Загалом, станом на 01.01.1990 року в місті існувало 63 промислові підприємства, три вищі учбові заклади (Чернівецький університет, медичний інститут, філіал Київського торгово-економічного інституту, а також 10 технікумів, 4 училища, та 14 професійно-технічних училищ [5, 10].

З намічених генпланом від 1993 року заходів, не дивлячись на кризу, вдалося зреалізувати деякі знакові для міста об'єкти транспортної та інженерної інфраструктури. В 1998 році було завершено будівництво автомобільного мосту через річку Прут в районі Дріжзаводу та прокладено тролейбусну лінію до кільцевої транспортної розв'язки «зупинка Дріжзавод», а згодом і до МКП «Калинівський ринок». Завершено будівництво другої нитки водогону «Дністер-Чернівці» довжиною 25,6 км. За рахунок бюджетних коштів було завершено роботи по повній газифікації міста Чернівці [5].

Не дивлячись на те, що намічені генпланом 1993 року заходи були розраховані на період до 2010 року, в 2001 році було прийнято рішення про коригування діючого на той час Генерального плану розвитку м. Чернівці. Таке рішення було зумовлене значними змінами соціально-економічних умов та у зв'язку з переходом до ринкових відносин в суспільстві, що в свою чергу призвели до суттєвих змін у містобудівної ситуації міста. Більшість промислових підприємств міста припинили свою діяльність. У зв'язку з реформою збройних сил України, у місті з'явились величезні території бувших військових частин, які не використовувались за призначенням. Необхідно надати нове цільове використання цим депресивним територіям, які поступово перетворювались на сміттєзвалища. Також в Чернівцях у той час залишилась низка промислових підприємств незавершеного будівництва.

Новий Генеральний план міста Чернівці розроблений протягом 2002-2004 року (рис. 4) і затверджений рішенням 26 сесії Чернівецької міської ради IV скликання від 04.11.2004 р. №562 [6] передбачав винесення центрального промислового району міста на периферійну зону – район залізничної станції Магала. На території, що поступово буде звільнятися від промислових

підприємств, передбачалось створення потужної рекреаційної зони вздовж правого берега річки Прут.

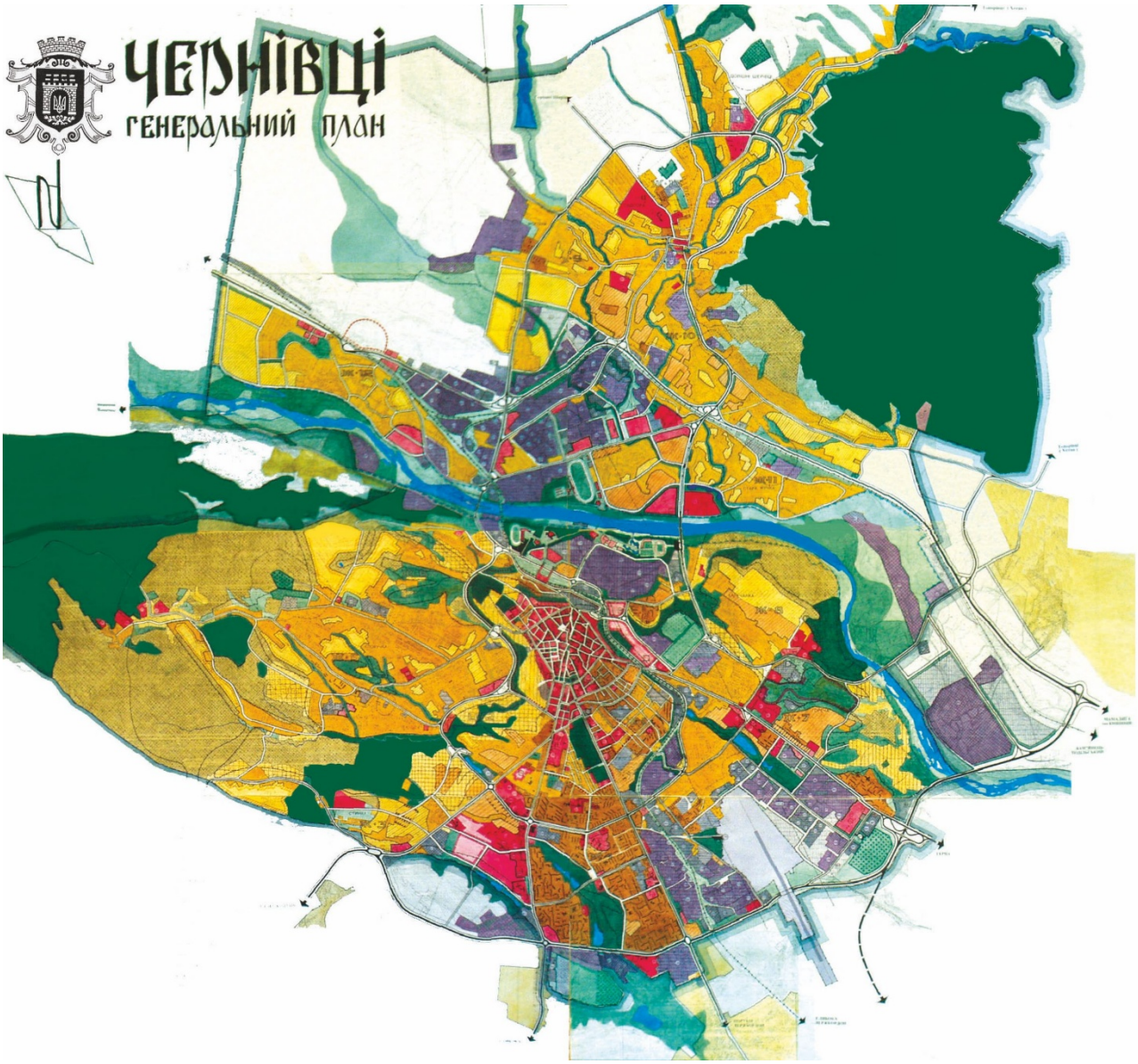


Рис. 4. Генеральний план міста Чернівці 2002-2004 рік [6].

Також в першу чергу (до 2010 року) було передбачено будівництво загальноосвітньої школи №31; дитячого дошкільного закладу, сімейної амбулаторії та будинку «Просвіти» в мікрорайоні «Ленківці»; добудову міської дитячої лікарні по вул. Буковинській; реконструкцію спортивних споруд стадіону «Мальва», міжнародного комплексу «Супер-Крос» по вул. Руській, а також будівництво ділянки проспекту Незалежності від вул. Героїв Майдану до вул. Сторожинецької, та вул. Сидора Воробкевича [6].

Генеральний план розвитку міста Чернівці від 2004 року був розрахований до 2020 року. Але затяжна економічна криза, що розпочалася в 2008 році призупинила інтенсивний розвиток міста. Здебільшого базові промислові

підприємства припинили свою діяльність, або опинились на грані банкрутства. На територіях цих підприємств почали з'являтися численні приватні фірми та торгово-складські приміщення. В місті також налічувалось багато об'єктів незавершеного будівництва як промислового так і громадського призначення. Всі ці вищенаведені фактори зумовили необхідність перегляду і оновлення містобудівної документації, що не відповідала вимогам часу. Рішення про чергове коригування генерального плану розвитку міста Чернівці було прийняте в 2011 році. За результатами проведеного конкурсу роботи по коригуванню Генерального плану міста Чернівці були доручені Львівському ДІПМ «Містопроект».

Генеральний план розвитку міста Чернівці (рис. 5), затверджений рішенням 48 сесії VI скликання №1171 від 27.03.2014 року [7], передбачав подальший розвиток розпочатих у минулі роки крупних житлових утворень поза міським центром – у південно-східному та південному напрямку. Зокрема будівництво потужних житлових мікрорайонів на вул. Героїв Майдану – проспекті Незалежності – вул. Сторожинецькій – вул. Рівненьській, багатоповерхова житлова забудова на вул. Руській – вул. Винниченка. Пріоритетними напрямками розвитку міста мають ті галузі, які мають найбільші передумови швидкої інтеграції в умовах соціально-орієнтованої ринкової економіки. Для Чернівців – це високотехнологічні галузі промисловості, торгівля, туристична сфера, харчова та легка промисловість. Трансформація центрального промислового району міста в зону рекреації та розвиток нового промислового району міста – «Магала».

Проектом генплану запропоновано об'єднати ландшафтно-рекреаційні території в єдину систему озеленення міста. Пропонується включити в цю систему лісопарки Садгірський та Цецинський, проектовану рекреаційну зону вздовж річки Прут, озеленені території зсувів, сільськогосподарські угіддя в межах міста, території колективних садів [7, 13].

Методи обговорення результатів. Обговорення результатів ґрунтується на:

- Порівняльному аналізі історичних документів та сучасних містобудівних документів.
- Оцінці відповідності сучасної забудови історичній спадщині та планувальним рішенням генпланів починаючи з 1964 року.
- Обговорення шляхів збереження та інтеграції історичного ядра в сучасну містобудівну стратегію міста.

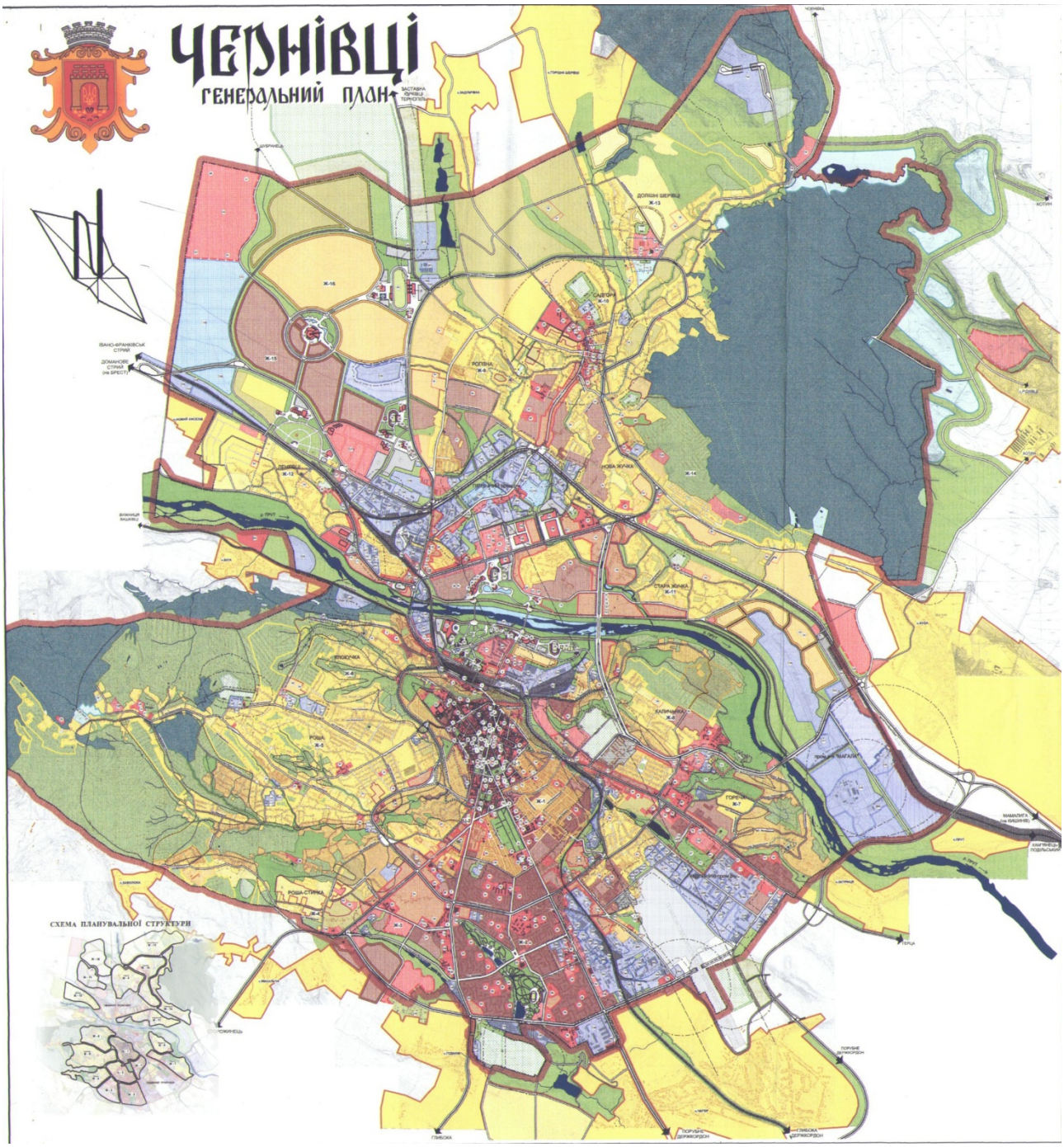


Рис. 5. Генеральний план розвитку міста Чернівці 2014 рік [7, 13].

Висновки та рекомендації щодо подальших досліджень. Історично сформоване ядро Чернівців є результатом впливу тривалих періодів історії та містобудівних рішень трьох державних епох.

Збереження центральної частини міста та його історико-архітектурних пам’яток має бути пріоритетом у сучасній урбаністиці та містобудуванні.

Реалізація частини генпланів до 1964 р. та подальшого розвитку транспортної інфраструктури потребує врахування історичної спадщини та сучасних вимог міста.

Рекомендації щодо подальших досліджень:

1. детальне дослідження впливу конкретних об'єктів (площі, в центрі міста, будівлі ратуші, резиденції Буковинських митрополитів та Далмації та промислових районів) на сформований візуально простір, образ міста;
2. розробка концепції збереження та адаптивного використання історичної забудови із залученням сучасних технологій з реконцепцією транспортних вузлів;
3. порівняльні дослідження з містами-схожими за історичним розвитком для виявлення найкращих практик збереження спадщини та балансу між модернізацією та збереженням автентичності.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Чернівці: Історія та сучасність (ювілейне видання до 600-річчя першої писемної згадки про місто). [Кол. монографія] В.М. Ботушанський, С.В. Біленкова, С.В. Добржанський та ін. За заг. ред. В.М. Ботушанського. Чернівці: Зелена Буковина, 2009 – 586 с.

2. Історико-містобудівні дослідження Чернівців. Вечерський В.В., Скібіцька Т.В., Сердюк О.М.; за ред. Вечерського В.В.; відп. за вип. Сердюк О.М. – К.: Фенікс, 2008. – 106 с.

3. Kaindl R.F. = Кайндпь Р.Ф. Geschichte von Czernowitz von den ältesten Zeiten bis zur Gegenwart - Історія Чернівців від найдавніших часів до сьогодення / Переклад з нім. В. Ю. Іванюка. - Чернівці: Зелена Буковина, 2005. -С.258

4. Марія Никирса. Чернівці. Документальні нариси з історії вулиць і площ. – Чернівці. Золоті литаври. 2008. 457 с.

5. Генеральний план розвитку міста Чернівці затверджений рішенням XVII сесії XXI скликання Чернівецької міської Ради народних депутатів від 3 липня 1993 року №458.

6. Генеральний план розвитку міста Чернівці від 4.11.2004 року.

7. Роботи з виготовлення містобудівної (проектної) документації «Коригування генерального плану м. Чернівців». Частина 2. Пояснювальна записка. Львів, 2012.

8. Довганюк АІ. Історико-містобудівні передумови формування архітектурно-планувальної структури міста Чернівці кінця XVIII – початку XX ст. Сучасні проблеми архітектури та містобудування: наук.-техн. збірник. Київ, 2019. Вип. 54. С.198-211. URL:https://repositary.knuba.edu.ua/server/api/core/bitstreams/5868c770-8f7f-47ab-8852-690cfc98e378/content

9. Довганюк А.І. Історико-містобудівні передумови формування архітектурно-планувальної структури міста Чернівці в радянський період та часів незалежної України. Містобудування та територіальне планування: наук.-техн. збірник. Київ, 2019. Вип. 71. С. 140-156. DOI: https://doi.org/10.32347/2076-815x.2019.71.140-156

10. Чернівці. Генеральний план. Том 3. Основні положення. «Укрзахідцивільпроект». Львів, 1990

11. Проект планування міста Чернівці (коригування) у чотирьох томах, том другий. Пояснювальна записка. Український державний інститут проектування міст «Гіпроград». Львівська філія. Львів 1964.

12. Проект планування міста Чернівці (коригування) у чотирьох томах, том третій, Основні положення. Український державний інститут проектування міст «Гіпроград». Львівська філія. Львів, 1964.

13. Довганюк А.І. Принципи формування соціально-планувальної структури центру історичного міста Чернівці. Сучасні проблеми архітектури та містобудування: наук.-техн. збірник. Київ, 2019 Вип. 53. С.169-178.
URL:https://repositary.knuba.edu.ua/server/api/core/bitstreams/3e043898-b1d2-4f01-bff4-b37a6d5774d2/content

14. Коротун І.В. Принципи архітектурно-планувальної організації ансамблевої забудови: дис. … канд. арх: 18.00.02 – архітектура будівель і споруд / Коротун Ірина Вадимівна// КиївЗНДІЕП // К.-2006.

Docent **Serhii Homonovych,**
master of architecture, assistant **Anatolii Dovganiuk**,
Yuriy Fedkovych Chernivtsi National University

URBAN PLANNING PRECONDITIONS FOR THE FORMATION OF THE MODERN CITY OF CHERNIVTSI

The article is devoted to a comprehensive analysis of the historical and urban-planning prerequisites for the formation of the modern city of Chernivtsi, through the systematization of the key stages of its historical development and the influence of three main ruling periods—Austria-Hungary, Romania, and the Soviet Union. The aim of the study is to reconstruct the dynamics of the city's urban transformation across different time intervals, with an emphasis on heritage preservation and adaptive modernization of infrastructure within the context of a multicultural urban fabric. The work employs an interdisciplinary approach, combining archaeological and historical-architectural sources with historical-urban planning publications, cartographic materials, and national and regional regulations. Long-term trends in the development of the city core are examined, starting from the Stone Age and ending with post-Soviet master planning, which allows tracing the continuity of planning principles and their transformation under the influence of political changes and economic needs.

The formation of Chernivtsi's historical fabric is determined by the combination of centralized, radially-centric, and market-oriented planning principles. It has been established that the main structural elements are the central squares (Market, Yelizavet, Rudolf), coordinated decisions to preserve planning integrity, and a high level of

engineering and transportation infrastructure. The study details the impact of master plan decisions from the 1950s–1960s and 1964, as well as subsequent master plans, on the development of transportation corridors, industrial zones, and the territories of the city core: some of these decisions were partially implemented or remained unimplemented, reflecting inter-period conflicts between ideology and the city's actual needs.

Special attention is paid to the Romanian period, which was characterized by active development of the city center in accordance with the 1928 regulations and regional building rules, which influenced the spatial organization of the city's zones and the formation of stylistic layers (from Constructivism to local variants of the style). The work emphasizes the importance of further systematic studies of the influences of ethnocultural and historical periods on the modern urban fabric of Chernivtsi, as well as the need to integrate heritage preservation principles into the modernization of infrastructure and the renewal of the city's architectural environment.

The practical value of the study lies in formulating a methodology for prioritizing heritage preservation during the planning of development projects, as well as in the proposed guidelines for regional planning, taking into account the long-standing historical experience of the city core of Chernivtsi.

Keywords: historical planning structure; historic city core; city master plan; urban planning; transportation infrastructure; heritage and preservation; socio-cultural influences.

REFERENCES

1. Chernivtsi: Istoriia ta suchasnist (iuvileine vydannia do 600-richchia pershoi pysemnoi zghadky pro misto). [Kol. monohrafiia] V.M. Botushanskyi, S.V. Bilenkova, S.V. Dobrzhanskyi ta in. Za zah. red. V.M. Botushanskoho. Chernivtsi: Zelena Bukovyna, 2009 – 586 s. {in Ukrainian}.

2. Istoryko-mistobudivni doslidzhennia Chernivtsiv. Vecherskyi V.V., Skibitska T.V., Serdiuk O.M.; za red. Vecherskoho V.V.; vidp. za vyp. Serdiuk O.M. – K.: Feniks, 2008. – 106 s. {in Ukrainian}.

3. Kaindl R.F. = Kaindp R.F. Geschichte von Czernowitz von den ältesten Zeiten bis zur Gegenwart - Istoriia Chernivtsiv vid naidavnishykh chasiv do sohodennia / Pereklad z nim. V.Yu. Ivaniuka. -Chernivtsi: Zelena Bukovyna, 2005. -S.258 {in Ukrainian}.

4. Mariia Nykyrsa. Chernivtsi. Dokumentalni narysy z istorii vulyts i ploshch. – Chernivtsi. Zoloti lytavry. 2008. 457 s. {in Ukrainian}.

5. Heneralnyi plan rozvytku mista Chernivtsi zatverdzhenyi rishenniam KhVII sesii KhKhI sklykannia Chernivetskoi miskoi Rady narodnykh deputativ vid 3 lypnia 1993 roku №458. {in Ukrainian}.

6. Heneralnyi plan rozvytku mista Chernivtsi vid 4. 11. 2004 roku. {in Ukrainian}.

7. Roboty z vyhotovlennia mistobudivnoi (proektnoi) dokumentatsii «Koryhuvannia heneralnoho planu m. Chernivtsiv». Chastyna 2. Poiasniuvalna zapyska. Lviv 2012 {in Ukrainian}.

8. Dovganiuk A.I. Istoryko-mistobudivni peredumovy formuvannia arkhitekturno-planuvalnoi struktury mista Chernivtsi kintsia XVIII – pochatku XX st. Suchasni problemy arkhitektury ta mistobuduvannia: nauk.-tekhn. zbirnyk. Kyiv, 2019. Vyp. 54. S.198-211.
URL: https://repositary.knuba.edu.ua/server/api/core/bitstreams/5868c770-8f7f-47ab-8852-690cfc98e378/content. {in Ukrainian}.

9. Dovganiuk A.I. Istoryko-mistobudivni peredumovy formuvannia arkhitekturno-planuvalnoi struktury mista Chernivtsi v radianskyi period ta chasiv nezalezhnoi Ukrainy. Mistobuduvannia ta terytorialne planuvannia: nauk.-tekhn. zbirnyk. Kyiv, 2019. Vyp. 71. S. 140-156. {in Ukrainian}.
DOI: https://doi.org/10.32347/2076-815x.2019.71.140-156

10. Chernivtsi. Heneralnyi plan. Tom 3. Osnovni polozhennia. «Ukrzakhidtsyvilproekt». Lviv, 1990 {in Ukrainian}.

11. Proekt planuvannia mista Chernivtsi (koryhuvannia) u chotyrokh tomakh, tom druhyi. Poiasniuvalna zapyska. Ukrainskyi derzhavnyi instytut proektuvannia mist «Hiprohrad». Lvivska filiia. Lviv 1964. {in Ukrainian}.

12. Proekt planuvannia mista Chernivtsi (koryhuvannia) u chotyrokh tomakh, tom tretii, Osnovni polozhennia. Ukrainskyi derzhavnyi instytut proektuvannia mist «Hiprohrad». Lvivska filiia. Lviv, 1964. {in Ukrainian}.

13. Dovganiuk A.I. Pryntsypy formuvannia sotsialno-planuvalnoi struktury tsentru istorychnoho mista Chernivtsi. Suchasni problemy arkhitektury ta mistobuduvannia: nauk.-tekhn. zbirnyk. Kyiv, 2019 Vyp. 53. S.169-178. URL:https://repositary.knuba.edu.ua/server/api/core/bitstreams/3e043898-b1d2-4f01-bff4-b37a6d5774d2/content. {in Ukrainian}.

14. Korotun I.V. Pryntsypy arkhitekturno-planuvalnoi orhanizatsii ansamblevoi zabudovy: dys. … kand. arkh: 18.00.02 – arkhitektura budivel i sporud / Korotun Iryna Vadymivna// KyivZNDIEP // K.-2006. {in Ukrainian}.

DOI: 10.32347/2076-815X.2026.92.109-120
УДК 72.01

Дерпа Р.В.,
derpa_rv@knuba.edu.ua, ORCID: 0000-0001-7386-6591,
Київський національний університет будівництва і архітектури

ТРАНСФОРМАЦІЯ ФУНКЦІОНАЛЬНО-ПЛАНУВАЛЬНОЇ СТРУКТУРИ СУЧАСНОЇ САДИБИ

Досліджується фундаментальна трансформація функціонально-планувальної структури сучасної української садибної забудови (у сегменті 80-150 кв. м) під впливом нових соціокультурних та безпекових викликів. Актуальність теми зумовлена глибокою невідповідністю традиційної «клітинної» моделі житла сучасним потребам суспільства, що кардинально змінилися внаслідок діджиталізації, переходу до дистанційної роботи, наслідків пандемії, а насамперед − екзистенційних загроз повномасштабної війни та енергетичної нестабільності. Метою дослідження є теоретичне обґрунтування переходу до прогресивної «інтегрованої резильєнтної моделі» садиби. На основі методів системного та компаративного аналізу, а також екстраполяції міжнародного досвіду (німецького енергопасивного проєктування, скандинавського функціоналізму та японських практик просторової оптимізації), виокремлено шість ключових векторів еволюції житлового простору.

Результати дослідження доводять необхідність відмови від жорсткої сегрегації на користь формування відкритого «соціального ядра», багатофункціональних полівалентних зон («flex-rooms»), автономних майстер-спалень та безбар'єрної інтеграції з природним ландшафтом. Висвітлено, що архітектурна логіка сучасної садиби підпорядковується новим інженерно-просторовим домінантам − масштабованому «технічному серцю» для забезпечення енергоавтономії та обов'язковому «ядру безпеки» (інтегрованим укриттям). Зроблено висновок, що безпека, автономність, адаптивність і тісний симбіоз із природою формують новітню українську архітектурну ідентичність, засновану на принципах ергономіки, стійкості та самодостатності. Запропонована багатокомпонентна планувальна парадигма розглядається як оптимальний стандарт для масової повоєнної відбудови приватного житлового фонду України.

Ключові слова: функціонально-планувальна структура; садибна забудова; архітектурна резильєнтність; ядро безпеки; полівалентний простір; повоєнна відбудова; архітектурна ідентичність.

Постановка проблеми. Функціонально-планувальна структура (далі − ФПС) житлового простору ніколи не була просто сукупністю стін чи архітектурних креслень. Вона є точним матеріальним віддзеркаленням соціально-економічної моделі, технологічного укладу та екзистенційних орієнтирів суспільства в конкретний історичний період. Більшість існуючого фонду українських садиб у найбільш затребуваному площинному сегменті 80-150 кв. м була сформована ще у другій половині XX століття. Сьогодні ця забудова демонструє глибоку та незворотну невідповідність актуальним потребам мешканців. Причини такого дисонансу криються у радикальній трансформації самого стилю життя. Цей процес формується під безпрецедентним тиском подвійного драйвера. З одного боку діють глобальні тенденції, такі як індивідуалізація особистого простору, тотальна діджиталізація та перехід до дистанційного формату роботи. З іншого боку, на архітектуру тиснуть жорсткі локальні екзистенційні виклики, зумовлені наслідками пандемії COVID-19, повномасштабною війною, постійними загрозами фізичній безпеці та критичною вразливістю енергетичної інфраструктури. Застаріла радянська «клітинна» модель планування виявилася абсолютно нежиттєздатною в таких умовах. Сучасна українська садиба XXI століття вимушена екстрено еволюціонувати в бік гнучкої, інтегрованої й глибоко резильєнтної структури, здатної одночасно забезпечувати психологічний комфорт, енергетичну автономність і безкомпромісну безпеку.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Науковий дискурс навколо просторової адаптивності житла значно активізувався протягом останніх років. Дослідження принципів формування гнучких просторів, що реагують на зміни потреб мешканців, активно висвітлюються в сучасній урбаністиці та архітектурній теорії. Значна увага приділяється інтеграції технологій «розумного дому» та енергоефективних систем безпосередньо в тіло архітектурного об’єкта.

Сучасні наукові дослідження розглядають окремі аспекти трансформації житла. Теорії відкритої архітектури (Open Building) та перформативності простору активно досліджуються у працях A. Kassem та ін. (2025) [1]. Концепція еволюційної резильєнтності житлового сектора обґрунтована L. Paulichen (2019) [2] та M. Bigolin (2021) [3]. Питання інтеграції укриттів (цивільного захисту) у структуру будівель вивчають M. Shapiro (2016) [4]. Водночас економічна оцінка життєвого циклу (LCC) та енергоефективності садиб розглядається у працях E. Hromada (2024) [5] та C. Bravo-Orlandini (2021) [6]. Специфіку українського контексту, зокрема збереження локальної ідентичності та застосування новітніх стінових систем (CLT, еко-матеріали), висвітлено в роботах S. Zosim (2024) [7] та М. Козел (2024) [8]. Цінність

сучасного осмислення відчуття місця в архітектурній спадщині досліджують L. Bo (2025) [9] та A. Bocco Guarneri (2024) [10]. Гнучкість, реконструкція та раціоналізація простору в малій забудові розглядається в працях H. Frisky (2021) [11], J. Romero (2015) [12] та K. Wei (2026) [13].

Проте, незважаючи на ґрунтовність цих робіт, вітчизняна наука стикається з дефіцитом комплексних досліджень, які б синтезували ці глобальні підходи саме в контексті унікальних українських реалій після 2022 року, де домінує фактор екзистенційної безпеки.

Формулювання цілей, актуальність і новизна. Для комплексного розкриття теми та досягнення визначено наступні завдання (цілі):

1) Систематизувати фактори впливу: Виявити та класифікувати глобальні (діджиталізація, наслідки пандемії) та локальні (воєнні дії, енергетична криза) чинники, що зумовлюють функціональну трансформацію традиційної садибної забудови в Україні.

2) Визначити вектори трансформації: Проаналізувати просторову еволюцію планування житла за шістьма ключовими напрямками.

3) Аналіз світового досвіду: Провести компаративний розгляд передових міжнародних архітектурних практик для їх адаптації в український контекст.

4) Сформувати нову концептуальну модель: Розробити концептуальну схему «адаптації» як базового планувального стандарту, який стане просторовим фундаментом для подальшого впровадження кодів української ідентичності.

Актуальність даного дослідження зумовлена феноменом «втечі від щільності», який чітко простежується на сучасному ринку нерухомості. Через військові загрози та блекаути багатоквартирне житло почало сприйматися як вразливе, що спровокувало різке зростання цікавості до приватних будинків, які здатні забезпечити автономію.

Наукова новизна дослідження полягає у визначенні архітектурної резильєнтності не просто як конструктивної міцності, а саме як планувальної категорії. Вперше комплексно обґрунтовується перехід від фрагментованої просторової моделі до інтегрованої системи, центрами тяжіння якої стають новітні вузли − «ядро безпеки» та «технічне серце».

Метою публікації є теоретичне обґрунтування прогресивної функціонально-планувальної моделі для сучасної української садиби в сегменті 80-150 кв. м, яка здатна відповідати новим соціальним, енергетичним та безпековим викликам.

Методи досліджень: системний та компаративний аналіз. Порівняння традиційної «клітинної» моделі житла з прогресивною відкритою парадигмою. Також застосовано метод синтезу та екстраполяції міжнародного архітектурного

досвіду (німецького, скандинавського та японського) на вітчизняне підґрунтя просторового проєктування з урахуванням бюджетних та площинних обмежень.

Результати та їх обґрунтування.

1) Теоретичне обґрунтування трансформації

Українська садибна архітектура має багату історію, проте її елітарні форми не є релевантними для аналізу масового житла 80-150 м². Класицистичні садиби XVIII-XIX ст. (наприклад, палац Потоцького у Тульчині) були складними комплексами будівель, що включали палаци, храми, манежі та великі паркові ансамблі. Наприкінці XIX - на початку XX ст. цей тип еволюціонував до більш прагматичних "особняків" та "вілл".

Однак, основа існуючого фонду, на який орієнтується "середньостатистичний громадянин", була закладена пізніше. Це, по-перше, малоповерхова індивідуальна забудова 1920-х років у робітничих поселеннях, а по-друге, і це головне, − масова забудова радянського та раннього пострадянського періоду (1960-1990-ті роки). Саме ці "типові" проєкти, часто реалізовані методом самобуду, сформували ту ФПС, яка сьогодні вступає у конфлікт з новим стилем життя [14].

Традиційна ФСП базувалася на принципі жорсткої сегрегації. Будинок складався з відокремлених «клітин»: формальної вітальні, тісної утилітарної кухні, ізольованих спалень та коридорів, які з'їдали корисну площу. Такий простір проєктувався виключно як місце для притулку і сну. Сучасні сценарії, де дім перетворився на фортецю, офіс, школу та рекреаційну зону одночасно, роблять цю модель непридатною для проживання.

2) Аналіз 6-ти ключових векторів планування житла

Аналіз архітектурної практики дозволяє виокремити шість домінантних векторів трансформації простору, які формують нову інтегровану структуру.

Перший вектор, формує концепцію «соціального ядра». Ізольовані кімнати денного перебування зливаються у єдиний відкритий простір кухні-їдальні-вітальні. Такий простір в свою чергу нівелює неефективні транзитні зони, відповідаючи за 40-50% площі сучасного будинку. З власного аналітичного спостереження можна стверджувати, що в умовах обмеженої площі до 150 кв. м це єдиний спосіб уникнути клаустрофобії простору та створити повноцінний центр родинної соціалізації.

Другий вектор, визначає необхідність появи гнучких зон або «flex-rooms». Жорстко детерміновані кімнати відходять у минуле. Одне приміщення проєктується так, щоб за необхідності трансформуватися з домашнього кабінету на гостьову чи дитячу ігрову, , що дозволяє оптимізувати загальну площу без втрати функціоналу.

Третім вектором є радикальне підвищення вимог до особистого комфорту, що матеріалізується через появу «майстер-спалень». Приватна зона еволюціонувала у повністю автономний блок із власною вбиральнею та гардеробом. В умовах суміщення праці та побуту (lockdowns) цей простір забезпечує критично важливу акустичну та психологічну ізоляцію для відновлення ресурсів.

Четвертий вектор показує тенденцію − глибокої інтеграції інтер'єру з природним середовищем. Розсувні скляні системи, тераси та патіо стирають візуальну межу між будинком і ділянкою, нівелюючи відчуття замкнутості та компенсуючи невелику площу самої будівлі. Окрім ментального здоров'я, використання природного освітлення (інсоляції) та вентиляції підвищує енергоефективність будівлі.

П'ятий, суто інженерний вектор, докорінно змінює архітектурну логіку: стара і тісна котельня еволюціонує у масштабне «технічне серце». Енергетична автономія вимагає централізованого розміщення теплових насосів, інверторів сонячних панелей, масивних акумуляторів та установок рекуперації тепла. Сучасні гібридні будинки перетворюються на міні-електростанції, що змінює планувальний об'єм та вимагає строгих акустичних і теплових розрахунків.

Шостим, безпрецедентним для європейської практики, але життєво необхідним для України вектором є формування «ядра безпеки». У сучасній українській садибі укриття проєктується за принципом подвійного призначення: посилений залізобетонний моноліт виконує роль гардероба, ванної кімнати або транзитної зони у мирний час, забезпечуючи миттєвий доступ під час тривоги.

3) Компаративний аналіз макрорегіональних систем планування

Українська адаптивна система функціонального планування житла повинна інтегрувати найкращі світові практики.

Німецький *Passivhaus*. Забезпечує радикальне зниження енергоспоживання (до 15 кВт·год/м² на рік) за рахунок герметичності. Українська модель переймає теплотехнічні стандарти, але вимагає адаптації через наявність важкого залізобетонного «ядра безпеки» [15].

Скандинавський *Hygge-функціоналізм*. Орієнтований на створення затишку та використання натуральних матеріалів (дерево, CLT), що відповідає українському запиту на «новий вернакуляр» та естетичну ідентичність [16].

Японський *Micro-housing*. Надає методи оптимізації обмеженого простору (вбудовані меблі, трансформовані перегородки), що дозволяє вмістити складну функціональну програму на невеликій площі [17].

Архітектурні та соціологічні практики підтверджують зміну системи планування від «сегрегованого» житла до полівалентного відкритого простору. У контексті приватного житла ключовою стає теорія «резильєнтної (адаптивної)

архітектури», як динамічної, гнучкої системи, здатної підлаштовуватися до системних шоків (від пандемій до воєнних дій), зберігаючи функціональність та захищаючи мешканців.

Порівняльна характеристика систем планування традиційної та сучасної адаптивної садибної забудови, представлено у таблиці 1. Подана характеристика наочно демонструє радикальний зсув архітектурної парадигми: від пасивного забезпечення базових житлових потреб до активного формування резильєнтного середовища (таблиця 1).

Таблиця 1.

Порівняльна характеристика систем планування

Параметри	**Традиційна система (до 2020)**	**Сучасна адаптивна система (після 2022)**
Організація простору	Жорстка сегрегація, коридорна система, ізольована кухня.	Відкрите «соціальне ядро» (open-space), полівалентність (flex-room).
Безпека	Зовнішня (погріб, підвал без другого виходу).	Внутрішня «ядро безпеки», інтегроване в житловий контур.
Енергоефективність	Опора на дешеве викопне паливо, централізовані мережі.	Автономність, децентралізація «технічне серце», теплові насоси, сонце.
Психологічний комфорт	Ієрархічний розподіл, дефіцит спільних зон комунікації.	Рівноправність, біофільний зв'язок з екстер'єром, автономність Master-bedroom.
Адаптивність	Низька (потребує капітального перепланування).	Висока (зміна сценаріїв через меблювання та розсувні системи).

Таким чином, дані таблиці підтверджують, що інтегрована система планування є не просто вдосконаленою версією традиційної архітектури, а принципово новою типологією. Вона відповідає сучасним запитам на стійкість, багатофункціональність та є оптимальною базою для середньостатистичного українця.

4) Концептуальна схема резильєнтної (адаптивної) ФПС садибної забудови

Трансформація ФПС української садиби є незворотним процесом, що формує новий архітектурний стандарт. Концептуально він базується на синергії трьох просторових центрів: відкритого соціального ядра, монолітного ядра безпеки та високотехнологічного технічного серця (рис. 1).

Головний фокус схеми зосереджений не на самих ядрах як таких, а на зонах їхнього перетину (інтерсекціях). Саме ці зони перетину пояснюють, як

складна інженерно-захисна інфраструктура може бути органічно вписана у повсякденний житловий простір без втрати затишку.

Центральним акцентом є нове осмислення для української архітектури садибної забудови. Воно доводить, що справжня резильєнтність садиби виникає лише за умови рівноваги між безпекою, енергонезалежністю та психологічним комфортом. Якщо вилучити бодай один елемент (наприклад, побудувати безпечний і автономний дім, але з тісним "клітинним" плануванням), система втратить стійкість, оскільки не зможе забезпечити ментальне здоров'я мешканців у довгостроковій перспективі.

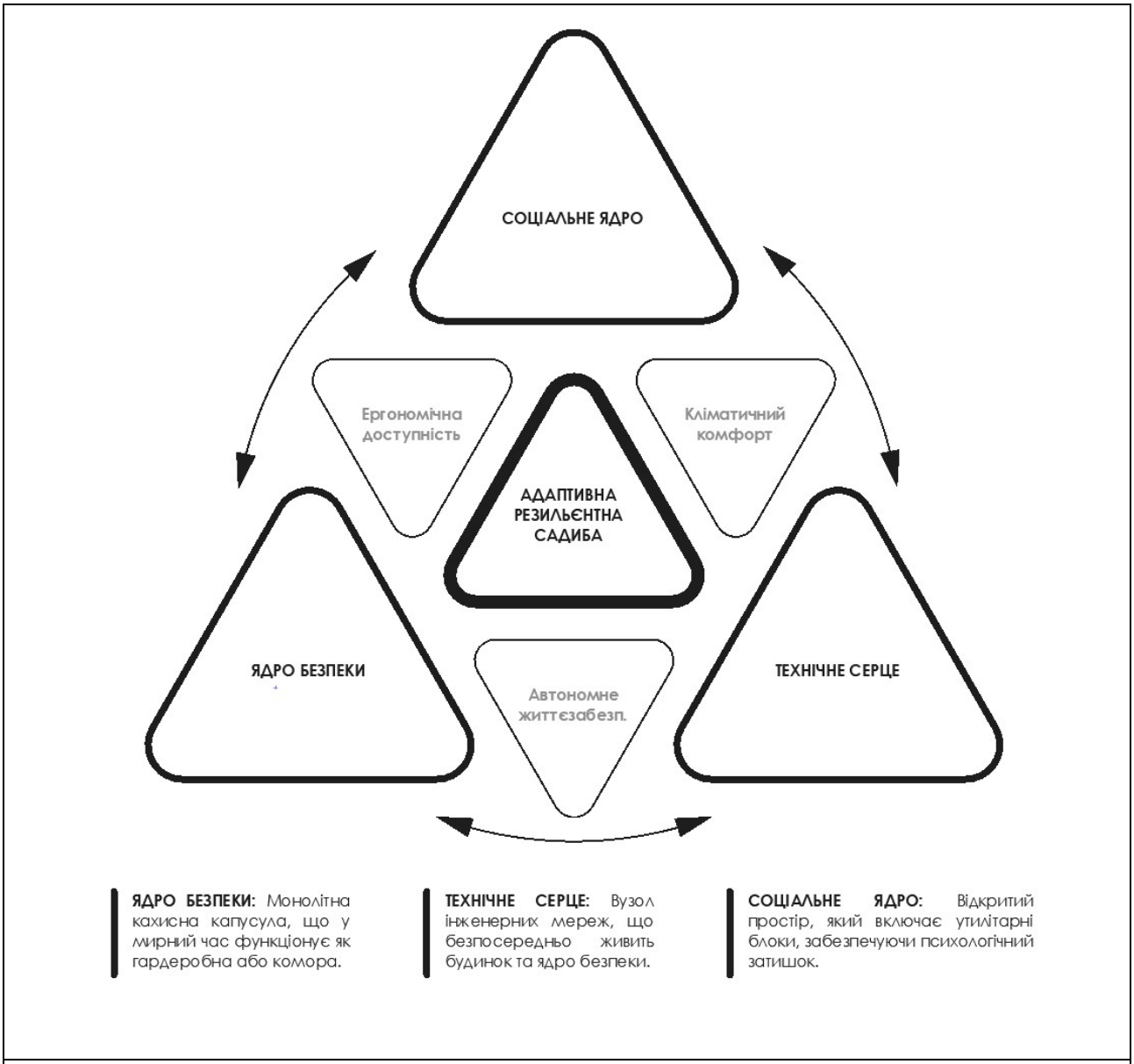


Рис. 1. Концептуальна схема: ФПС резильєнтної садиби (зобр. автора)

Площа 80-150 м² є найвищим ступенем прагматичної оптимізації, яка дозволяє створити стійке, автономне та психологічно комфортне середовище.

Проведене дослідження підтверджує, що ідентичність української садибної архітектури у XXI столітті потребує розвитку та певної еволюції з впровадженням позитивних плодів глобалізації та реакцією на виклики сьогодення. В нинішніх умовах з'явились додаткові вимоги до планування житла. Впровадження «ядра безпеки» та «технічного серця» стає вкрай важливим і створює унікальний архітектурний прецедент, що потребуватиме оновлення ДБН та залучення інноваційних будівельних та інженерних матеріалів.

Висновки та рекомендації подальшого дослідження. Сучасна українська садибна забудова перебуває в точці фундаментального зламу, переходячи від архаїчної клітинної структури до інтегрованої, резильєнтної просторової моделі. Ця еволюція є прямою та неминучою соціокультурною відповіддю на глобальні зрушення та локальні трагедії. Безпека, автономність, адаптивність і тісний симбіоз із природою стають базовими параметрами житла. Сукупно ці фактори формують кардинально нову функціонально-планувальну структуру української архітектури в садибному житлі. Запропонована функціональна модель може стати відправною точкою для розроблення ефективних методик повоєнної відбудови приватного сектору.

Концептуальна схема «резильєнтної садиби» візуально доводить, що площі у 80-150 кв. м не є перешкодою для створення комфортного, безпечнго та автономного житла. Навпаки, саме компактність, універсальність та адаптивність дозволяють створити економічно рентабельний, екологічний та безпечний «новий український стандарт» садибної архітектури.

Подальші дослідження доцільно спрямувати на розробку конкретних типових архітектурних рішень та економіко-кошторисних обґрунтувань для масового впровадження цієї резильєнтної моделі в практику.

БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК

1. Kassem A., Eldanaf T.S., Camponogara M., Hamdan W. Designing for change: performative and flexible approaches to contemporary housing. *Frontiers in Built Environment*. 2025. Vol. 11: 1677525. DOI: https://doi.org/10.3389/fbuil.2025.1677525.

2. Paulichen L., Leite R. M., Pina S.A.M. G. Resilience in architecture: housing as a process. *Strategic Design Research Journal.* 2020. Vol. 12, No. 2. P. 383-401. DOI: https://doi.org/10.4013/sdrj.2019.123.06.

3. Bigolin M., Bussular C.Z., Silva Filho L.C.P. Evolutionary resilience in the housing sector: requirements proposal. *International Journal of Disaster Resilience in the Built Environment*. 2021. Vol. 12, No. 1. P. 1-12. DOI: https://doi.org/10.1108/IJDRBE-04-2020-0024.

4. Shapiro M, Bird-David N. Routinergency: Domestic securitization in contemporary Israel. *Environment and Planning D Society and Space*. 2016. Vol. 35, No. 4. DOI: https://doi.org/10.1177/0263775816677550.

5. Hromada E., Macek D., Heralova R. S., Brožová L., Střelcová I. Integrating Life Cycle Cost Analysis for Sustainable Maintenance of Historic Buildings. *Buildings*. 2024. Vol. 14, No. 5: 1479. DOI: https://doi.org/10.3390/buildings14051479.

6. Bravo-Orlandini C., Gómez-Soberón J. M., Valderrama-Ulloa C., Sanhueza-Durán F. Energy, Economic, and Environmental Performance of a Single-Family House in Chile Built to Passivhaus Standard. *Sustainability*. 2021. Vol. 13, No. 3:1199. DOI: https://doi.org/10.3390/su13031199.

7. Zosim S., Nikolaienko V.A., Nikolaienko V.V. Preservation of National Traditions of Ukrainian Architecture During the Reconstruction of Destroyed Cities and Villages in the Post-War Period. *International Journal of Conservation Science*. 2024. Vol. 15, No. 1. P. 221-234. DOI: https://doi.org/10.36868/IJCS.2024.SI.18.

8. Козел М.М. Аналіз сучасних архітектурно- конструктивно-технологічних систем зведення стін однородинного житла (на прикладі зіхідних областей України). *Новітні технології в будівництві*. 2024. № 45. С. 10-17. DOI: https://doi.org/10.32782/2664-0406.2024.45.2.

9. Bo L., Abdul Rani M.F. The Value of Current Sense of Place in Architectural Heritage Studies: A Systematic Review. *Buildings*. 2025. Vol. 15, No. 6: 903. DOI: https://doi.org/10.3390/buildings15060903.

10. Bocco Guarneri A., Habert G. New vernacular construction: Environmental awareness and territorial inclusivity. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. 2024. Vol. 1363, No. 1: 012114. DOI: https://doi.org/10.1088/1755-1315/1363/1/012114.

11. Frisky H., Pramitasari D. Flexible housing schemes on housing type 36 in Yogyakarta. *DIMENSI (Journal of Architecture and Built Environment)*. 2021. Vol. 48, No. 2. P. 97-108. DOI: https://doi.org/10.9744/dimensi.48.2.97-108.

12. Romero J. Development of a «Space-Saving Model» for a One-Family Dwelling Case Study of Japanese Architecture with Space Limitations. *Journal of Building Construction and Planning Research*. 2015. Vol. 3, P. 196-208. DOI: https://doi.org/10.4236/jbcpr.2015.34020.

13. Wei K., He Y., Yang J., Zhang J., Zhu R. A study on low-carbon renovation paths of traditional rural dwellings in Wuxi from residents' perspective. *International Journal of Low-Carbon Technologies*. 2026. Vol. 21, P. 1–17. DOI: https://doi.org/10.1093/ijlct/ctaf151.

14. Якубовський І.В. Міське садибне житло в Україні кінця XVIII – початку XXI ст. *Містобудування та територіальне планування.* С. 801-809. URL:

https://repositary.knuba.edu.ua/server/api/core/bitstreams/9c1a4c0b-89f2-41ac-afe6-fb43780fe13e/content (дата звернення: 12.03.2026).

15. Passive House: Comfortable, energy-efficient, healthy. *Passive House*. URL: https://passiv.de/en/02_informations/02_passive-house-requirements/02_passive-house-requirements.htm (дата звернення: 13.03.2026).

16. Scandinavian House Plans. *The House Designers*. URL: https://www.thehousedesigners.com/house-plans/scandinavian/ (дата звернення: 14.03.2026).

17. Space-Saving Japanese Design Secrets That Transform Small Homes - *Accent on design*. URL: https://www.accentondesign.net/space-optimization-and-organization/space-saving-japanese-design-secrets-that-transform-small-homes/ (дата звернення: 14.03.2026).

PhD student **Roman Derpa,**
Kyiv National University of Construction and Architecture

TRANSFORMATION OF THE FUNCTIONAL-PLANNING STRUCTURE OF A MODERN SINGLE-FAMILY HOUSE

The article explores the fundamental transformation of the functional-planning structure of modern Ukrainian single-family housing (in the 80–150 sq. m segment) under the influence of new socio-cultural and security challenges. The relevance of the topic is determined by the deep discrepancy between the traditional "cellular" housing model and the modern needs of society, which have radically changed as a result of digitalization, the transition to remote work, the consequences of the pandemic, and primarily, the existential threats of the full-scale war and energy instability. The aim of the study is to provide a theoretical justification for the transition to a progressive "integrated resilient model" of the single-family house. Based on the methods of systemic and comparative analysis, as well as the extrapolation of international experience (German energy-passive design, Scandinavian functionalism, and Japanese spatial optimization practices), six key vectors of the living space evolution have been identified.

The results of the study prove the necessity of abandoning strict segregation in favor of forming an open "social core," multifunctional polyvalent zones ("flex-rooms"), autonomous master bedrooms, and barrier-free integration with the natural landscape. It is highlighted that the architectural logic of the modern single-family house is subordinated to new engineering-spatial dominants: a scaled "technical heart" for ensuring energy autonomy and a mandatory "security core" (integrated shelters). It is concluded that security, autonomy, adaptability, and close symbiosis

with nature form the newest Ukrainian architectural identity, based on the principles of ergonomics, resilience, and self-sufficiency. The proposed multi-component planning paradigm is considered an optimal standard for the mass post-war reconstruction of Ukraine's private housing stock.

Keywords: functional-planning structure; single-family housing; architectural resilience; security core; polyvalent space; post-war reconstruction; architectural identity.

REFERENCES

1. Kassem, A., Eldanaf, T.S., Camponogara, M., & Hamdan, W. (2025). Designing for change: performative and flexible approaches to contemporary housing. *Frontiers in Built Environment*, 11: 1677525. https://doi.org/10.3389/fbuil.2025.1677525. {in English}

2. Paulichen, L., Leite, R.M., & Pina, S.A. M.G. (2020). Resilience in architecture: housing as a process. *Strategic Design Research Journal,* 12(2), 383-401. https://doi.org/10.4013/sdrj.2019.123.06. {in English}

3. Bigolin, M., Bussular, C.Z., & Silva Filho, L.C.P. (2021). Evolutionary resilience in the housing sector: requirements proposal. *International Journal of Disaster Resilience in the Built Environment*, 12(1), 1-12. https://doi.org/10.1108/IJDRBE-04-2020-0024. {in English}

4. Shapiro, M., & Bird-David, N. (2016). Routinergency: Domestic securitization in contemporary Israel. *Environment and Planning D Society and Space*, 35(4). https://doi.org/10.1177/0263775816677550. {in English}

5. Hromada, E., Macek, D., Heralova, R. S., Brožová, L., & Střelcová, I. (2024). Integrating Life Cycle Cost Analysis for Sustainable Maintenance of Historic Buildings. *Buildings*, 14(5): 1479. https://doi.org/10.3390/buildings14051479. {in English}

6. Bravo-Orlandini, C., Gómez-Soberón, J.M., Valderrama-Ulloa, C., & Sanhueza-Durán, F. (2021). Energy, Economic, and Environmental Performance of a Single-Family House in Chile Built to Passivhaus Standard. *Sustainability*, 13(3):1199. https://doi.org/10.3390/su13031199. {in English}

7. Zosim, S., Nikolaienko, V.A., & Nikolaienko, V.V. (2024). Preservation of National Traditions of Ukrainian Architecture During the Reconstruction of Destroyed Cities and Villages in the Post-War Period. *International Journal of Conservation Science*, 15(1), 221-234. https://doi.org/10.36868/IJCS.2024.SI.18. {in English}

8. Kozel, M.M. (2024). Analysis of modern architectural, structural, and technological systems for single-family housing wall constructions (based on the

example of western regions of Ukraine). *New technologies in construction*, 45(2), 10-17. https://doi.org/10.32782/2664-0406.2024.45.2. {in Ukrainian}

9. Bo, L., & Abdul Rani, M. F. (2025). The Value of Current Sense of Place in Architectural Heritage Studies: A Systematic Review. *Buildings*, 15(6), 903. https://doi.org/10.3390/buildings15060903. {in English}

10. Bocco Guarneri, A., & Habert, G. (2024). New vernacular construction: Environmental awareness and territorial inclusivity. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 1363(1): 012114. https://doi.org/10.1088/1755-1315/1363/1/012114. {in English}

11. Frisky, H., & Pramitasari, D. (2021). Flexible housing schemes on housing type 36 in Yogyakarta. *DIMENSI (Journal of Architecture and Built Environment),* 48(2), 97-108. https://doi.org/10.9744/dimensi.48.2.97-108. {in English}

12. Romero, J. (2015). Development of a «Space-Saving Model» for a One-Family Dwelling Case Study of Japanese Architecture with Space Limitations. *Journal of Building Construction and Planning Research*, 3, 196-208. https://doi.org/10.4236/jbcpr.2015.34020. {in English}

13. Wei, K., He, Y., Yang, J., Zhang, J., & Zhu, R. (2026). A study on low-carbon renovation paths of traditional rural dwellings in Wuxi from residents' perspective. *International Journal of Low-Carbon Technologies,* 21, 1–17. https://doi.org/10.1093/ijlct/ctaf151. {in English}

14. Yakubovskyi, I.V. Urban single-family housing in Ukraine from the late 18th to the early 21st century. *Urban Development and Spatial Planning*, 801-809. *https://repositary.knuba.edu.ua/server/api/core/bitstreams/9c1a4c0b-89f2-41ac-afe6-fb43780fe13e/content* (Accessed: March 12, 2026). {in Ukrainian}

15. Passive House: Comfortable, energy-efficient, healthy. *Passive House*. https://passiv.de/en/02_informations/02_passive-house-requirements/02_passive-house-requirements.htm (Accessed: March 13, 2026). {in English}

16. Scandinavian House Plans. *The House Designers*. https://www.thehousedesigners.com/house-plans/scandinavian/ (Accessed: March 14, 2026). {in English}

17. Space-Saving Japanese Design Secrets That Transform Small Homes - *Accent on design*. https://www.accentondesign.net/space-optimization-and-organization/space-saving-japanese-design-secrets-that-transform-small-homes/ (Accessed: March 14, 2026). {in English}

DOI: 10.32347/2076-815X.2026.92.121-131
УДК:728.1.05 «313»
д.арх., професор **Дурманов В.Ю.,**
volodymyr.durmanov@ukd.edu.ua, ORCID: 0000-0002-2296-2310,
ЗВО «Університет Короля Данила», м. Івано-Франківськ

НОРМАТИВНЕ РЕГУЛЮВАННЯ ГЕОМЕТРИЧНИХ ПАРАМЕТРІВ МІСЬКОГО ЖИТЛА В УКРАЇНСЬКИХ ЗЕМЛЯХ НА ПОЧАТКУ XX СТОЛІТТЯ

Досліджено геометричні параметри міських житлових приміщень на українських землях початку XX ст. у контексті будівельного законодавства Австро-Угорської та Російської імперій. Проаналізовано нормативні вимоги до висоти будинків і приміщень, площі дворів, ширини коридорів, сходів, дверей, розмірів санітарних приміщень, освітлення, вентиляції та мінімального об'єму повітря на одну особу. Особливу увагу приділено впливу правових, гігієнічних, протипожежних і соціально-економічних чинників на формування просторової організації орендного міського житла. Показано, що, попри відмінності імперських правових систем, їхні будівельні норми мали спільну мету – регламентувати якість житлового середовища в умовах урбанізації, зростання орендного будівництва та житлової кризи. Доведено, що законодавчі обмеження безпосередньо впливали на архітектурну структуру, соціальну ієрархію та експлуатаційну ефективність міських житлових будинків.

Ключові слова: міське житло; будівельне законодавство; геометричні параметри; житлові приміщення; орендний будинок; урбанізація; Україна.

Актуальність дослідження. Визначення закономірностей у розвитку геометричних властивостей житлових приміщень країни є основним завданням архітектурної науки на шляху до підвищення їх просторової якості. Подвійна природа поняття «житлового приміщення» розкривається при намаганні виявити його границі та зміст при статистичному описі умов проживання населення. З одної сторони житлове приміщення виступає частиною матеріального середовища, виділеною границями місця проживання, яку можна описати геометричними параметрами (локалізація, форма, габарити, структура).

З другої сторони перебування людей у приміщенні створює форму його використання, яка має надзвичайно рухливі просторові границі, що залежать від того хто і як його вживає. Вік, фізична активність, соціальні стосунки, положення у суспільстві тільки побічно допомагають уявити цей геометричний образ, що створюють форми життєдіяльності у ньому.

Весь історичний розвиток житла свідчить про намагання людей зблизити ці дві сторони житлового приміщення, за допомогою як зміни місць проживання, так і розвитку його структури, породжуючи унікальну просторово-часову різноманітність геометричних форм житлових приміщень.

В певні історичні періоди невідповідність між соціальною та матеріальною природою житла збільшується породжуючи критичну ситуацію. На початку минулого століття активне приватне орендне будівництво разом зі зростанням мобільності населення викликало першу кризу європейського житлового приміщення, що стало однією з причин розпаду імперій, не оминувши Україну. Актуальність поглиблення знань цього явища спрямована на уникнення подібних ситуацій у майбутньому.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Обмежений доступ до статистичної інформації, що був впроваджений до розпаду СРСР, не дозволяв на детальне вивчення геометричних параметрів житла України. Зібрані дані про загальну та житлову площу квартир, на підставі щорічних інвентаризацій, з'являються у статистичних збірниках тільки в середині 50-х років, що дозволило розпочати аналіз житлової та архітектурної політики країни, до якого залучилась українські науковці Д.Яблонській, Г.Лаврик, Л.Руденко, Л.Черненко, С.Покляцький, В.Товбич, М.Габрель, І.Гнесь та ін.). Назагал, представлені у статті висновки є продовженням досліджень, які публікувались автором починаючи з 1992 року.

Метою статті є дослідження геометричних параметрів міських житлових приміщень на українських землях початку XX ст. крізь призму будівельного законодавства Австро-Угорської та Російської імперій, виявлення спільних й відмінних нормативних підходів до регулювання просторової організації житла та визначення їхнього впливу на формування якості міського житлового середовища.

Виклад основного матеріалу. Форма приватного орендного проживання у містах Європи розширилась після соціальних реформ, що відбулись у середині XIX сторіччя. Довгий час житлові приміщення у багатоповерхових будинках, що складали щільну забудову у середині оборонних мурів середньовічних міст, служили надійним захистом соціальних спільнот держави. Знищення кріпацтва змусило сільське населення шукати заробіток у промисловості та торгівлі, приміщення яких оточили майже всі приміські та міські терени. Раптове зростання населення в них, вимагало розміщення у існуючих житлових приміщеннях. В умовах ринку це сприяло появі додаткових прибутків від його найму. Швидке зростання фінансових накопичень здобутих індустріальним розвитком, що зосередились у земельних банках та кредитових товариствах, створили «орендний фінансовий двигун», який активізував

будівельну діяльність імперій так, що вона була здатна створювати нові житлові приміщення з швидкістю значно випереджаючою традиційне приватне будівництво.

З часом геометричні параметри житлових приміщень, які будувались з метою власного проживання стали відрізнятись від тих, що були орієнтовані на отримання доходу. Хоча зовнішній вигляд ренесансного міського палацу за стилем, композицією та габаритами міг бути подібним до новозбудованого орендного будинку, внутрішній склад та параметри кімнат відрізнялись значно [1]. Досвід впровадження змін у вигляд будинків та їх параметри, проведені префектом Парижу Жоржем-Еженом Османом допоміг скоригувати будівельні законодавства. Використання дорогих матеріалів, суворі конструктивні, технічні, протипожежні та гігієнічні вимоги привели до масової появи у містах Європи різноманітних за геометричними параметрами орендних будинків.

Будівельна культура будинків Закарпаття, що за вісім століть сформувалась у складі Габсбурзької монархії, чи Галичини, яка півтора століття входила до Речі Посполитої, чи на Лівобережній Україні, де житлове будівництво в містах за два з половиною століття велось під адмініструванням Росії, змінювалась як під впливом соціально-економічного стану локальних територіальних спільнот так і розвитком законодавчих обмежень, еволюція яких формувалась на політичній взаємодії європейських держав, де склад населення та його територія відігравали значну роль.

Як показує довоєнна статистика умов проживання населення, що сформувались у Австро-Угорщині яка розташувалась на 0,677 млн км^2, де Україна займала біля 13% її території, на який проживало 6.5 млн осіб (біля 12% населення держави) відрізнялись від тих, що утворились на території України, яка входила до складу Російської імперії, де її площа розміром у 0.45 млн км^2 з населенням у 31 млн осіб (біля 18% населення держави), займала тільки 2% території та 18% населення [2]. Геополітичне положення цих великих держав вплинуло на стан економічного розвитку та рівень житлової забезпеченості на Україні.

У Польському Королівстві, політично залежному від Росії, кількість населення, що проживала у містах досягла 34%, але на Галичині, що входила у склад Австро-Угорщини цей показник був біля 20%. Ймовірно, що рівень урбанізації на території Царської України, складав 15-18%, перевищуючи середній показник Російської імперії у 14-15% [2]. Контроль над умовами проживання населення у Австро-Угорській імперії здійснювався за допомогою регулярних переписів населення (1869, 1880, 1890, 1900, 1910). Саме вони подавали дані про стан житлових умов населення, дозволяючи оцінювати розвиток якості житла.

У Російський імперії, яка постійно змінювала свої державні границі через війни та адміністративні конфлікти (Японія, 1904-1905; середня Азія та Кавказ, 1907, Холмська губернія 1912) загальний перепис населення відбувся у 1897 році, пізніше їх проводили тільки у великих містах. Не дивлячись на неповність статистичних даних, описуючих умови проживання населення на території Царської України, зовнішні зміни у вигляді міст свідчили про загально європейську направленість розвитку, при збереженні будівельних традицій та особливостями буття населення.

Знання, які були потрібні до реалізації законодавчих установ в приватному будівництві здобувалось через фахове навчання, яке в Україні здійснював Київський політехнічний та Харківський технологічні інститути та чотири художні училища. У Австро-Угорський імперії архітектурна освіта розвивалась у вищих школах великих міст (Грац, Прага, Будапешт, Відень та Львів).

Архітектори цих країн намагались створити максимально ефективні геометричні форми житлових приміщень, що забезпечували їх якість, пов'язану з швидкістю повернення інвестованого капіталу, у якому їх професійний інтерес, співпадав з ціллю замовника.

Перед першою світовою війною Будівельне право на західних територіях України підлягало Австро-Угорському Порядку, яке базувалось на регіональних законодавствах, що передбачало пристосування параметрів будинку до конкретних умов ділянки [3; 4]. У кожному з 30 великих міст монархії існувала окрема комісія до затвердження архітектурних та будівельних проектів. В її склад входили фахівці з різних галузей діяльності метрополії (науковці, інженери, лікарі, пожежники тощо).

Будівельне право на східній частині України, підпорядковувалось Статуту, який входив до державного Зводу законів Російської імперії [5]. Його метою було створення подібних умов для проживання населення незалежно від кліматичних чи соціальних особливостей регіону будівництва, що здійснювалось також через розповсюдження державних типових проектів через Губернські та Дорожні комітети, що знаходились у 81 губернії.

У тих часах, інформаційна свобода доступу до наукових досліджень у галузі ергономіки, гігієни, статики да динаміки конструкцій сприяла зближенню будівельних законодавств ведучих імперій, хоч умови їх використання через клімат та культуру будівництва відбились на їх геометричних параметрах. Крім того, традиція вживання різних систем вимірювання (перст, лікоть та сажень) могли дещо відрізнятись від країн, що стали вживати системи СГС, яка базувалась на міліметрах, сантиметрах, та метрах.

Висота проектованого будинку у Львові, згідно будівельного статуту міста, залежала від ширини вулиці, але не могла бути вищою за 20м, якщо міряти до карнізу [3, Art. 36]. Будівельний статут Відня також брав під увагу ширину вулиці, з додатком 2-3м, що дозволяло будувати будинки висотою до 25м, чи на поверх вище ніж у Львові [4, §75]. Обидва міста визначали ширину вулиці на підставі найкоротшого розміру з середини фасаду до протилежної лінії забудови. У Російському будівельному праві, висота будинку також залежала від ширини вулиці, але не могла бути більшою ніж 12 сажнів – 25,6м [5].

Параметри внутрішнього двору на заході України розраховувались відносно висоти найвищої стіни, та з мінімальною площею у 12м^2 [4, §33]. У Росії, де інсоляція мала більше значення, двір мусів мати 30 квадратних сажнів чи приблизно 136м^2 [5]. Для житлових кімнат, що виходили у двір, мінімальна відстань до протилежної стіни дорівнювалась висоті будинку, але не могла бути менше 6 сажнів – 12,8м [5].

Висота житлового приміщення у будівельному статуті Галичині складала 2,60м – 3,0м [3, Art. 36], а у російському 4 аршини – 2,84м [5]. На першому поверсі у двох країнах допускались високі приміщення до 3,50м, а часами навіть вище, що дозволяло створення якісної антресолі. Мінімальна висота підвалів у Львові могла проектуватись на висоту 2,1м [3, Art. 38], горища – 2,0м [3, Art. 37], мансарди 2,6м [3, Art. 36]. На східній Україні підвал мусів мати висоту 3.5 аршини, чи приблизно 2,5м [5], а горища та технічних кімнат – 2 аршини – 2,13м [5].

Ширина внутрішніх комунікацій. Вхідні двері до житлового приміщення у двох імперіях мали бути не менш 0,9м х 2,1м, різниця була у способі відкривання. Двері при виході з житлового приміщення треба було відкривати на зовні (турбота про скоріше відкривання при пожежі), а на заході всередину (турбота про безпеку людини при виході до спільної комунікації [5]. При визначенні ширини вхідних дверей, царські правила враховували ширину сходів, що відповідало 2 аршинам чи 1.42м, тому рекомендувались двері з двома одвірками [5]. Мінімальна ширина внутрішніх коридорів на заході мусіла бути не меншою 0,90м [3, Art. 34]. Більш лагідний клімат Львова дозволяв на впровадження відкритих галерей мінімальною шириною 1,1м [3, Art. 37]. У Варшаві та Петербурзі до тих цілей впроваджувались криті коридори, ширина яких складала також 1,42м (щоб оминути двох людей у зимовому вбранні).

Площа вікна у житловій кімнаті згідно львівських вимог мала складати 1:10 до площі підлоги [3, Art. 37], а у вузьких світлових колодязів, це співвідношення знижувалось до 1:6. У будівельних нормах імперської Росії, для житлових кімнат вживалось співвідношення 1:8 [5]. У півпідвальних кімнатах

сума площі вікон могла досягати показника 1:12 [5]. Обидві держави забороняли відсутність вікон в житловій кімнаті, хоч у реальності люди використовували різні приміщення для проживання. Тому на Галичині допускались темні кімнати, де денне світло могло потрапляти до них через скляні фрамуги.

Параметри сходів до XVII столітті були предметом довгих досліджень, але після впровадження у Франції правила розрахунку сходинки за формулою (2h + s = 63 cm), де h–висота сходинки, а s – ширина, дозволили ввести цей розрахунок в австрійське законодавство. У Львові висота сходинки у житловому будинку не могла перевищувати 18 см при ширині 27-30 см. Але часто вони мали занижену висоту – до 14 см, що дозволяло на більш легкий підйом. У Російському Статуті параметри сходів лімітувались кутом підйому – 30°-35° для головних, та 45° для службових, при висоті сходинки у 4 вершка-17,8см [5].

Мінімальна ширина сходового маршу, що вели до підвалу чи стріху на Галичині складала – 0,80м, для приватних будинків – 1,10м, для орендних – 1,2м. Царський Статут передбачав мінімальну ширину сходів для невеликих приміщень у 1,5 аршина – 1,07м, для орендних будинків- 2 аршина – 1,42 м, а службових – 1,25 аршина – 0,85м [5].

Параметри житлових приміщень у імперських будівельних правилах орієнтувались на необхідний для людини об’єм повітря. Дослідження впливу вуглекислого газу на стан здоров’я, з’явились на заході ще у XIX столітті. Враховуючи, що розповсюдження інфекційних захворювань залежить від рівня ізольованості та частоти зміни повітря в кімнаті, увага перемістилась на спосіб заміни повітря за рахунок провітрювання та природньої вентиляції, що почали встановлювати навіть у житлових приміщеннях.

Згідно австрійських законодавчих вимог, доросла людина мала мати у кімнаті 15 – 20 м^3 [3, Art. 76], а дитина до десяти років не менш 10м^3. У російській імперії мінімальній об’єм повітря на людину складав 2 кубічні сажня – 19 – 20 м^3 [5]. При прийнятій висоті житлової кімнати її мінімальна площа на одну особу могла бути не менш 7 – 8м^2, та 11 – 12м^2 на дві особи. Радянські законодавства не відійшли від цієї норми у проектуванні, але використали її до норми розміщення жителів у державних житлових приміщеннях. Пізніше ця норма була доповнена нормою загальної площі, до яких крім житлових кімнат були долучені підсобні приміщення а потім відкриті приміщення (лоджії, балкони, тераси) з поправочними коефіцієнтами.

Туалети – “aborte”, “відхожі місця” у імперських законодавствах розглядались як спеціальні кімнати. Через технологічну недосконалість каналізації, що могла привести до поширення епідемій, російське

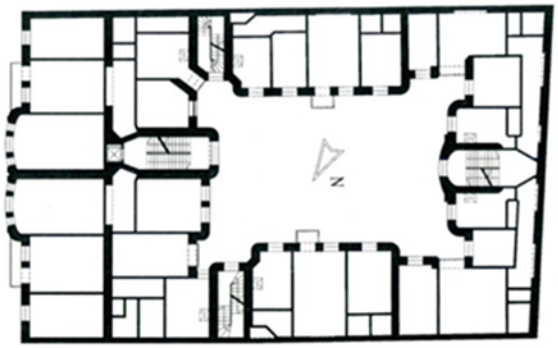
законодавство частіше рекомендувало розміщення туалету за межами житлових кімнат. Другою причиною відокремлення туалету, стала форма групового проживання робітників, військових, чернців та інших, де передбачалось розміщення житлових кімнат та допоміжних приміщень в окремих будинках.

Законодавство обидвох держав забороняло розміщувати санвузол над житловими кімнатами та кухнями нижчого поверху, але регіональна підстава австрійського права могла дозволити його розміщення, при умові, що будівельні технології присутні у місті, зможуть забезпечити необхідну гідроізоляцію перекриття, вентиляцію, освітлення та їх провітрювання. На сході Європи, де значна кількість житлових будинків будувалась хазяйським способом (з використанням менш кваліфікованих робітників), разом з чиновницькою культурою затвердження проектів, це було неможливим.

Доступ до туалету через коридор чи передпокій вимагався у всіх законодавствах [3, Art. 68; 6]. Для забезпечення провітрювання та освітлення у ньому передбачалось вікно у двір чи вентиляційний канал. Мінімальні розміри туалету у Відні складали – 0,8м х 1,1м [4, § 45], у Львові – 0,9м х 1,2м. Царський Статут лімітував тільки ширину туалету – 1.5 аршина – 1,06м.

Ванни переважно планували у орендних будинках високого стандарту. Імперські норми акцентували на них уваги, враховуючи фінансові можливості більшості жителів, затратами на додаткову вентиляцію, каналізацію, постачання води на верхні поверхи та її нагрів. На Галичині, Варшаві, чи Києві вони з'явились у найбільш привілейованих житлових приміщеннях.

Кухні того часу розглядались з позиції пожежної безпеки. Вони також розраховувались на підставі кубатури житлового приміщення, тому їх параметри наближались до розмірів кімнат, але з обов'язковим вентиляційним каналом. Будівельні правила обох країн забороняли влаштування кухень у приміщеннях без вікна, але тимчасове проживання у одно-двох кімнатних квартирах Австрії допускалось розміщення плити у кімнаті [4, § 44-46].

а) 

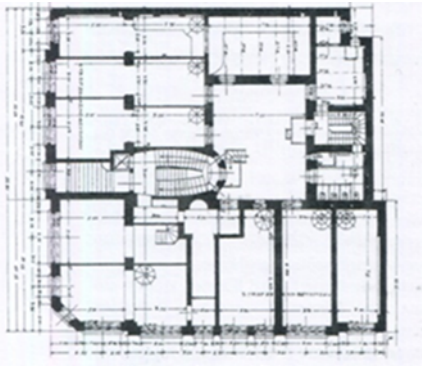
б) 

Рис.1. Приклади імперського типу приватного міського житлового будинку:
а) – план житлових приміщень по вул. Мілявська 5, Варшава, 1913 рік [6];
б) – план житлових приміщень по вул. Валова, Львів, 1910 рік [7].

Співставлення законодавчих вимог до житлового приміщення двох держав, що перед першою світовою війною створили житлову забудову міст України, були подібні. Їх практична реалізація привела, до розповсюдження різноманітних за геометричними параметрами імперського типу приватного орендного міського житлового приміщення.

У найбільш розвинутій формі цей тип складався з трьох горизонтальних частин:

- підземних приміщень (збереження припасів та палива);
- приміщень першого поверху (житло консьєржа, проїзд до огородженого подвір'я, з якого передбачався доступ до конюшень, сараїв для зберігання карет, тощо);
- житлових приміщень, що зазвичай складалась з «bel etage» – (кімнати більших розмірів), що розміщувались вікнами на вулицю, над якими розташовувались декілька поверхів з меншими житловим кімнатами, та прибудов зі сторони двору, які мали незалежні сходи до житлових приміщень з вікнами на подвір'я, що завершувалось горищем, де містились невеликі кімнати до винайму менш заможними особами. Рис.1.

Вживання будинків з внутрішнім двором, де одна, дві чи три його зовнішні сторони могли не мати вікон, дозволяло їх горизонтальне блокування, що підвищувало його фінансовий прибуток. Значна кількість вікон житлових кімнат орієнтованих на внутрішній двір мала нижчу якість житлового приміщення, але давала можливість винайму їх особами з меншим заробітком. Наявність додаткових сходів, забезпечувала розділення переміщень людей різного соціального статусу, але не допускало до їх територіальної сегрегації.

Середній будинок тих часів містив від 14 до 50 квартир, що включали до 100-200 кімнат, з яких більша половина була житловими. Кімнати могли мати площу від 4 – 6м² до 40 – 50м². У квартирах Відня, Львова, Києва, Варшави та Петербургу можна було знайти кімнати площею у 45м² (нижня границя трьох кімнатної квартири, згідно радянських будівельних норм 1960 року). Навіть передпокій міг мати 18 – 20м², (житлова площа більшої кімнати у радянських нормах).

Будування типового орендного будинку з різними фаховими бригадами у 50-150 чоловік, при відносно невеликому середньому заробітку, без значних витрат на будівельну техніку, могла закінчити будинок за півтора роки, що могло повернути кошти інвестора за 8-12 років. Не дивлячись на швидкість будови та якість архітектури орендного житлового будинку, строк повернення коштів інвестиції залежав від рівня доходів населення. Статистичні дослідження Австро-Угорщини вказували, що 5-8% процентів населення міста не мали постійного заробітку, а 60% була на утриманні інших осіб [2].

Політики мусіли шукати рішень, які могли збалансувати умови проживання населення.

Висновки. Таким чином, геометричні параметри міських житлових приміщень на початку XX ст. формувались під безпосереднім впливом будівельного законодавства двох імперських систем – Австро-Угорської та Російської. Встановлено, що нормативні обмеження щодо висоти, площі, пропорцій, освітлення та вентиляції мали спільну гігієнічну та безпекову спрямованість, незважаючи на різні підходи до їх реалізації. Водночас регіональні особливості, зокрема кліматичні умови, рівень урбанізації та традиції будівництва, зумовлювали варіативність застосування цих норм. Доведено, що правове регулювання виступало ключовим чинником формування просторової структури орендного житла та організації внутрішнього середовища будинків. Виявлено, що економічні інтереси забудовників і соціальні потреби населення сприяли оптимізації геометричних характеристик житла. Показано, що імперські нормативи заклали основу подальшої стандартизації житлового будівництва у XX столітті. Отримані результати дозволяють розглядати геометричні обмеження як інструмент регулювання якості житлового середовища та важливий чинник архітектурно-містобудівної еволюції.

Подальший напрямок дослідження. Перспективи подальших досліджень полягають у поглибленому аналізі трансформації геометричних параметрів житлових приміщень у контексті переходу до квартирної форми проживання та пошуку нових просторових стандартів. Доцільним є дослідження еволюції будівельного законодавства 1920–1939 років на території України з урахуванням впливу різних державних і політичних режимів. Окремої уваги потребує виявлення закономірностей зміни геометричних обмежень житла під впливом соціалістичної та ринкової будівельної політики. Важливим напрямом є також порівняльний аналіз нормативних підходів до формування житлового середовища в різних регіонах України. Це дозволить сформувати цілісне уявлення про історичну динаміку просторових стандартів житла та їх вплив на сучасну архітектурну практику.

Бібліографічний список

1. Domińczak M. Miasto i prawo. Krótka historia prawa budowlanego i przepisów urbanistycznych. Urząd miasta Lodzi, 2023.

2. Österreichisches statistisches Handbuch für die im Reichsrathe vertretenen Königreiche und LänderSO “Volkszählung vom 31. Dezember 1910 in Österreich. Druck der Kaiserlich-Königlichen Hof- und Staatsdruckerei. T.32, Wien.

3. Die Bauordnung für Wien: Gesetz vom 17. Jänner 1883, mit den dazu ergangenen Novellen und den einschlägigen Gesetzen und Verordnungen. Manz'sche k. u. k. Hof-Verlags- und Universitäts-Buchhandlung, Wien, 1910.

4. Statut budowniczy dla królewskiego stołecznego miasta Lwowa, ustawa z dnia 4 stycznia 1885 L. 30 d. p. k. i rozporządzenia wykonawcze tudzież ustawy i rozporządzenia z powyższą ustawą w związku będące. Pierwsza Związkowa Drukarnia. Lwow. 1910.

5. Качемцева Л.В., Гелла О. Регламентація містобудівної діяльності в російській імперії в другій половині XIX – початку XX ст. на прикладі Харкова. Науковий вісник будівництва. 2020. №4. Т. 102. С. 26-34. URL: https://svc.kname.edu.ua/index.php/svc/uk/article/view/161.

6. Kalinowski P. Utracone kamienice warszawskie doby wczesnego modernizmu (1909-1914). Oficyna wydawnicza politechniki warszawskiej. 2020.

7. Lewicki J. Roman Feliński – architekt i urbanista. Pionier nowoczesnej architektury, Neriton, Warszawa 2006.

Doctor of Architecture, Professor **Volodymyr Durmanov**
Higher Educational Institution "King Danylo University", Ivano-Frankivsk

REGULATORY FRAMEWORK FOR THE GEOMETRIC PARAMETERS OF URBAN HOUSING IN THE UKRAINIAN LANDS AT THE BEGINNING OF THE 20TH CENTURY

The article examines the geometric parameters of urban residential premises in the Ukrainian lands at the beginning of the twentieth century within the framework of the building legislation of the Austro-Hungarian and Russian Empires. The study is based on a comparative analysis of нормативні acts regulating spatial characteristics of housing, including building height, room proportions, courtyard dimensions, corridor and staircase widths, door sizes, lighting ratios, ventilation requirements, and the minimum air volume per person. Particular attention is paid to the dual nature of residential space as both a physical environment defined by measurable geometric parameters and a social environment shaped by patterns of human use and everyday practices.

The research highlights how legal norms were influenced by hygienic, technical, fire safety, and socio-economic considerations, reflecting broader processes of industrialization, urbanization, and the expansion of rental housing markets. It is demonstrated that despite differences in legal systems and administrative approaches, both empires pursued similar objectives—ensuring acceptable living conditions and regulating the quality of residential environments under conditions of rapid urban growth. At the same time, regional variations in climate, construction traditions, and governance mechanisms led to noticeable differences in the application of geometric standards.

The findings show that building legislation directly affected the architectural structure of residential buildings, the organization of internal space, and the formation of social hierarchies within urban housing. The emergence of the imperial-type rental apartment building is interpreted as a result of the interaction between regulatory

constraints, economic interests, and technological capabilities. The study contributes to a deeper understanding of the historical evolution of spatial standards in housing and provides a basis for further research on the transformation of residential geometry in the twentieth century.

Keywords: urban housing; building legislation; geometric parameters; residential premises; rental housing; urbanization; Ukraine.

REFERENCES

1. Domińczak, M. (2023). *Miasto i prawo. Krótka historia prawa budowlanego i przepisów urbanistycznych* [City and law: A short history of building law and urban regulations]. Urząd Miasta Łodzi {in Polish}.

2. Österreichisches statistisches Handbuch für die im Reichsrathe vertretenen Königreiche und Länder. (1910). *Volkszählung vom 31. Dezember 1910 in Österreich* (Vol. 32) [Statistical handbook of the Austro-Hungarian Empire: Census of December 31, 1910]. Kaiserlich-Königliche Hof- und Staatsdruckerei {in German}.

3. *Die Bauordnung für Wien: Gesetz vom 17. Jänner 1883, mit den dazu ergangenen Novellen und den einschlägigen Gesetzen und Verordnungen*. (1910) [Building code for Vienna: Law of January 17, 1883, with amendments and related regulations]. Manz'sche k. u. k. Hof-Verlags- und Universitäts-Buchhandlung. {in German}.

4. *Statut budowniczy dla królewskiego stołecznego miasta Lwowa: Ustawa z dnia 4 stycznia 1885 L. 30 d. p. k. i rozporządzenia wykonawcze tudzież ustawy i rozporządzenia z powyższą ustawą w związku będące*. (1910) [Building statute for the royal capital city of Lviv: Law of January 4, 1885 and related regulations]. Pierwsza Związkowa Drukarnia {in Polish}.

5. Kachemtseva, L.V., & Hella, O. (2020). Rehlamentatsiia mistobudivnoi diialnosti v Rosiiskii imperii v druhii polovyni XIX – pochatku XX st. na prykladi Kharkova [Regulation of urban planning activity in the Russian Empire in the second half of the 19th – early 20th century on the example of Kharkiv]. *Naukovyi visnyk budivnytstva, 102*(4), 26–34. URL: https://svc.kname.edu.ua/index.php/svc/uk/article/view/161 {in Ukrainian}.

6. Kalinowski, P. (2020). *Utracone kamienice warszawskie doby wczesnego modernizmu (1909–1914)* [Lost Warsaw tenement houses of early modernism (1909–1914)]. Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej {in Polish}.

7. Lewicki, J. (2006). *Roman Feliński – architekt i urbanista. Pionier nowoczesnej architektury* [Roman Feliński – architect and urban planner. Pioneer of modern architecture]. Neriton {in Polish}.

DOI: 10.32347/2076-815X.2026.92.132-173
УДК 711.2:711.4.01

Дюжев С.А.,
sdyuzhev@gmail.com, ORCID:0000-0003-0218-1231,
Інститут архітектурного менеджменту, м.Київ

ФЕНОМЕН ЗЕЛЕНОЇ ЗОНИ МІСТА (МЕТРОПОЛІСУ) ЯК ВУЗОЛ ТА ІНДИКАТОР СТУПЕНЮ ВИРІШЕННЯ МІСТОБУДІВНИХ ПРОБЛЕМ В УМОВАХ ПОТРЕБ ЦИВІЛІЗАЦІЙНОГО ВІДРОДЖЕННЯ КРАЇНИ

(завдання та вимоги щодо удосконалення містобудівного планування та програмування ландшафтної інфраструктури, приклад м.Києва). Частина IV

(Продовження, попередні частини – див. "Містобудування та територіальне планування", вип. №88, №89 і № 90)

У продовженні аналіз теоретичного тематизму щодо загрози підміни семантичних засад містобудівної теорії і практики ерзац-замінниками типу "просторове планування", тобто зі сфери "землевпорядкування та землекористування" (де найбільш поширені "дискреційні практики") й яка, за визначенням, пов'язана тільки з реалізацією (у законний спосіб) містобудівних планувальних і проєктних рішень, розглянуто знакові публікації, що торкаються даного тематизму. Мова про такі поняття як "простір", яке було безпідставно гіпертрофоване, і "просторовий розвиток", що є семантичною нісенітницею, а також пласке, вихолощене трактування містобудівного планування як "просторове планування", тобто як проекції ("тіні") "процесів і явищ на територію". Здійснення такого "спрощення" буде слугувати не поєднанню містобудівної та землевпорядкувальної документації (на що сподіваються деякі автори), а фактичному усуненню, а то й ліквідації базової (вихідної) містобудівної планувальної документації стратегічного значення, а також професійно-культурних засад усієї сфери містобудування. Показано, що схожу негативну роль виконують не проведення семантичного розрізнення змісту підпорядкованих понять "містобудівне планування" та "територіальне планування", і спроби їх автономного (ізольованого) застосування на практиці. Очевидна неадекватність змісту "феномену розселення" й уявлень на кшталт "еколого-містобудівна система "населення – середовище"" як релікту антропоцентричних опозицій, а також обмеженість уявлень щодо міста як "урбогеосоціосистеми", що не мають у своєму арсеналі необхідного теоретико-методологічного інструментарію. Тому було звернуто увагу на позитивний досвід врахування та оцінки комплексу природних факторів та ресурсів для здійснення містобудівних планувальних робіт щодо

формування та розвитку комплексних зелених зон та мережі озеленених територій міста та агломерацій, прийомів їх улаштування і диференційованого нормування.

Простежено шляхи методологічного оснащення розробок містобудівних синтетичних рішень у контексті планувальної тематики, що розглядається, а також роль оцінки загального стану зелених насаджень як індикатора диференціації якості міського середовища з урахуванням функціональної діяльності населення і завдань трансформації міського середовища як ландшафтної інфраструктури та її водно-зеленої складової, розробки державних стандартів доступності і якості екосоціальних послуг щодо "природних благ" та здійснення відповідних ландшафтних оцінок території. Такий підхід був апробований автором певною мірою при розробці містобудівної планувальної документації для м.Києва (напрям робіт – мережі озеленених і рекреаційних територій).

Ключові слова: містобудівне планування; ландшафтне планування; комплексна зелена зона; міське середовище; мережа водно-озеленених територій; містобудівні синтетичні рішення.

Коли керуватися викладеним раніше (частина III та попередні наші публікації) розумінням міста як ландшафтного феномену розселення і відповідним (адекватним) трактуванням містобудівного планування, тоді багато що чи навіть усе стає на свої місця у картині дійсності розселення. Але існують спроби (та й пропозиції "цивілізаторів" із-за кордону), і далеко не невдалі, йти спрощеним шляхом (хто має з цього зиск й куди веде цей шлях вже говорилося раніше, як й про шкідливість запозичених непрофесійних, спрощених уявлень і термінології єврочиновників) підміни змісту теорії та практики містобудування реальною практикою "раціонального землекористування", мов би для "поліпшення" територіального (містобудівного) планування (яке "деградувало" нині в умовах масових правових зловживань) із запровадженням (у т.ч. на законодавчому рівні) т.зв. "просторового планування" та концепту "просторовий розвиток", що базуються на приматі поглядів стосовно землеустрою та "інтересів" землевласників (у "союзі" з "інвесторами" будь-якого походження).

У такому випадку (що вже поширюється) проблеми міст, містобудівного планування та проєктування, усієї сфери містобудування будуть ще більше ускладнюватися, а ситуація, що історично складається, стосовно непідготовленості цих галузей знання і діяльності до вкрай необхідних змін у сфері архітектурно-містобудівної діяльності задля відродження країни, може стати тупиковою. Як висловлювався ініціатор сітьового планування та

управління Спартак Ніканоров, проблема ефективності розробки та прийняття рішень вимагає концептуального вирішення (див.: газета "Развитие" №24–25, червень 1993, с.1,7).

У цьому контексті необхідно розглянути положення симптоматичної публікації щодо "формування бази знань просторового планування" [1]. Наведемо та прокоментуємо два визначення, що залучені авторами цієї роботи. Поняття "простір" надається нібито для подолання "його тривимірності", що зводить (на жаль при гіпертрофованому й виключно засадчому трактуванні "простору" будь-якої розмірності!) "завдання просторового планування до питань землі (територій), землеустрою й забудови". Й по-іншому, як було показано нами вище, бути не може. Автори цієї публікації пишуть: "Простір – це багатовимірний феномен (?) людських умов (природних та розміщення), функціональних, геометричних і часових характеристик, а також їх взаємодій, у межах яких відбуваються процеси в системі" [1, с.8]. У цьому визначенні усе змішано: коли простір – це феномен людських умов, характеристик, взаємодій та процесів, то що таке тут "система" (будь-що?). Й чому безпідставно гіпертрофований саме "простір", а не "час", "умови" чи "процеси"? Й де уявлення про цілісний феномен (об'єкт, предмет) дійсності, що перебуває у розвитку (а також формується, функціонує, відтворюється?). Про семантичну "розмитість картини світу" свідчить й оперування авторами тільки однією планувальною категорією (із склеюванням несумісних за сенсами "ціле – частина", "причина – наслідок", "ціль – засоби досягнення" складових) – "просторова організація", яка навіть у поданому визначенні не може бути синонімом "просторового розвитку" (що є семантичною нісенітницею) – простір як атрибут речей, за визначенням, не може розвиватися поза феномену цілого (але є ресурс формування речей). Читаємо у авторів (й у дужках коментуємо): "Просторова організація… – це структурно-параметричне та просторово-часове (але простір і час – це різні атрибути і ресурси форм цілого – речей!) узгодження елементів і зв’язків простору (але який тут механізм "узгодження", де він діє і у який спосіб?), що забезпечує ефективне використання його потенціалу (який такий "потенціал простору", як він заданий чи виявлений, й знову "що" забезпечує?) та гармонійний розвиток (але "чого"?, "кого"?) із системним урахуванням (що тут означає "системним" і що розуміти за змістом "урахування"?) функціональних, соціально-економічних, природно-ландшафтних, історико-культурних і композиційно-естетичних умов і вимог" (але що "забезпечує ефективне використання": узгодження, механізм чи умови і вимоги?; й знову: хто тут є суб’єкт/об'єкт вимог й "вимагач" узгодження либонь-чого?). Далі випадає неначе відповідь: "Просторове планування є проекцією багатовимірних процесів і явищ у просторі на територію" [1, с. 8].

Ось це й уся "наука" – спрощене картографування плаского економ-географічного підходу без будь-якого інтересу до сутності "процесів" і "явищ", спроб їхнього розуміння та цілісного пізнання. Така "просторова організація", такий "приземлений" підхід до найскладніших гетерогенних феноменів дійсності розселення (усього різноманіття характеристик середовища і процесів містобудівного цілого) пропонується ідеологами "просторового розвитку" і планування як "розпакування" у ряд "просторових кошиків" для зручності також спрощеного опису змістовного містобудівного континуума, а не для тим більш операційного (методологічного та методичного) і технологічного використання у практиці містобудування. Й це "спрощення" не для "поєднання" містобудівної та землевпорядкувальної документації, а саме для підміни (усунення) базової містобудівної планувальної документації стратегічного значення (із запровадження псевдонових "документів з просторової реорганізації і просторового розвитку"), що відповідає не інтересам населення (територіальної громади), а корупціогенним інтересам щодо збагачення т.зв. "забудовників" та "інвесторів". Чи розуміють автори таких "новацій", що слідують у фарватері дегенеративної політики певних владних кіл і намірів земельно-будівельного лобі? В якості постскриптуму до "питання формування бази знань" планування звернемося до двох цитат мудрих. Жан Бодрийяр: "Інформації стає усе більше, а смислу усе менше". Т. Еліот: "Ми забули мудрість заради знання, ми утратили знання у потоці інформації" (цит. по [2, с. 742,743]).

Перепони на кшталт "підміни понять" виникають у кожному сюжеті нашої теми – проблематика "зеленої зони" та вирішення усього кола актуальних завдань. Наприклад, виникають невиправдані пропозиції трактувати [природне] "ландшафтне планування" не як змістовну компонентну складову (аспектну характеристику) містобудівного планування (про це вище вже почато розмову), а як якийсь "інструмент" (радше метафорично – для охорони та догляду за довкіллям) у "просторовому плануванні" (незрозуміле "планування" у "плануванні") [3, с. 578]. При цьому не проводиться семантичне розрізнення змісту підпорядкованих понять "ландшафтне планування", "територіальне планування", "містобудівне планування", а також змішується "ландшафтне планування" та "ландшафтне проєктування". Ландшафт трактується тут (слідом за "німецьким досвідом") як сугубо природний, виключно з географічних позицій [3, с. 575] й у дусі традиційних описових розділів-додатків щодо характеристик природно-кліматичних умов у складі директивної містобудівної документації ("для порядку"), які не мають реального (технологічного) впливу на "розробку планувальних рішень", навіть коли ряд характеристик подані у складі т.зв. "планувальних обмежень" (про це свідчить вже український досвід).

Про семантично порожню сутність поняття "простір" (як щось самодостатнє, що має "просторовий розвиток"), як аберацію смислів речей і предмету професійної діяльності вже говорилося раніше [4]. Змішування (підміна) понять (сутності) "просторове планування" і "містобудівне планування" спричиняє й редукційне спотворення (розуміння) стану речей. Таким ж неадекватним сутнісному змісту феномену розселення (міста) є декларативний конструкт "еколого-містобудівна система" (як "що"?) "населення ↔ середовище" – релікт антропоцентричних опозицій – тому що вже давно відоме, що "населення" є складовою міського середовища (див. хоча б хід теоретичної думки від М.Г. Бархіна до К. Лінча та цитати мудрих, що залучаються до нашої теми).

Буде доречним зараз відхилитися від поточних міркувань і залучити аналітичні уявлення М.Г. Бархіна, коли він розглядає (і поділяє) положення концепції К. Александера стосовно умов цілісності життєздатного середовища, що складається із різномасштабних і різнохарактерних елементів, й коли "усі сили знаходяться у рівновазі". Перша умова – мають бути враховані усі психологічні потреби суспільства. Друга – усе, що складає середовище – клімат, промисловість, житло, людські почуття, екологію в цілому, транспорт тощо – має бути виражене у порівняльних термінах задля можливості їх інтеграції. Третя – людина повинна мати можливість володіти загальним (всесвітнім) фондом досвіду і знань, тобто мають зникнути бар’єри між професіями. Четверта – усі дії щодо створення середовища мають бути спрямовані на його цілісність. Й п’ята умова – середовище повинні створювати люди, які у ньому проживають [5, с. 36]. М.Г.Бархін резюмує: середовище потрібно розуміти як феномен гнучкий, що увесь час знаходиться у русі – який добудовується та перебудовується [5, с. 36]. Як відмічав М.Г.Бархін, динамічність соціумального компонента міста – "живого цілого", що виявляє його "рух" вздовж осі зв’язків – "щупальця", які ідуть по більш перспективним напрямам, й є проявом прагнення людини до наближення його житла до "відкритого пейзажу" з умовною відстанню у межах пішохідної доступності, наприклад до 2 км чи 20–25 хвилин ходьби пішки. Прийнята протяжність пішого ходу в 2 км, на думку М.Г.Бархіна, може обмежувати зростання міста за одним із параметрів – по ширині, що мов би визначає формування "перспективних міст" – відносно нешироких (до 4 км) й здатних до динамічних змін стосовно довжини і висоти лінійних, смугових міських утворень, які, очевидно, будуть складатися з компактних елементів комплексного змісту: "квантів" міста [5, с. 46,52]. Але ще раз зауважимо – у даному погляді приховано міститься традиційна помилка: пошук простих рішень багатозначних складних містобудівних проблем. Й тому "лінійні міста" не можуть бути загальним принципом "перспективного" розселення (та і характер

соціумальної активності населення це виключає), а можуть бути окремим локальним, спеціальним (проте всебічно обґрунтованим у рамках єдиного планувального рішення цілісного ареалу розселення) прийомом розпланування певних фрагментів природно-техногенно-соціумального міського середовища. Ніякі наперед задані прийоми (чи "ідеальні" та "універсальні" морфографічні схеми) не можуть бути прийнятними як типові, шаблонні "рішення" міста, коли не здійснені необхідні професійні процедури містобудівних планувальних технологій в унісон з роботою логос-системних механізмів дійсності розселення. Звідси й також помилковий хід щодо некритичного перенесення однобічно розглянутих авторами у працях Ю. Одума і М.Ф. Реймерса закономірностей живої природи на більш складні закони гетерогенного міського ландшафту (за що Ю. Одум не несе відповідальності) та формулювання принципу виключно "екологічно оптимальної щільності" населення міст, який у відриві від інших процесо-середовищних закономірностей більш схожий на екоутопію [3, с. 576].

Це стосується, у тому числі, перенесення особливостей поведінки "дикої природи" (тваринного і рослинного світу), які обумовлені ресурсними регулятивними можливостями "кормової бази" (умовами зростання), що визначають "перенаселеність"/"недонаселеність" територій на людський соціум [3, с. 576]. Але навіть у популяціях диких тварин (зграях) існує боротьба "за лідерство" (домінування) та "переселення" до інших місць "оселення" тих, хто поступився більш сильному, тобто тут діють не тільки екопричини, але й соціофактори. Тому й "демографічна ємність" території (ареалів розселення) має не тільки екологічну складову, а й психосоціальну, техніко-економічну, культурологічну та інші складові. В.В.Владіміров пише з цього приводу: демографічна ємність території встановлюється за допомогою аналізу найбільш важливих для повсякденної життєдіяльності населення природних компонентів – територій, придатних для промислового і громадського будівництва, приміського сільського господарства, масового відпочинку, а також водних ресурсів. Демографічна ємність території – перемінна величина: з бігом часу, в умовах науково-технічного і соціального прогресу, із зростанням національного багатства, підвищенням родючості ґрунтів та продуктивності рослинності показники демографічної ємності окремих районів будуть, безумовно, підвищуватися [6, с. 44,45]. Необхідно нагадати й про інший бік демографічної складової проблематики, що розглядається, про який Г.М.Лаппо писав: розвиток агломерацій загальмувався не випадково – перша причина демографічна, коли депопуляція позбавляє міста і агломерації настільки важливого для них припливу населення, а демографічна недостатність спричиняє те, що урбанізація, яка сприяє модернізації країни, не завершена і

свою місію іще не виконала; до того ж відбувається небезпечне для майбутнього зниження якості населення, яке не здатне працювати у базових прогресивних галузях, поєднування яких і визначає сутність агломерацій. Друга причина – у приниженні ролі галузей, що генерують нове у науці, техніці, виробництві, мистецтві, вищій освіті; відбулося різке скорочення розмірів діяльності і чисельності занятих у високотехнологічних галузях виробництва; погіршилися умови діяльності у науці, мистецтві, [культурному саморозвитку населення] (див. [7, с. 10,11]). Даний висновок повною мірою стосується й стану справ у сфері розселення (його процесів та середовища) в Україні. Тому і реалізувати принцип "екологічного балансу" чисельності населення для розрахунку демографічної ємності на основі спроможності конкретних територій вмістити та прогодувати (!) певну кількість населення у динамічній реальності розселення принципово неможливо [3, с. 577]. Про більш складний характер балансування ресурсів життєдіяльності свідчить такий профільний висновок "Інституту Всесвітнього Спостереження про прогрес до сталого суспільства": міста промислових країн, загалом, будуть відбирати менше води від землеробства, бо їхні потреби зростають повільніше… тому що побутові і промислові споживачі вдосконалюють ефективність свого водокористування – наприклад, встановлюючи ефективне обладнання, ліквідуючи протікання, повторно використовуючи відпрацьовану воду, замінюючи водолюбні газони природними травами й кущами – потреба перерозподіляти воду від сільського господарства зменшується [8, с. 48]. Очевидно – населення людських поселень не переміщається на нові території (чи скорочується його чисельність) завжди через екоконфлікти чи погіршення ресурсних природних можливостей "прогодуватися" (це отару, стадо можна перегнати з бідного пасовища на більш тучне). Такого не було (як єдине правило) навіть у часи ранніх цивілізацій чи епохи переселення народів.

Не можна вважати обґрунтованою та доцільною пропозицію щодо розроблення деякого документу з "ландшафтного планування" (слідом за європейською ландшафтною конвенцією) мов би для "покращення, відновлення та формування ландшафтів, сприятливих для життєдіяльності населення" (й коли тут мова саме про природний ландшафт та його компоненти), а також з метою якось "покращити" територіальне (чи псевдопросторово-земельне) чи деградоване під тиском будівельного лобі "містобудівне планування" (для псевдообгрунтувань будівельно-земельних зловживань). Але необхідно не винаходити ніякі "підпорки" від такого "ландшафтного планування" (що не має ніякого сенсу та технологічно є "холостим ходом"), а осмислено та відповідально узятися за змістовне відновлення та відродження культурних

норм справжнього містобудівного планування, планувального управління та й усієї сфери архітектурно-містобудівної діяльності.

В.В. Владіміров, що спеціально розглядав один із аспектів містобудівного планування (збереження та відновлення екорівноваги в агломераціях), відзначав: у містобудівних дослідженнях та проектуванні вирішення завдань забезпечення саморегулювання, охорони і відтворення основних компонентів природного середовища при розробці генеральних планів агломерацій повинні здійснюватися на основі спеціальних процедур – визначення демографічної ємності території; встановлення інженерно-екологічних характеристик територій як загальних обмежень при визначенні перспективних параметрів розвитку; проведення відповідного інженерно-екологічного зонування з виявленням ділянок різного ступеню сприятливості; розробка пропозицій щодо формування межі особливо пильнованих територій у т.ч. зелених зон міст [9, с. 14,16]. У свою чергу А.Г. Григорян стверджує, що формування ландшафту сучасного міста на стадії розробки його генерального плану вимагає розгляду міського ландшафту як природно-антропогенно-техногенної одиниці (комплексу) [10, с. 114]. Тому потрібне розширення меж предмету ландшафтної архітектури, мета і завдання якої до недавнього часу обмежувалися тільки озелененням міст, селищ і сільських населених місць та питаннями садово-паркового мистецтва. Необхідно поширити їх на усе життєве середовище в цілому і міське середовище зокрема. Містобудування, будучи інтегральним, синтезуючим поняттям, практично повинно координувати усі роботи, що пов’язані як із створенням, так й з охороною середовища міст [10, с. 128]. Ландшафтні дослідження повинні бути в основі містобудівних рішень, що приймаються, й служити завданням збереження, збагачення та раціонального використання [міських] ландшафтів – комплексної проблеми, яка має розроблятися послідовно на усіх стадіях проєктування [10, с. 130]. М.В. Маслов наводить такі узагальнені характеристики демографічної ємності території (ДЄТ) – це поріг розрахункової кількості населення на одиницю площі, збільшення якого можливе тільки при одночасному виконанні ряду ековимог: підвищення репродуктивності зеленої маси і родючості ґрунтів, впровадження безвідходних виробництв, локальних очисних споруд нових поколінь, що ефективно вилучають шкідливі речовини з відходів. ДЄТ править за поріг, що визначає доцільність інтенсифікації використання земель, водних і лісових ресурсів. Надграничне зростання ДЄТ потребує впровадження вартісних очисних улаштувань та значного збільшення інвестицій в охорону навколишнього середовища [11, с. 61]. Й спроби встановити потребу території на одну людину для приблизної ДЄТ (у рамках уявлень про екорівновагу різних видів – від 60 до 210 осіб/км^2) "вельми узагальнені та не прив’язані до профілю

містоутворюючої бази як одного з основних факторів збурення природного середовища у містах" [11, с. 62]. Про зміст методу [Ю.В. Кононовича] придатного для визначення ДЄТ у першому наближенні див. [11, с. 71–87]. Практично марними є різні "схеми екологічного каркасу" (про це ми вже говорили), що базуються на концепції "штучної поляризації біосфери і техносфери на великих територіях, коли за поляризованими планувальними утвореннями закріплюють певні господарські і екологічні функції" [11, с. 54]. Також спрощеними є розрахунки потреб людей в територіях (співвідношення природного ландшафту, сільськогосподарських угідь, міст та промисловості) по даним ФАО ООН, досліджень К. Доксіадіса і Ю. Одума, баланс яких умовно можливий у масштабах планети [11, с. 54,55]. Про марність домогтися екорівноваги "природно-антропогенного середовища для забезпечення його тривалої сталості… що представляється задачею вельми проблематичною" [11, с. 53] свідчать й судження А.Д. Арманда. Він пише: "Розрахувати і спрогнозувати момент початку [екологічної] стабілізації поки що не вдається. Він залежить від багатьох причин, зумовлених не тільки станом міського середовища, але й станом економіки держави, рівнем національного доходу, розвиненістю сільського господарства, престижністю різних видів праці тощо… При цьому критична точка зсувається, по змозі вкладених коштів і зусиль, до ще більш високої відмітки (коли вимірювати її числом мешканців). У підсумку ми можемо лише констатувати, що гранична планка установиться для кожного міста на своїй висоті і у свій власний строк" [12, с. 11].

Ці розважливі судження вказують й на напрями вирішення (перегляду) такої собі проблеми "як вихід людства за пороги самопідтримування (рівня навантажень на навколишнє середовище) планети", показником чого було встановлено (за Матисом Вакернагелем у 1997 р.) т.зв. "екологічний слід людства" у порівнянні з "підтримувальною здатністю планети" (див. [13, с. 19]), який спрощено у площинному вимірі визначається земельною територією, що необхідна для отримання потрібної кількості ресурсів (у т.ч. для міської забудови) та "переробки" викидів та відходів, які робить світова спільнота (вважається що такий рівень самопідтримування був в останній раз у 1980-х роках) [13, с. 19]. Однак, стосовно даної проблематики необхідно говорити знову про діапазони параметрів (взаємодій та ефектів) чотирьох базових процесів розселення на шкалах адекватного та закритичного циклостадійного стану атрибутів середовища розселення, а також про дію факторних зв’язків геному трансцендентних планувальних технологій (див. [14]). Концепція "порогів розвитку" є сугубо емпіричною, спостережно-описовою, й у цьому випадку проблема починається з розуміння (трактування) зв’язків речей та їхніх складових. Довільне (штучно видумане) номінування певних прямих та

зворотних (позитивних і негативних) зв'язків (як закільцьованих петель) взаємозростання активних явищ, що спостерігається на фоні несприятливих природно-кліматичних та техногенних змін середовища життєдіяльності, здійснюється у лінійній логіці "усе пов'язане з усим" з наданням таким зв'язкам причинно-наслідкового значення поза будь-якої онтологічної картини світу та теоретичного обгрунтування "корелятивних групувань", описів порогів, зростань, запізнень, експоненціальних характеристик. Така "концепція" містить радше інформаційно-публіцистичні вказівки на актуальність глобальних задач, але не може бути перспективною та конструктивною для вирішення цивілізаційних проблем. До того ж "висновки" і "пропозиції" з'являються у даній "логіці" й без застосування "комп'ютерного моделювання" на основі простих (але далеко не факт закономірних) співставлень як завжди неповних статистичних даних [13, с. 40–46]. Звідси і поспішні оцінки соціально-економічних і політичних тенденцій як таких, що призводять до "руйнації основ індустріального суспільства, якщо не будуть зроблені значні зміни", і утопічні пропозиції примусово розривати чи обмежувати емпіричні зв'язки (на кшталт "зростання населення – зростання виробництва") як засіб "зменшення екосліду" людства та досягнення "стійкого розвитку". Це стосується і набору сценаріїв (уявлень про майбутній стан) ніби альтернативних, але не факт, що вони мають відношення до реального стану справ у людській цивілізації та до закономірних (можливих/необхідних) варіантів управління трансформаційними змінами (й мова тут далеко не про технологічні удосконалення у виробництві). Ми маємо тут ще один приклад не розуміння складного трансцендентно-іманентного устрою Всесвіту та земної цивілізації, коли планувальні логос-системні механізми визначають реальні (рухливі) пороги (рубежі, горизонти) циклостадійним змін. Тому й висновок про те, що екослід людства намагається вийти "за допустимі межі, й у результаті відбуваються події, які його примусово зменшують" [13, с. 278] – логіко-семантично помилковий, бо "екослід" є частина середовища розселення (життєдіяльності людства), а "зростання економіки і чисельності населення" не є "реакцією, щоб справитися з таким змушуванням" – бо це етапне циклостадійне явище. Істинною реакцією є стратегічні і оперативні регулятивні управлінські дії стосовно адекватного застосування інструкцій і інструментів планувальних технологій, що потребують всебічного вивчення.

Ще раз необхідно підкреслити, що ні "збір, аналіз і оцінка вихідних даних" щодо існуючого стану та потенціалу розвитку, ні оцінка природних компонентів (і виконання оціночних карт), ні включення (!) цього до складу (!) графічних і аналітичних матеріалів проєктного плану (!), ні розроблення "карт існуючих планувальних обмежень" з виявленням "проблемних (?) ареалів" та ні

"підготовка пропозицій по формуванню моделі" (додамо – такі "моделі", як правило, типовий набір безтурботних побажань) еколого-збалансованого розвитку – усе це ще не є ні "ландшафтним плануванням", ні "плануванням" взагалі. Тобто потрібна розробка не окремих автономних розділів "екологічної спрямованості" у складі містобудівної документації, а більш детально розгорнута і синкретично оснащена поліфункціональними параметрами логос-системна розробка базових містобудівних планувальних рішень територіальних і надтериторіальних складових ландшафтних феноменів розселення. А усе те, що подано із вище сказаного, є тільки "збір, аналіз і оцінка вихідних даних" стосовно природних компонентів [3, с. 580,581]. А далі – лише надія на проведення СЕО проєктних рішень, у яких усі ці ландшафтні аналізи, оцінки, карти ніяким чином не враховуються (навіть "планувальні обмеження", що легко, "коли треба", ігноруються, "усуваються" в необмеженій перспективі) та розробляються за спрощеними "схемами". Така "ритуальна доля" усіх природних факторів та оцінок, що притаманна "сучасній" (з дозволу сказати) містобудівній (а нині – підмінюваній та камуфльованій під "просторову" підробку) документації. Але головне – ще немає розуміння необхідності застосування містобудівних планувальних технологій, що спроможні імплантувати ці (й не тільки природні) фактори та оцінки у змістовний контекст (контент) логос-системних параметрів планувальної моделі (плотинг-основи) розробляємих містобудівних рішень. Просте "включення" ("декоративним додатком") автономних "ландшафтних оцінок і схем" до матеріалів вже остаточного варіанту "проєктного плану" (що "прописаний" наперед "інвесторами") постфактум є імітацією навіть якоїсь участі у прийнятті рішень. Тому надія, що проведення (також постфактум) стратегічної екологічної оцінки (СЕО) проєктних рішень (на основі відповідного вкрай невдалого та "беззубого" закону і бездарних методичних "рекомендацій") згідно з вище сказаною причиною зможе щось змінити у "замовлених проєктних рішеннях" ("вільних" від дотримання містобудівних технологічних вимог і адекватних теоретико-методологічних уявлень) є безпідставними та марними, що й демонструє уся практика проведення СЕО у складі містобудівної (?) документації – від генпланів і ДПТ до різних галузевих програм. Й це лихо (про що вже говорилося раніше) не тільки нашої країни. У свій час було встановлено вельми низький рівень наукової обґрунтованості поданих на експертизу матеріалів у частині оцінки впливу проектованих об’єктів на навколишнє середовище і планувальних заходів щодо зниження негативного впливу від їхньої передбаченої діяльності. Загальною причиною виникнення екопроблем в усіх містах, генплани яких було розглянуто, стало недотримання планувальних обмежень. А врахувати екофактори на стадії проєктування – це означає істотно

скоротити витрати на боротьбу із забрудненням [15, с. 42,43]. Й знову виникає питання: а як "враховувати" екофактори (та й усі інші фактори) міського ландшафту – чи ж досить знань (у нашому випадку) такої дисципліни як "екологія міста"?

На взір правильне уявлення міського середовища у рамках урбоекології, що "включає у себе природні і штучні компоненти, а також людей та їхні соціальні групи", чомусь трактується як "навколишнє середовище" (але "що" й навколо "чого"?), а власне місто трактується як "урбогеосоціосистема" (знову семантична мішанина – банальне переписування емпіричних спостережень під маркою теоретичного підґрунтя "урбоекології"), що не має у своєму арсеналі необхідного теоретико-методологічного інструментарію та можливості операційно-практичного застосування (як й усі "системні уявлення" подібного "системного підходу") [16, с. 14–17]. Тому і у ролі "екологічної експертизи" і засобу демонстрації "шляхів нормалізації екологічних умов міських агломерацій" такий підхід є (знову це підкреслимо) малокорисним поза застосуванням базових містобудівних технологій прийняття планувальних рішень, а про це немає й мови. Справедливості ради автори раніше згаданого підручника були близькі до такого розуміння, коли стосовно мікроклімату міського середовища наочно показано розрізнення значень метеорологічних факторів клімату у великих містах та сільській місцевості, що прилягає до них [16, с. 220,221] й на взір переконливо формулюються заходи щодо покращення міського клімату: регулювання швидкості вітру та вентиляції міста за рахунок планування міської забудови та вулиць, створення деревино-чагарникових насаджень, мережі водойм; зменшення втрат тепла будівель на основі рішень стосовно орієнтації та взаєморозміщення будівель і груп зелених насаджень; регулювання вологості повітря за допомогою створення водойм та водотоків, водопроникливих поверхонь, а також забезпечення поливу; розташування об’єктів, що забруднюють, поза міською межею чи у підвітряній частині міста, регулювання чи припинення викидів шкідливих речовин аж до припинення роботи підприємств, з переходом на безвідходні чи замкнуті цикли виробництва; регулювання надходження сонячної радіації завдяки розплануванню вулиць і кварталів, зелених насаджень, різнорівневої забудови тощо – й це з вимогою інтегрованого використання таких заходів [16, с. 224]. Але у черговий раз (що характерно для "галузевих" аспектних підходів чи знову ж – розроблення СЕО) немає необхідного (усвідомленого) акцентування на тому, що усі ці заходи можуть бути грамотно розроблені та реалізовані виключно на основі містобудівних (але професійних, культурно-технологічних) планувальних та проєктних рішень, а не у вигляді окремих "розробок", що "спираються" на специфічне (необхідне, але вкрай недостатнє) коло знань

урбоекології, урбоекономіки, урбосоціології чи таких "розробок", що претендують на відокремлюване (поза контекстом містобудівного планування та й містобудування вцілому) "існування" (та вочевидь й фінансування): екоурболандшафтне, соціально-економічне, транспортне, "просторове" (мабуть земельне) планування. У такому разі ці специфічні знання, напрацювання та розробки залишаються декоративними додатками до кон'юнктурних управлінських рішень (та "освоєння" бюджетних видатків), що виконують роль "обгрунтування" чи "доцільності" таких непрофесійних рішень.

Як пише В.П. Кучерявий, "генезис міських ландшафтів все більш і більш цікавить науковців усього світу" [17, с. 60]. Однак, як ми спостерігаємо, обирається як правило наперед семантично-однобічний та логіконесумісний (за суттю тупиковий, але популістський) шлях використання т.зв. "ландшафтно-екологічних" уявлень та пропозицій (вище вже йшла мова про це), які придатні для географо-краєзнавчих описів. Це яскраво демонструє й "складна формула міста" і концептуальна модель "урбоекосистеми" А. Костровіцького (та інші моделі екопереобтяжувального профілю); до того ж термін "система" виконує мов би роль певної "теоретичної підоснови" (але вона завжди семантично порожня у побудові подібних "концепцій"), яка тільки додає змістовної плутанини та пустослів’я (наприклад "схема кібернетичних взаємостосунків в урбоекосистемі" чи "основні зв’язки урбоекосистеми" – й усе без будь-якої онтологічної доказової бази) (див. [17, с. 121–125]). Але орінь цього непорозуміння значно глибший. Як відзначає В.С. Крисаченко "термін і концепцію екосистем ввів у 1935р. англійський натураліст А.Тенслі [A.G. Tansley], трактуючи їх як біотичні угрупування найрізноманітнішого обсягу та рівня у єдності із власними екологічними умовами, що знаходяться у функціональному зв’язку" [18, с. 15]. Більш конкретним і визначеним є поняття біогеоценозу, запропоноване В.М. Сукачовим у 1942р.: "біогеоценоз – це сукупність однорідних природних явищ… на певному проміжку земної поверхні, яка має свою особливу специфіку відносин цих компонентів, що її утворюють, і певний тип обміну речовиною та енергією між собою та іншими явищами природи, яка являє собою внутрішньо суперечливу діалектичну єдність, яка перебуває у постійному русі розвитку" (цит. по [18, с. 15]). До того ж, як пише В.С. Крисаченко, у 1877р. К. Мйобіус запропонував поняття "біоценоз" для позначення спільноти організмів, які пов’язані прямими або опосередкованими взаємозв’язками у межах конкретного біотопу, тобто ділянка земної поверхні з гомогенними (відносно) абіотичними умовами середовища [18, с. 15,16]. Й тут очевидно говориться про процесо-середовищну цілісність, що споряджена механізмом саморозвитку і самовідтворення (становлення топоформних речей). Й ніякої потреби у використанні слова-

підпори ("семантичного протезу") "екосистема" принципово не має, бо це лінгвістичне засмічення (справа доходить до того, що мас-медіа влітку 2024р. сповіщали "про пожежі на екосистемах"!). Це ж стосується й усіх версій поняття (і визначень) "місто як екосистема", нібито більш універсального, ніж "біогеоценоз" [17, с. 127–135]. Якби можна було додумати модель міста як "гетеротрофної екосистеми" (за Ю. Одумом) де виділяються: середовище "на вході", власне система і середовище "на виході", то тоді замість примітивного трактування "системи" як деякого емпіричного фізичного об'єкту, удалося б зрозуміти "систему" саме як логос-системний механізм дійсності розселення – й це був би вагомий теоретичний прорив [17, с. 171–176]. Це не було здійснено й у рамках "урбогеосистемних" уявлень та не відображено у "геоекологічних правилах і законах розвитку міст" [19, с. 297–300], не виявлено у положеннях предмету "містобудівної екології", де основним поняттям є "біогеоценоз", але ототожнюють з природним середовищем, використовують поняття (паразитне) "екологічна система" як середовище (?) проживання людини, що вносить значні корективи у природні "взаємозв'язки" [11, с. 7–18]. Усі ці теоретизми не мають ніякого впливу на містобудівну практику. Таким чином утворилася пастка (шори) т.зв. системного підходу як понятійного "перейменування", "переінакшування" внутрішньо-суперечного уніфікування змісту (суті) речей (феноменів дійсності) замість миследіяльного переосмислення картини світу та сутності зовнішньо (емпірично) спостерігаємих явищ. Те ж стосується й модного донині "синергетичного підходу".

Існує, однак, й певний позитивний досвід врахування та оцінки комплексу природних факторів та ресурсів для здійснення планувальних містобудівних робіт стосовно великих метрополій і регіонів розселення [20]. Так у рамках процедур оцінки ековпливу природних комплексів на стан міського середовища показана порівняльна мікрокліматична і санітарно-гігієнічна ефективність основних елементів мережі озеленених територій ядра Московської агломерації та їхня, відповідно, планувально-регулятивна ефективність, що є необхідним для обгрунтування варіантів середовищних трансформацій [20, с. 111–115]. Французькі дослідники відзначають, що дотепер озеленені території часто-густо розглядаються головним чином з позиції їхньої ефективності щодо покращення якості середовища міст, але без методологічної бази застосування планувальних засобів…[оптимального співвідношення озеленених і забудованих зон], більш глибокого проникнення озеленених територій вглиб забудови із створенням сприятливих умов функціонування природних комплексів з точки зору якості повітря, води, ґрунтів, а також їхнього самовідновлювання [20, с. 135]. Подібна постановка питання та напрями його розв'язання було розглянуто у дослідженні

"Планувально-типологічний метод організації зеленої зони на основі якісної і планувально-територіальної оцінки озеленених територій" (автор Ю.Я.Сабан), яке подано у другій редакції [21]. Приклади ефективно проведених оцінки і оптимізації біогеоценотичного покриву (як сукупності біогеоценозів – живої і неживої природи за В.М. Сукачовим) для "створення оптимального життєвого середовища при забудові міст" і формуванні комплексної зеленої зони (досвід Києва), а також моніторингу її флори та рослинності наведені у праці О.О. Лаптєва [22, с. 5,21,36–54].

Перелік засобів більш глибокої і збалансованої "інтерференції" елементів забудованих і озеленених територій (крім відомих прийомів вертикального озеленення, створення "садів" на дахах будівель, Pocket parks, про що вже говорилося [23]) може бути доповнений пропозиціями стосовно забезпечення гнучкості та надійності взаємозв’язку між компонентами міського середовища із застосуванням так званих "зелених фільтрів" на забудованій території [24]. Автори даної статті пишуть: диференціація елементів [мережі озеленення] щодо розташування в урбанізованому середовищі дозволяє виділити загальні, вузлові і зв’язкові елементи. Особливим елементом [такої мережі] є зелений фільтр, який повинен сприяти послабленню негативного впливу факторів урбанізації і забезпечувати "полігамію" функцій міського середовища, збільшення ступеню озеленення забудованої території, коли взаємодія озеленених і забудованих територій перестає бути питанням конфлікту двох середовищ (додамо – мова тут про цезури архітектоніки, що й забезпечують стійку роботу механізму "стійкого розвитку"!) [24, с. 16]. Й далі автори надають конструктивний опис: такий фільтр являє собою певний природний ландшафт, який фіксує пограничне становище [двох середовищ] як за часом, так й у просторі. Встановлені такі властивості зеленого фільтру: стійкість, живучість, гнучкість, лінійність [24, с. 18,19]. Основою для формування зелених фільтрів є одиничні моделі озеленення локального, кутового і периметрального типу як планувальні комбінації різного рівня [природні "гнізда"], для створення яких використовується тільки рослинність (газони, чагарники, солітери, вазони) на неподільній мінімальній площі 6м^2 з добором певного видового складу рослинності з урахуванням місцевих природно кліматичних умов [24, с. 21].

Проблемними залишаються і принципи "створення насаджень у містах і приміських зонах з позицій фітомеліорації міського середовища" (принцип комплексності цілей фітомеліорації та принцип відповідності складу рослинного групування типу умов проростання/зростання) – без сумніву важливе й таке позиціонування, але воно передбачає вже наявність "різних функціональних зон міста" – тобто підготовку пропозицій, щодо озеленення

після вже прийнятих певних проєктних рішень (знову ж – постфактум), а не у контексті її розроблення, що є типовим підходом усіх "концепцій озеленення за залишковим принципом" [16, с. 269]. Звідси і помилкові уявлення про "комплексні зелені зони міст", що "виділяються на землях державного лісового фонду за межами (?) міст [міської межі] з урахуванням площ санітарної охорони джерел водопостачання, округи санітарної охорони курортів тощо" [16, с. 271,273,274]. При цьому не розглядають не тільки самі курорти чи рекреаційні території іншого класу, а й усі озеленені території всередині міст. Де ж "комплексність" і тим більш для великих міст – фактично агломерацій (метрополісів). Й комплексні зелені зони не "виділяються по окремим проєктам" (автономно, на думку авторів цього підручника), як і не може бути їхня "територіальна організація" та "охорона і використання лісів на основі комплексної системи (?) лісокористування" (масштаби шкоди лісам України від такої "системи" лісогосподарської діяльності широко відомі). Встановлення категорій, типів, видів та режимів лісокористування (як й усіх видів озеленених територій) має бути здійснено (стратегічно і операційно) у складі (при розробці) відповідної містобудівної документації планувального управління цілісними ландшафтними ареалами розселення (метрополісами) та їхніми складовими-мережами озеленених та рекреаційних територій різного таксономічного рівня, а вже потім – деталізовано у локальних проектах (фрагментів ландшафтного цілого) та у відповідних програмах реалізації стратегічних містобудівних рішень (див. також [4]).

Згадаємо, що поняття "зелена зона" з'явилося у 1944р., коли зі складу Держлісфонду навколо міст було виділено ліси їхньої зеленої зони у радіусі 10–50 км з призначенням для створення особливого природного оточення та відпочинку населення [25, с. 20]. Коли місто та район навколо нього (агломерація, приміська зона) розглядається як єдиний соціальний і народногосподарський "комплекс" взаємозв’язаних населених місць з "навколишніми вільними та озелененими територіями", тоді відпадає необхідність розробки окремого проєкту планування приміської зони, але підвищується роль розроблення комплексних зелених зон великих міст з прилеглими до них районами [25, с. 21]. Такі єдині райони розселення, що включають у себе місто-ядро та агломерацію-метрополіс (історично та послідовно), вже давно визначають необхідність розробки єдиного генерального плану такого району-мегалополісу (за прикладом хоча б Паризького району), тому що "експансія малоповерхової котеджної забудови" в зону навколо міста пов’язана із небезпекою спекуляції земельними ділянками, екодестабілізацією цінних природних комплексів, порушенням режиму охорони об’єктів історичного і культурного значення [26, с. 30; 4].

Тепер необхідно сказати ще кілька слів стосовно питання "благоустрою та озеленення міської території" як аспекту прикладних містобудівних досліджень та практики. Перш за все, на нашу думку, помилковим буде трактування дослідження будь-якої тематики (проблематики) як "теоретико-методологічного", коли воно базується лише на "вивченні літературних джерел" (не завжди адекватно вагомих), та і більшість таких є навчальними посібниками, довідниками, а то й типовими положеннями ДБН, що приймаються як готові "рецепти" та загальні висновки, що часто-густо мають банальний характер набору відомих заходів та "класифікацій". Тому у публікації на тему "благоустрою та озеленення" (що привернула увагу наявністю реальних проблемних питань) й немає значного теоретико-методологічного поступу, як й обізнаності щодо практичного стану справ [27]. Так автор поспішно декларує, що "у сучасних житлових районах та мікрорайонах [норматив 5–7м^2 на 1 мешканця] практично повсюдно забезпечується шляхом створення озеленених своєрідних мікросадів…", а формування озеленення "на стадії будівництва відбувається у суворій відповідності до проєкту благоустрою території" [27, с. 46]. Правда, такі вимоги містять "Правила утримання зелених насаджень у населених пунктах України" від 11.04.2006 №105, на які автор й посилається. Але звідки така впевненість, що у цій справі усе гаразд? Теперішня містобудівна практика, на жаль, цього не підтверджує, та й сам автор цієї публікації відзначає, що існують "значні відхилення в озелененні та благоустрої, насамперед на прибудинкових територіях" [27, с. 46] Тому не достатньо "теоретичним" і практично значущим є підсумковий висновок стосовно того, що "методи озеленення та види благоустрою житлових територій, що базуються на класичних прийомах, включають низку специфічних заходів, здатних значно покращити зовнішній вигляд, екологічний, санітарно-гігієнічний та естетичний стан міста" [27, с. 49]. Тут з певністю можна говорити не про досягнення мети цієї роботи ("узагальнення теоретичних основ…"), а про необхідність переходу до нового етапу дослідження, а саме – переосмислення теоретико-методологічних основ "благоустрою та озеленення міської території" у контексті фундаментальних теоретико-містобудівних засад планувального управління ландшафтними феноменами розселення, у т.ч. перетворення міського середовища. До такого висновку приводить і додатковий огляд "вітчизняної і зарубіжної практики благоустрою та озеленення" (на тлі малоузгодженої нормативно-правової бази) і традиційні рекомендації (щодо заходів?), які – а це широко відомо – не реалізуються (постфактум) поза цілісних містобудівних планувальних рішень морфотипологічно визначених фрагментів міського ландшафту [28]. У якості підтверджуючої підказки можна навести такі тези щодо благоустрою та

озеленення і ролі ландшафтної архітектури у цій справі: ландшафтна архітектура є складовою містобудівного проєктування і визначає які планувальні елементи повинні бути використані на проектованій території з тим, щоб вона виконувала своє функціональне призначення, встановлює номенклатуру цих елементів, їхні розміри, площу, конфігурацію розміщення їх на території та відносно один одного та інших елементів благоустрою. Дерево тільки тоді проявляє усі свої корисні якості, коли воно входить як основа у сукупність планувальних, технічних, інформаційних і архітектурно-художніх елементів, що утворюють об'єкт тієї чи іншої категорії і вид озелененої території [29, с. 12,23]. У профільному ґрунтовному посібнику В.А. Горохов констатує: у наш час у багатьох державах Європи ландшафтна архітектура стала невіддільною частиною містобудування, тому вирішальне слово у прийнятті оптимального рішення має належати містобудівникам, що несуть відповідальність за умови життя людей, за їх здоров'я, за те, що те чи інше місто втрачає своє обличчя [30, с. 10,11]. Й приходить до висновку: неможливо сконструювати якусь одну модель співвідношення міста і природи, що розрахована на будь-які умови, бо конкретні місцеві природні фактори мають певне значення [30, с. 55]. Разом з тим важливим є конструктивний погляд на створення базових елементів мережі озеленених територій загального користування, інтегрованих з первісними ланками мережі житлових територій – так званих "кишенькових парків" площею 3,0–4,0 га [31, с. 147–159; 23] для кварталів (групи кварталів) та мікрорайонів. Це гарно кореспондується з нормами озеленених територій для міст Болгарії, США, Нідерландів (див. таблиці 3.12–3.14 в [30, с. 142,143]). Подібні показники територіальних розмірів паркових територій містяться у робочих матеріалах (за результатами моніторингу стану зелених насаджень у 2010р.) корпорації "Укрзеленбуд": внутрішньо квартальні сквери до 1,0 га на кожні 2–3 тис. мешканців; парки відпочинку площею 3,0–5,0 га на кожні 12–15 тис. мешканців; парки міського значення площею 10,0 га і більше на кожні 150–200 тис. мешканців (розробник А.О.Загороднюк).

Що й у якому ступені вже робилося на шляху методологічного оснащення розробок містобудівних синтетичних рішень у контексті планувальної тематики, яка розглядається? В.В.Владіміров писав у свій час, що розробка конструктивних пропозицій, спрямованих на охорону і покращення "середовища проживання людини" має спиратися на методику, яка здатна у рамках [методології] містобудівного проєктування (!) забезпечити виконання ековимог до розселення [6, с. 134]. При цьому було відмічено, що складність досягнення максимальної ефективності планування містобудівного об'єкту як "біоекономічної системи" (зазначимо тут помилковість такої редукції!)

пов’язана з тим, що поки ще мало відомі важливі динамічні характеристики та якості окремих біогеоценозів, ступінь стійкості різних природних ландшафтів до антропогенних навантажень, тому велике значення буде мати розробка стандартів в галузі охорони (збереження) якості вод, атмосфери, флори, фауни, ландшафтів, ґрунтів, використання земель [6, с. 158]. Можна додати, що подібні "стандарти" мають стати складовими параметричного опису (значень) планувальних рішень елементів містобудівних розробок усіх рівнів, а не окремих "природоохоронних заходів" щодо "екологічних балансів", "екологічної рівноваги" чи "екологічних програм". Можна було б схвально оцінити залучення розробки "екологічної програми" у комплексі з іншими "програмами та підпрограмами" (у контексті розробки схем і проєктів районного планування) для "оформлення синтезуючого проєктного плану району", у якому "довгострокові програми розвитку … одержують необхідну територіальну прив'язку" [6, с. 200,201]. Так ось у цих словах "оформлення проєктного плану" і "територіальна прив'язка" розкривається порок такого емпіричного (як вид "програмно-цільового" лінійно-деревовидного, що допускає маніпуляційне використання, як правило, спеціально добірних чи надуманих "альтернатив розвитку", що суперечить сутності поняття "розвиток") підходу, що фактично заступає невдало і нерозважливо власно повноцінне містобудівне стратегічне планування банальною територіальною прив’язкою того, що покликане бути документом реалізації обґрунтованих містобудівних планувальних рішень, а не їхньою сумбурною імітацією! Саме містобудівні стратегічні логос-системні планувальні рішення містять (чи повинні містити у культурній нормі) змістовне смислозначеннєве плотинг-ядро як програмні завдання, прогнозні наставляння, а також проєктні моделі, що забезпечують тематичну деталізацію планувальних стратегічних рішень при розробці відповідних програм та проєктів трансформації середовища розселення і прогнозів набуття його адекватного якісного стану з метою підтримання (регулювання) ефективного трекінгу (просування) базових процесів розселення та їх взаємодій. Ігнорування цього передустановленого положення речей обумовлює вади, притаманні й складу та змісту окремої "екологічної програми" у межах проєкту районного планування через відсутність адекватних онтологічних уявлень та методолого-теоретичних засад планувального управління розселенням [6, с. 202–206]. Щось схоже у спрямованості містобудування Угорщини у той період було простежено Н.С. Краснощоковою: методологічною основою рішення проблем охорони та покращення навколишнього середовища у сфері містобудування є послідовність і спадкоємність рішень на усіх стадіях проєктування та поетапна розробка комплексів засобів щодо його регулювання [32, с. 4].

У цьому контексті може бути простежена й роль оцінки загального стану зелених насаджень як індикатора якості міського середовища щодо впливу забруднень усіх видів, коли тренд такого індикатора виявляється у динаміці позитивного чи негативного поточного приросту деревини дерев, що визначається усім комплексом середовищних факторів [33, с. 104]. Це може бути основою диференціації показників складових екостандартів різних фрагментів гетерогенного міського середовища. Автори зазначеної вище праці кажуть, що екопрогностична оцінка і картографування території по тренду інтегральних показників середовища, а також ранжирування території за пріоритетністю проведення заходів здійснюється як по сучасному стану зелених насаджень, так й по тренду і динаміці їхнього росту з урахуванням прогнозів перспективного ризику. Пріоритетність виду і специфіки екозаходів визначається у залежності від суттєвості впливу та питомої ваги негативних факторів [33, с. 106,107]. Суголосним з тим підходом є погляд Н.Б. Барбаш щодо територіальної диференціації якості міського середовища та запропоноване виділення ділянок території ("ділянки діяльності" – ДД), де групи населення знаходяться у безпосередньому контакті з розташованими на них об’єктами (точками тяжіння) у процесі повсякденної діяльності [34, с. 110]. ДД у місті є вибраним середовищем, створеним у межах наявних можливостей групою населення, є результатом взаємодії потреб індивіда чи груп населення (додамо – як соціумальних компонентів!) і умов [середовищної інфраструктури] для їх реалізації, коли населення робить відбір фіксованих точок (місць різноманітної діяльності) на всій території міста у процесі своєї повсякденної життєдіяльності. Факторами зміни (динаміки) ДД можуть бути переміна місця мешкання, місця роботи, зміна характеру потреб у міру соціально-професійного зростання, стадій життєвого циклу. При цьому з'являється можливість використовувати як критерій якості повноцінність забезпечення життєдіяльності населення [а не тільки зручне транспортне сполучення] на певних ділянках міста [34, с. 111–112]. За характером "містобудівного наповнення" ДД, а також стилю життя, що їм забезпечується, можна співставляти і ранжирувати ділянки території міста за якістю середовища, визначити "спеціалізацію" різних ділянок відповідно до соціально-демографічних особливостей мешканців (відтворення населення) й напрями удосконалення умов життя згідно з тим, що потреби і вимоги до середовища багаторазово змінюються протягом життя (кожні 5–10 років) [34, с. 113–116]. Разом з тим, об’єктивні територіальні відмінності, пов’язані з генезисом територій, віддаленістю від центру міста та об’єктів загальноміського значення, особливостями сусідства, доступністю та іншими характеристиками

розташування місця мешкання непозбутні, а методи місторегулювання лише трішки "згладжують" ці відмінності [34, с. 117].

Можна сказати, що певним підтвердженням вище наведених результатів напрацювань є спеціальне дослідження населення міст, яким встановлено, що якісна диференціація ділянок міста обумовлена у першу чергу містоморфологічними характеристиками – матеріальним вмістом території; вплив соціально-демографічних характеристик населення (соціальної морфології) виявився не аж таким ґрунтовним, але пов'язаним разом з матеріальними складовими середовища [35, с. 232]. Це визначає множинність реально існуючих типів територіальних чарунок міста, серед яких можна виділити три основні категорії територіальних ділянок, що відрізняються характеристиками середовища, у першу чергу, житлового середовища і соціально-демографічними характеристиками населення, а саме:

сучасний (перспективний) тип: гарна якість житла; позитивна демографічна ситуація; комфортні екоумови (великі озеленені території, наявність зон відпочинку, відсутність джерел забруднення і шуму);

тип "друга черга реконструкції" (задовільна якість житла; середньо міська демографічна ситуація; задовільна екообстановка чи з незначними відхиленнями у сторону "погана");

тип "перша черга реконструкції" (незадовільна якість житла; негативна демографічна ситуація; незадовільна екоситуація – відсутність озеленених територій, забруднення повітряного басейну тощо).

Звідси завдання створення в усіх районах однаково високого рівня розвитку міської інфраструктури (додамо – й її водно-зеленої складової!), що потребує удосконалення співвідношень інфраструктурних параметрів і диференційованого розміщення виробничих, сельбищних і рекреаційних районів з урахуванням оцінок середовища населенням [35, с. 239–241]. Й тут можна ще раз підкреслити актуальну необхідність розробки кардинальних планувальних стратегічних рішень щодо трансформації міського середовища як ландшафтної інфраструктури та її водно-зеленої складової. У зв'язку з цим необхідно звернути увагу на те, що серед основних принципів стратегічного планування міських агломерацій О.С. Пчелінцев відзначає: збереження спадкоємності соціально-економічного і еколого-містобудівного розвитку міста та області; забезпечення послідовної інтеграції усіх видів інфраструктури міста та області; збереження соціальної єдності середовища міста та області (запобігання соціально-просторовій сегрегації), засобом досягнення чого мають стати державні стандарти доступності соціальних послуг і якості міського та сільського середовища, а саме: а) державні мінімальні стандарти індивідуального надання соціальних [зокрема й природних] благ та послуг; б)

комплексний (загальний для усіх мешканців) соціальний стандарт "розвитку середовища", що включає параметри житла, культурно-побутового і рекреаційного обслуговування, інженерної та транспортної інфраструктури, облаштування території та охорони середовища [36, с. 53]. Комплексні стандарти умов життя – це диференційована по регіонам, видам розселення і етапам довгострокової перспективи сукупність нормативів, що визначають нижні межі доступного різноманіття та якості суспільних послуг – орієнтиром можуть служити ДБН, які однак історично сформулювалися не як мінімальні, а як середні (для усього населення) чи навіть максимальні ("науково обгрунтовані") норми упорядкування території і розвитку галузей інфраструктури (про це вже говорилося раніше у нашій публікації!). А вже після того, як ці комплексні стандарти реалізовані, подальше підвищення рівня життя належить ставити у залежність від зростання ефективності економіки [36, с. 95]. Й цілком доречним буде звернення до сутності екологічних взаємодій і методики обрахунку екодобробуту [37;38], а також до оціночних розробок щодо природних благ та екопослуг. Наприклад, цікавим є досвід економічного аналізу "екосистемних" послуг як джерела даних для побудови (змісту) параметрів стандартів зеленої інфраструктури міського середовища, поданий як результат дослідження міського парку (фактично лісопарку) "Берендєєвка" м.Костроми площею 85 га (що особливо охороняється) з метою збереження біорізноманіття міських територій як важливої складової природного капіталу міста в умовах коли існує загроза можливої приватизації парку з наступним житловим будівництвом [39, с. 213]. Для наочності результатів дослідження, що розглядається, стосовно економічної цінності парку, наведені розрахунки у двох варіантах: 1) цінність парку у його сучасному стані при теперішній корисності; 2) економічна цінність, що одержується в результаті гіпотетичного повного вирубування парку з наступним використанням території під міську забудову. По 1 варіанту було визначено: пряма споживча цінність парку як доход від реалізації деревини, що отримується завдяки санітарним рубкам, збирання грибів та ягід на його території, риболовлі в ставках (0,14% загальної економічної цінності парку); непряма споживча цінність, що розраховувалася по здатності поглинання вуглецю (0,73% економічної цінності); цінність існування міського парку по методу суб’єктивної оцінки, що ґрунтується на установленні сприйняття мешканцями цінності даного природного об’єкту і готовності платити за його збереження в доглянутому і доступному для відвідування виді, тобто у трудовитратах (59,62% і 39,51% цінності відповідно). По 2 варіанту економічна цінність включала б у себе дохід від продажу деревини (повна вирубка лісу) і платежі у міський бюджет як земельного податку на знов відчужені міські землі

[39, с. 214–216]. Й як відзначає автор згаданого дослідження, результати оцінки показують, що використання парку з позицій інтересів мешканців міста (вартість території парку по 1 варіанту з урахуванням доходу від заготовленої деревини при річній ставці дисконту 3% – 373,55 млн. руб. чи 13,341 млн. дол., а при річній ставці дисконту 28% – 40,02 млн. руб. чи 1,43 млн. дол.) на порядок (в рази) вигідніше будь-якого альтернативного варіанту його використання (вартість території парку по 2 варіанту з урахуванням доходу від заготовленої деревини при річній ставці дисконту 3% – 110,52 млн. руб. чи 3,947 млн. дол., а при річній ставці дисконту 28% – 15,91 млн. руб. чи 0,568 млн. дол.). Співставлення доходів від парку у грошовому виразі (додамо – тут подані відомості за станом на момент згаданої публікації!) і ставок земельного податку показують, що цей об'єкт суттєво недооцінений у земельних відношеннях міста й тому необхідно враховувати повну грошову оцінку парку з урахуванням послуг, що він чинить, при розрахунку багатства (загального капіталу стійкості [!]) міста, із коригуванням [більш детальним зонуванням] ставок земельного податку, особливо при відчуженні озеленених територій (додамо – відповідно до законодавства чи чинної містобудівної документації!) для реалізації інвестиційних проєктів [39, с. 216].

У світлі вище сказаного можна роз’яснити й певну обмеженість підходу щодо "взаєморозміщення об’єктів різного народногосподарського призначення, що базується на екологічному макрозонуванні великих територій". Й як писав одним із перших В.Й. Зарецький, мета такого макрозонування – виключити з ціннісного порівняння варіантів розміщення об’єктів промисловості найбільш унікальні [неваріантні/інваріантні] природно-рекреаційні райони, зони масового проживання людей і найбільш цінні сільськогосподарські землі. Таке зонування повинне здійснюватися на етапі "передпроєктних робіт" до чи під час (!) розробки генеральних (чи регіональних) схем розміщення продуктивних сил і розселення [40, с. 33]. Можна було б тут додати – й при розробці стратегічних рішень генерального містобудівного планування. До того ж, на етапі макрозонування визначається (за В.Й. Зарецьким) "стратегія поведінки" по відношенню до великих територіальних регіонів, яка повинна виключати спроби оперування відвернутими показниками на кшталт середнього рівня промислового розвитку (додамо – як і рівня заселеності!) окремих регіонів, що особливо небезпечно у застосуванні до найбільш цінних [природних комплексів] і рекреаційних територій (додамо – мова тут про утопію т.зв. "рівномірного розселення"!) [40, с. 33]. Що ж тут іще не так? Автор вказує, що на "наступних етапах містобудівного проєктування" в процесі розробки схем і проєктів районних планувань (зараз могли б сказати – "комплексних планів") можливо проводити більш детальне функціональне зонування території для

розміщення конкретних об’єктів різних видів будівництва [40, с. 33,34]. Але функціональне зонування лише один з аспектів (складових) містобудівних рішень, й тому зміст оцінки території, її якості "з позицій взаємодії природних, соціальних і технічних факторів", що лежить в основі "комплексного екологічного макрозонування" [40, с. 74] залишається незатребуваним під час прийняття містобудівних рішень через відсутність відповідних планувальних технологій і категоріальних уявлень стосовно містобудівного інформаційного синтезу та єдиних логос-системних критеріїв вирішення питань доцільного та ефективного типу використання території, про що говорить й сам В.Й. Зарецький [40, с. 76]. Одним тільки інструментом екозонування неможливо вирішити навіть окремі спеціальні завдання містобудівного планування, проєктування та регулювання. Тому справедливим є твердження Т.В. Бочкарьової: механізм зборки різних знань, отриманих у рамках монодисциплінніх підходів, не вироблено. Тому комплексні містобудівні заходи щодо "підтримування екологічної рівноваги", оптимізації розміщення "брудних об’єктів" тощо, які базуються на ідеї функціонального зонування, ресурсно-екологічного каркасу міста і інших ідеях компромісної екології, з одного боку, і структурно-функціональні уявлення містобудування з іншого боку не є засобами управління містом ні у плані вирішування окремих конфліктних ситуацій, ні у плані розробки стратегії розвитку міста [41, с. 126,127].

В.Я. Беккер в цілому вірно оцінює позитивний досвід стратегічного планування коли говорить: стратегія повинна формулюватися у документах довготривалого характеру (на 30–40 років). Період дії цього документу повинен дозволити здійснити принципові якісні перетворення у місті, що підносить його розвиток на новий якісний ступінь [42, с. 32]. Однак раніше, відмічає В.Я. Беккер, у складі окремого блоку "Політика розвитку" (що, ми вважаємо, було принциповою помилкою!) формувалися гіпотези, концепції, варіанти і обмеження розвитку (тут мала б бути мова про прикладні дослідження!), які закладалися в основу прогнозування і детально пророблялися на наступних стадіях розробок. [Але] самі гіпотези і концепції спиралися на раніше прийняті документи, такі як Генеральний план, програмні рішення. Тому при розробці Генплану мають бути всебічно оцінені перспективні міські ресурси та знайдені найбільш ефективні рішення щодо ув’язки розвитку міста, його приміської зони, усієї міської агломерації [42, с. 32,33]. Разом з тим відзначалося, що складність вирішення проблеми охорони природи полягає у неможливості розв’язувати такі проблеми відірвано від усієї сукупності суміжних [взаємозалежних] еколого-містобудівних проблем. Тому саме у сфері містобудівної діяльності, як синтезуючій, слід вирішувати ці проблеми [20, с.

31,32]. Але тут необхідно ще раз підкреслити, що поширена "концепція формування природного каркасу міст", яка передбачає виділення "зон, які підлягають містобудівному освоєнню (житлово-громадська, виробнича, комунально-складська забудова)" і "зон, що зберігають свою природну основу самої різної конфігурації" [43;33;34] принципово не може бути основою вирішення вищеозначених проблем (про що ми говоримо у всіх частинах нашої роботи) через емпіричність та натуралістичність її "ідей" та засобів застосування і недооцінювання знань стосовно іманентних механізмів здійснення ландшафтних феноменів розселення.

Походження цієї проблеми (спрощеного узагальнення досвіду проєктування та його методичної "канонізації") було показано у дисертаційному дослідженні А.П. Вергунова [44], яке було виконане у свій час в рамках традиційного емпірико-описового підходу стосовно "взаємозв'язків міста і природи", двох членів квазіопозиційного відношення, семантично не артикульованих "неповоротких" метафор (у ряду подібних опозицій-гасел) публічного дискурсу, що до нашого часу стоять на заваді розвитку теорії і ефективності практики містобудування. Дослідження проблем зазначених "взаємозв'язків", як це демонструє сам А.П. Вергунов на "заданому" рівні розуміння, фактично "буксує на місці", поки від роздумів "як заводити природу у місто" та "як виключити поступове поглинання природних ландшафтів, що оточують місто", а також про додання до "природного отчення" внутрішньоміських "відкритих просторів" (семантично порожніх і типологічно зайвих!) для опису відомих уявлень про "поясне зонування", "зелені клиння та сектори", "рівномірне насичування міста зеленими насадженнями", що потребують переосмислення [44, с. 7,8,26–28]. Нарешті дослідження переходить в конструктивне русло, коли А.П. Вергунов говорить про необхідність встановлення (із залученням результатів досліджень інших авторів) "потужності" взаємозв'язаних об'єктів (компонентів середовища), віддалення між ними, а також їхньої функціональної спряженості-сполучення [44, 66]. Однак й на цьому етапі постають утруднення (завади) теоретичного оснащення, особливо коли автором помилково ототожнюються поняття "зв'язок" (connection, relation, contact) і "діяння" (action, operation, activity), а також безгрунтовно (штучно) "диференціюються" зв'язки на "обов'язкові", "факультативні" і "несуттєві" [44, с. 57–66]. У той же час не розрізняються зв'язки взаємодії (а не просто "горизонтальні" і "вертикальні") складових реально цілісних ландшафтних гетерогенних феноменів, і ефекти таких взаємодій, що й виявляють зміст економічних, екологічних, соціальних і планувальних параметрів [44, с. 64,65].

В якості методологічного відступу необхідно сказати, що часто-густо ігнорується дія причинно-наслідкових позитивних прямих трансляційних зв’язків (цільового відбору значень параметрів запуску, інтенсивності, швидкості, частотності, конфігурування) роботи ансамблю інструкцій (монтажних схем) генетичних технологій щодо виразу (апропріації настанов) замислу зародження одиничних та множинних речей, та дія калібрувальних негативних прямих трансляційних зв’язків (регламентування значень параметрів призупинення, ослаблення, уповільнення, резистивності, реконфігурування) роботи монтажних схем (асемблерів) щодо переміни (переривання) ходу розгортання (апробації настанов) замислу чи його переорієнтації стосовно становлення чи переродження (відродження) речей – мова в обох описах йде про формально-фізичні "локомотивні" зв’язки-стартери (екзистенційного "прикріплення" місця і призначення ресурсоформного втілення) геному трансцендентних планувальних технологій "походження" (місії Промислу) феноменів дійсності розселення (меморія: "На усе і завжди Воля Божа"). До речі, необхідно тут відзначити, що у моделі геному трансцендентних планувальних технологій зв’язкові зустрічно спрямовані "стрілки" відтворюють полідіалоговий характер ходу експлікаційної роботи логос-системного механізму здійснення феноменів дійсності (мовний перехід "мова форм – мова речей"), але не демонструють традиційні пари "прямих і зворотних зв’язків", що притаманно моністичному матеріалістичному світосприйняттю. Тому не забуваємо й про зворотні (позитивні – асиміляції і негативні – адаптації тригер-схем) формально-когнітивні зв’язки-кондуктори (екзистенційного підтримування міри і значення ресурсоформного втілення) інструментального регулювання стану (кондицій) речей-феноменів розселення, що здійснюються та трансформуються (меморія: "Скоротили собі життя самі") (див. [14]). Таким чином, традиційний аналіз "проєктів планування міст та їхніх приміських зон" (широко відомі приклади типової практики "вивчення") та "фактичного становища та місцевих умов" ще не дають приводу навіть для "теоретичних узагальнень" на кшталт деякої "системи зв’язків", коли "в максимальному ступені проявляється стійкий вплив природного оточення на місто і зводиться до мінімуму негативний вплив міста на природу" [44, с. 131].

Як наслідок вище згаданого "опозиційного підходу" модельний пошук оптимізації подібних взаємовпливів пов'язаний знову з оперуванням розмитими "огрубілими" (семантично "сліпими") метафорами "місто" і "природа", а фактично – переважно забудованими і переважно озелененими територіями відповідно. Такі механістично-ілюстративні моделі плакатно-картографічного виду мають певну типізаційну роль (часто-густо занадто спрощену) й тому стають зайвою ланкою дослідження, що розглядається, й тільки тоді, коли було

проведено узагальнене співставлення пропозицій ряду авторів, які вивчали фактори взаємовпливу природних і штучних (техногенних) компонентів міського середовища, стало можливим рекомендувати прийоми упорядкування важливих (але далеко не усіх) параметрів спряженої консолідації цих компонентів [44, с. 147,151]. Й це власне єдиний практичний результат емпіричного наукового пошуку. Так показано, що вплив лісопаркових клинів може відчуватися на відстані до 1,0–1,5 км вглибину житлової забудови (оздоровчий вплив в межах 0,1–0,3 км), прямий зоровий зв'язок рідко перевищує 0,3–0,5 км, 10–хвилинна пішохідна досяжність озеленених територій включає смугу забудови шириною 0,35–0,4 км, а 20–хвилинна – 0,8 км. Робиться висновок – мережа значних озеленених територій повинна забезпечувати розчленування масивів забудови, ширина яких не більше 1,5–2,0 км (для великих міст–5,0 км), при цьому ширина розчленяючих озеленених територій не повинна бути менше 0,5–0,75 км (для великих міст – 2,0 км) [44, с. 153,155]. Було також відмічено, що "вирішальне значення має не тільки геометричний рисунок, а й певна міра компактності й зв’язаності [озеленених територій]: оптимальним вважається поєднання великих та малих подібних територій простягнутої і компактної конфігурації у таких орієнтовних співвідношеннях – великі "згустки" концентруються у залежності від місцевих умов від 20 до 40% усіх озеленених територій, інші утворюють "капілярну" чи дисперсну (та їх поєднання) мережу, що рівномірно насичують усю сельбищну територію" [44, с. 159–162]. Подальше моделювання (за суттю шаблонна "інфографіка") взаємозв’язків територій (коли знову плутається вузько аспектна "планувальна структура" і морфографіка "сполучних просторів") нічого конструктивного для планувальної практики не додає (крім прототипів для окремих випадків), бо питання змісту роботи механізмів здійснення таких взаємозв’язків не було поставлено, як й питання технологій розробки цілісних містобудівних рішень. Тому оперування тільки категорією "архітектурно-планувальна організація" на рівні емпірико-натуралістичних описів-узагальнень щодо окремого аспекту ландшафтного цілого із залученням псевдо альтернатив і фіктивних варіантів для вирішення розглянутих містобудівних завдань є неприйнятним [44, с. 188–216]. Про це фактично говорить й А.П. Вергунов: необхідна перебудова методів архітектурно-планувальної організації парків, лісопарків, зелених клинів та інших елементів [зеленої зони] – це завдання не може бути вирішено без удосконалення методики містобудівного [багатоаспектного] проєктування в цілому [44, с. 230,232]. Актуальність цього завдання зберігається й до нашого часу, як й актуальність становлення фундаментальної містобудівної науки та відповідної нормативно-правової бази.

Як убачалося вирішення зазначених містобудівних завдань у свій час – час ще активних наукових пошуків – в одному із базових профільних підручників [45]. С.Б. Чистякова правильно відмічала: управління урбанізацією означає, зокрема, не просто боротьбу з негативними явищами (що з нею пов'язані), а й попередження таких негативних явищ (додамо – саме це передбачає технологічно повноцінне єдине містобудівне планувальне рішення цілісних феноменів розселення!) [45, с. 35]. Наводиться і доречна тут теза (дарма що тоді критикована) з Віденської Хартії В.Грюена про необхідність "нової планувальної філософії", а не використання утопічних "планувальних засобів" на кшталт пропозицій К. Зитте, Е. Говарда, Т. Гарньє та інших як відмічає й Б. Чистякова [45, с. 38]. Однак повторимо – помилковим також є пошук засобів вирішення містобудівних проблем знову у рамках окремого "нового напрямку в архітектурі – містобудівної екології", де розглядається "система" (ще одна ходульна підміна?) "людина – навколишнє середовище на (?) урбанізованих територіях" [45, с. 44] як ідеологема сугубо емпірико-описового антропоцентричного підходу. Покажемо обмежену "результативність" і неадекватність застосування такого підходу на матеріалах даного підручника, де простежується "ідея" (плід світоглядних настанов того часу) немов би заміни повноцінних містобудівного планування та планувального управління частковими, окремими "еколого-містобудівними" розробками (які є важливими, але аспектними моментами містобудівної документації планувального управління), що дезорієнтує нинішніх та майбутніх фахівців.

Вихідні уявлення згаданих "екорозробок" базуються на біогеографічних та економгеогерафічних прототипах з використанням поняття "ландшафт міста" як "природний територіальний комплекс" й наданням т.зв. ландшафтно-екологічному підходу (який має небезпечне для цілісних планувальних рішень логіко-семантичне викривлення) "основоположного значення для містобудування", що однак позбавлено будь-якого фундаментального теоретичного обгрунтування [45, с. 4,51]. Звідси знову змістовні змішання, накладання і понятійна плутанина щодо складових "моделі навколишнього (?) міського середовища", а також трактування розрізнення понять "фактор" і "компонент", що застосовуються у даній моделі: "характеристика фактору обумовлена специфікою його діяння на середовище (рушійна сила якого-небудь процесу), а характеристика компоненту – ознаками змін середовища" [45, с. 51,52]. Постає питання: про які рушійні сили йдеться та про які "ознаки" й чому тільки "змін", а також про які все ж компоненти тут мова? Понятійна "крихкість" супроводжує практично усі матеріали даного посібника. Цим обумовлений і сумнівний висновок стосовно того, що при оцінці стану

"навколишнього міського середовища" відбір факторів ведеться вибірково(?) з урахуванням їхньої значущості в залежності від поставленої (?) мети, а також на підставі наявності (?) на даний момент [45, с,52]. Звідси й зримий контраст у проробленні "пофакторних оцінок" стану міського середовища, ретельність яких заміщається, втрачається (залишається незапитаною) у рамках "огрубілого" неопераційного "комплексного підходу до оцінки стану навколишнього міського середовища" без практичної користі для справи містобудування, коли знову позначається відсутність (ігнорування) уявлень про цілісний процесо-середовищний (ландшафтний) феномен розселення – об'єкт містобудівної діяльності [45, с. 56–112]. А це потребує логос-системної інтерпретації (в 16–ти категоріальному "вимірювальному полі") описових, аналітичних і оціночних характеристик для застосування у синтетичних планувальних рішеннях (гармонізації "рушійних сил" базових процесів і середовищ їхнього просування).

Інакше профанується сама містобудівна справа, до того ж коли зверталися до модного тоді (але як показав час – порожнього) "системного підходу", ускладненого маніпуляційним (у ряді випадків – волюнтаристським) "програмно-цільовим підходом" (без позитивних, як правило, результатів для реальної практики), "задачі – проблеми" якого встановлюються декларативним (а то й демагогічним) способом чи на основі політичної кон’юнктури. Помилки починаються вже у ході програмно-цільового "дроблення" довільно визначеної цілі деякої діяльності, коли "процес розробки цільової програми починається з визначення проблеми, тобто виділення задачі (?), що підлягає вирішенню" [45, с. 113]. Мало того, що проблема не є суть "задача", гірше усього те, що проголошується шлях вирішення містобудівних проблем, як то кажуть "назадгузь" (а то й в обхід логіки і технології містобудівного планування), й допускається призначення популістських, мов би злободенних "дерев цілей" (типу "стійкого розвитку" чи "покращення навколишнього міського середовища") без урахування діяння фундаментальних механізмів здійснення феноменів розселення. Таким є "дерево цілей в області оздоровлення міського середовища" [45, с. 114] де декларується "глобальна ціль – оптимізація взаємовідношень суспільства і природи" (без будь-якої осмисленої дослідницької позиції і онтологічних уявлень про що за змістом власне йде мова крім розхожого гасла), яка "дробиться" на тупикову відносно деталізації "ідеальну ціль – створення оптимального (?) гігієнічного і мікрокліматичного режиму міста" (але "ідеальне" не є завжди "оптимальне"), й на банальну "конкретну ціль – досягнення нормативних показників комфортності міського середовища". Ця остання "ціль" відразу "розверстується" на дві "підпрограми" (без будь-якого теоретичного обгрунтування, планувальних доказових розробок

і інструментально-методичного забезпечення) – "профілактичних заходів щодо подолання негативних сторін технічного прогресу(?)" і "збереження і відновлення екологічної рівноваги між (?) містом і природним середовищем". А далі "по дереву цілей" слідують не менш банальні цілі-гасла щодо "охорони, раціонального використання, відновлення, збагачення, перетворення природи". І тільки у самому низу такого "дерева" згадується якась "містобудівна підпрограма" (для оформлення картографічних матеріалів?). Тобто та інтелектуально-містобудівна база, що й забезпечує конструктивне досягнення усіх вище поіменованих цілей ігнорується (залишається поза уваги). Не випадково такий "системний (програмно-цільовий) підхід" на практиці давно став "зручним" засобом "освоєння" (розтрати) бюджетних фінансових ресурсів під невинним приводом. Та і складання "карти містоекологічного зонування території" і використання "методу накладання схем аналізу"абсолютно недостатньо для прийняття будь-яких стратегічних містобудівних рішень та програм різного виду щодо їхньої наступної реалізації [45, с. 114–116].

Негативні наслідки (крім виготовлення зайвої неадекватної документації чи "ритуальних" природоохоронних розділів) можуть викликати (й породжують) спроби розробки мовби заспокійливих "екологічних програм" в проектах районного [чи т.зв. "комплексного"] планування, а фактично – замість відповідального містобудівного районного (регіонального) планування та дотримання його професійних культурних норм та методологічних засад. "Модель" підготовки такої екопрограми знову передбачає "розробку комплексу заходів стосовно охорони навколишнього середовища", який передує та "визначає" (тобто підміняє) "проєктний план району" і "основні пропозиції проєкту" [45, с. 243]. Про це свідчить й склад "логічної моделі територіального блоку екопрограми районного планування" [45, с. 243,244]. Подібні абсурдні (плутані, марні) "моделі" і грубі теоретико-методологічні помилки українська містобудівна практика не повинна успадковувати. Тому можна в цілому підтримати запропонований В.В.Владіміровим комплекс "науково-проєктних робіт з містобудування (де вже відсутні передчасні "програми"!) і основні містобудівельні і урбоекологічні завдання, які вирішуються на різних територіальних рівнях" [17, с. 409–411], але за умови, що "основні урбоекологічні задачі" є складовими формулювання "основних містобудівельних задач" й будуть вирішуватися у контексті (на одній планувально-технологічній мові) здійснення цілісних містобудівних розробок. І спроби знову підверстати до містобудівної документації (із комплексу робіт за В.В.Владіміровим) поспішні автономні "програми управління охороною середовища" чи локальні блоки "природоохоронних заходів" є принципово неприйнятними [11, с. 138–142].

Постає питання й про доцільність існування окремих (навіть автономних) розділів у сучасній (хоча не завжди повноцінній) містобудівній документації під назвою "Охорона навколишнього середовища" чи "Стратегічна екологічна оцінка", що виконують "декоративну" функцію і мають нульовий вплив на прийняття основних містобудівних планувальних рішень. Ось як описують цю ситуацію автори із різних країн в академічній монографії: "Погіршення навколишнього середовища, втрати природних ресурсів важливо попередити. А зробити це можливо лише у тому випадку, коли природоохоронна діяльність буде почата ще на стадії проєктування (planning)... Зараз у багатьох проєктах в якості обов'язкового включається розділ "Охорона природи". Однак справа цим часто-густо й обмежується. Важливо не стільки мати розділ, скільки запровадити у саму суть проєкту заходи, які попереджали б та компенсували негативні наслідки впливу технічних споруд" [46, с. 7]. Пора зрозуміти, що усі економічні, соціально-демографічні і екологічні взаємодії та їх характеристики, аналітичні і оцінні параметри факторів та режимів існування (трансформації) природних, техногенних і соціумальних компонентів (складових) цілісних ландшафтних феноменів розселення мають бути відображені у багатовимірних параметрах (діапазонах шкал і мір) містобудівного категоріального континууму технологічного планувального варіативного здійснення речей і подій дійсності. Тобто необхідно провести консолідацію і матричне конфігурування факторних і режимних характеристик складових процесо-середовищних феноменів розселення у вигляді параметрів логос-системних містобудівних категорій як інформативно-інтроформаційне градієнтне поглинання, "поверхнево-активна" адсорбція і глибинно-ємністна абсорбція аналітичних, оцінних і конструктивних вимірів епістемологічного моделювання становлення і трансформації (ентелехії) ландшафтного цілого. Доречно буде згадати Арне Нейсса [A.Naess], автора термінів "екофілософія" і "екософія", й ключовим поняттям у якого є "самореалізація" – розвиток усього потенційно закладеного, і уявлення про симбіоз, що максимізує самореалізацію потенційностей в умовах обмежених ресурсів. "Тут мається на увазі безперервна еволюція на усіх рівнях, включаючи протозоа [одноклітинний організм], ландшафти і людські культури". Й це є дійсно "глибинна екологія" (за А. Нейссом) (цит. по [47, с. 234,235]).

Це означає, що питання "охорони навколишнього середовища" повинні розроблятися ні "до", ні "паралельно", ні "бути готовими к моменту початку (?) роботи над проєктним планом" [45, с. 245], а в технологічній "зчіпці" у ході розроблення синтетичного проєктного рішення та його логос-системних складових. Й лише потім виокремлюється профільне резюме з наступною підготовкою аспектних висновків та завдань для відповідної детальної

проєктної документації і програм скоординованої реалізації генеральних планувальних стратегічних рішень. Це ж стосується й пропозицій стосовно "специфіки розробки екопрограми і розділу "Охорона та поліпшення навколишнього середовища у проєкті генерального плану міста"" [45, с. 245–248], що демонструють навмисне чужорідне та поспішне відхилення (уникнення) від технологій розкриття змісту і логіки містобудівних (базових) розробок "на користь" безплідних квазіекопрограм. Дивує й ота легкість із якою допускається понятійно-процедурна чехарда та маніпуляції із складовими "процесу розробки". Мало того, що вихідними позиціями такої "розробки" вказуються ніяк семантично не визначені "методологічні основи оптимізації взаємодії природи і суспільства" (знову порожнє посилання) і "цільові настанови суспільства у сфері раціонального природокористування" (гасла, що також позбавлені адекватного сенсу), так вже у позиції 4 стоїть "Проєктне завдання на розробку генерального плану міста" (з якої рації?). Усі позиції даного "процесу" є сугубо притаманними розробкам проєктних рішень власне генерального планування. Тільки поз. 13 ("Розробка довгострокової Програми охорони та поліпшення природного середовища міста") і поз. 21 ("Комплексне рішення екологічних проблем ... міста") мають відношення до саме реалізації і деталізації генеральних стратегічних містобудівних рішень після їх затвердження встановленим порядком!

Щоб завершити дану сюжетну лінію (з попередньої частини) розглянемо приклад хронічної "пробуксовки" методологічної думки (в умовах дефіциту фундаментальних теоретичних уявлень та завдань) у рамках емпірико-механістичного (з перенесенням ілюзій та вад програмно-цільового економікоцентричного підходу) поверхневого погляду на сутність містобудівної дійсності (який вельми складно долається та є обмеженням наукового поступу) та зміст регіонального містобудівного планування – дослідження, де однак не допущено повної підміни характеру містобудівного планування т.зв. псевдопросторовим квазіплануванням (інвазія примітивного корупціогенного земельного "планування" у багатогранну сферу містобудування шляхом його "профанації-просторизації"), хоча, на жаль, вже і відбулася інтоксикація таким словесним покручем (нісенітницею) як "просторовий розвиток" [48]. Розгляд регіону як об’єкту містобудівного планування є абсолютно вірним, крім однієї "деталі" – автор за замовчуванням під "регіоном" розуміє адміністративну область, про що свідчить й "апробація ... методичних основ ... на прикладі трьох областей України" [48, с. 6]. Хоча відомо, що невдача, невитребуваність багатьох регіональних (та й локальних) планувальних розробок пов’язана з їхньою жорсткою обмеженістю територією виключно адміністративного поділу, який не має дотепер повноцінного

планувального обгрунтування меж регіонів розселення. Також поданий "загальний методичний підхід щодо виконання схем планування територій", де "головною" метою розробки є "створення програми використання території [регіону]..., яка б відповідала основним принципам регіональної політики України" [48, с. 7], несе усі вади вищеназваного програмно-цільового підходу (методи якого показали низьку продуктивність у практиці їх реалізації навіть в економічній сфері), який передбачає повну політико-ідеологічну директивність щодо визначення цілей (з боку "влади", "суспільства, "глобалістів", "інвесторів", міфотворців від "стійкого розвитку" тощо). Тому і апеляція до "регіональної політики України" (як й до інших видів "політики") стосовно "дороговказів" є необґрунтованою: політичні інстанції самі потребують і допомоги, і обґрунтувань стратегічних містобудівних планувальних рішень (у т.ч. стосовно перспективного адміністративно-територіального устрою). Основна вада такого підходу полягає у тому, що виконання робіт для схем планування починається як би "з нуля", з "Концепції розвитку регіону" (замість розуміння необхідності залучення чи попередньої розробки теоретико-методологічного базису містобудівного планування). Заявлена "Концепція" передбачає етапи (та інші етапи методики), що у спрощеній версії повторюють схематику і зміст етапів розробки схем і проєктів районного планування В.В.Владімірова, які також відображали обмежений емпіричний погляд на дійсність розселення у її фізичних вимірах [6, с. 200–205].

Прокоментуємо зміст цих етапів, поданих у дослідженні, що розглядається [48, с. 8]. Так "концепція розвитку регіону (без визначення термінів реалізації)" передбачає такі етапи: "інформаційно-аналітичний" – характеристика і оцінка існуючого стану території на основі "індикативних показників ... на фоні середньодержавних та у розрізі окремих адміністративно-територіальних одиниць (таксонов) [області]". З цього випливає: реальний "діагноз проблемних ситуацій" у такий статистично-географчний спосіб принципово неможливий (є сліпим, як й самі "індикативні показники", і головне – для чого?) для вирішення містобудівних завдань; "аналітично-прогнозтичний (бачення майбутнього)" – уточнення основних проблем (?) та проблемних ареалів на території регіону (відзначимо – без розуміння сутності проблем містобудівного ландшафтного цілого!), проведення SWOT аналізу та "соціально-економічного обгрунтування територіального розвитку". Тут наше заперечення: SWOT аналіз, що придатний для простих бізнесових "прикидок", абсолютно не адекватний містобудівній проблематиці, а "соціально-економічні обгрунтування" не мають, за визначенням, відношення до процесів розвитку будь-чого, а можуть стосуватися виключно питань функціонування. Наступний "програмно-цільовий" етап – "визначається місія регіону і пропозиції" до

моделі "усталеного екологозбалансованого" розвитку регіону в розрізі районів (відзначимо – тут "місія" перетворюється у банальну декларацію-версію неопераційного словесного шаблону-моделі "стійкого розвитку", про що вже говорилося раніше).

"Конструктивний" етап даної методики по-простому трактується як "пропозиції щодо просторового (?) розвитку і плани функціонального (?) розвитку". Й знову наше зауваження: такі семантично несумісні поняття (випадкові словосполучення) не "працюють", тим більш коли вони, на жаль, доповнюються "оптимізацією екологічного, історико-культурного і планувального каркасів" [48, с. 13], що не має реального змістовно-операційного інструментарію, коли поняття "каркас" (з різними прикметниками) трактується емпірико-фізикалістськи (про що говорилося вище). Й останній "оперативний етап" методики, що розглядається, трактується вже як пропозиція заходів "щодо реалізації запропонованої моделі сталого розвитку району та етапності здійснення проєктних пропозицій [просторового розвитку]" [48, с. 8,9]. Але такі моделі "виконання концепції і схеми планування території регіону" [48, с. 10,11] фактично не дозволяють розробити саме містобудівні стратегічні планувальні рішення регіонального рівня, а видають лише численні загальні декларації, побажання, наміри, оцінки зонування, які іще потребують змістовно-категорійного містобудівного перетворення у поняття, показники та рішення системних планувальних стратегічних документів національного, регіонального та локального рівнів. Тому запропоновані "показники оцінки значущості територій регіону" для визначення їхньої "інвестиційної привабливості" є лише описовими, а "вагові значення показників" дуже приблизними [48, с. 15,16]. Практикування спрощених (а також "сліпих" кількісних, статистичних) уявлень про місто чи регіон із використанням тільки таких звітно-відомчих оцінних категорій як статус, ситуація, розташування чи наявність будь-чого, рівнів забезпеченості будь-чим, відповідності якимось вимогам тощо, без розкриття якісних планувальних (смислозначеннєвих) вимірів конкретних ареалів розселення (тим більш коли справедливо говориться про екологічну, техніко-економічну, соціальну, культурну, управлінську ефективність) – неминуче приводить до панування інтересів "освоєння та утилізації ресурсів території", а не створення та збагачення середовища життєдіяльності населення. Про це свідчить й настійлива "турбота" про "інвестиційну привабливість території", а не про ефективне використання (але стратегічно цільове) усіх ресурсів та бюджетних коштів в інтересах суспільства чи/та адекватне залучення для цього відповідальних "інвестиційних намірів".

Закінчення буде

ЛІТЕРАТУРА

1. Габрель М.М. До питання формування бази знань просторового планування в Україні / М.М. Габрель, М.М. Габрель, Л.С. Форкуца // Містобудування та територіальне планування. – Київ: КНУБА, 2023. – Вип.84. – С.6–27.

2. Ковалев А.П. Ландшафт сам по себе и для человека. Монография / А.П. Ковалев. – Харьков: "Бурун Книга", 2009. – 928с.

3. Устінова І.І., Айлікова Г.В. Ландшафтне планування як екологічна основа територіального планування / І.І. Устінова, Г.В. Айлікова // Містобудування та територіальне планування. – Київ: КНУБА, 2019. – Вип.70. – С.574–588.

4. Дюжев С.А. Генеральне стратегічне містобудівне планування та проблеми планувального управління розселенням (частина друга: проблеми, перешкоди щодо їх розв'язання, актуальні завдання та технологічні вимоги до змісту містобудівної документації) / С.А. Дюжев // Містобудування та територіальне планування. – Київ: КНУБА, 2023. – Вип.84. – С.64–131.

5. Бархин М.Г. Город. Структура и композиція / М.Г. Бархин. – Москва: "Наука", 1986. – 264с.

6. Владимиров В.В. Расселение и окружающая середа / В.В. Владимиров. – Москва: Стройиздат, 1982. – 229с.

7. Лаппо Г.М. Целенаправленное формирование городских агломераций // Г.М. Лаппо // Проблемы развития агломераций России. – Москва: КРАСАНД, 2009. – С.8–16.

8. Постел С. Перебудова поливного землеробства / С.Постел // Стан світу 2000 [Л. Браун та інші переклад з англ.; ВГО "Україна. Порядок денний на XXI століття" та Інститут сталого розвитку]. – Київ: Інтелсфера, 2000. – С.41–62.

9. Владимиров В.В. Пути сохранения экологического равновесия в городских агломерациях / В.В. Владимиров // Промышленное и гражданское строительство, 1996. – №9. – С.14–16.

10. Григорян А.Г. Ландшафт современного города / А.Г. Григорян. – Москва: Стройиздат, 1986. – 134с.

11. Маслов Н.В. Градостроительная экология: Учебное пособие для строительных вузов / Н.В. Маслов; Под ред. М.С. Шумилова. – Москва: Высшая школа, 2003. – 286с.

12. Арманд А.Д. Города на грани тысячелетий / А.Д. Арманд // Природа, 1993. – №2. – С.4–14.

13. Медоуз Д.Х. Пределы роста: 30 лет спустя / Д.Х. Медоуз, Й.Рандерс, Д.Л. Медоуз [пер. с англ. Е.С. Оганесян; под ред. Н.П. Тарасовой]. – Москва: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2012. – 359с.

14. Дюжев С.А. Трансцендентні планувальні технології здійснення ландшафтних (процесо-середовищних) феноменів розселення як теоретико-методологічна база містобудівного планування // С.А. Дюжев // Містобудування та територіальне планування. – Київ: КНУБА, 2022. – Вип.81. – С.143–181.

15. Шевченко Л.В. Экспертная оценка качества составления раздела "Охрана окружающей среды" в проектной документации / Л.В. Шевченко // Промышленное и гражданское строительство, 2000. – №9. – С.42–43.

16. Экология города: Учебник / Под общей редакцией Ф.В. Стольберга. – Киев: Либра, 2000. – 464с.

17. Кучерявий В.П. Урбоекологія: Підручник / В.П. Кучерявий. – Львів: Світ, 2001. – 440с.

18. Крисаченко В. Обшири і межі життєдіяльності людини / В.С. Крисаченко // Людина: мислення і реальність. – Київ–Луцьк: Інститут філософії НАН України, 2001. – С.11–32.

19. Київ як екологічна система: природа–людина–виробництво–екологія. – Київ: Центр екологічної освіти та інформації, 2001. – 316 с.

20. Москва–Париж. Природа и градостроительство / Под общей редакцией Н.С. Краснощековой, В.И. Иванова. – Москва: "Инкомбук", 1997. – 208с.

21. Сабан Ю.Я. Эколого-градостроительные принципы формирования архитектурно-планировочной структуры средних городов (на примере западноукраинского региона) / Ю.Я. Сабан: Автореф. дис. … канд. арх. [18.00.04]. – Киев: КИСИ, 1991. – 21с.

22. Лаптєв О.О. Екологічна оптимізація біогеоценотичного покриву в сучасному урболандшафті / О.О. Лаптєв. – Київ: Укр. еколог. академія наук, 1998. – 207с.

23. Falvon A. Pocket parks: an instrument to sew neighborhoods together / A.Falvon // NATUROPA, 2000. – №94. – P.14–15.

24. Копсова Т.П., Бурова Т.Ю. Моделирание зеленого фильтра в общегородской структуре / Т.П. Копсова, Т.Ю. Бурова // Жилищное строительство, 2007. – №4. – С.16–21.

25. Ермолин Н.В. Общая концепция генплана крупного города и прилегающего района / Н.В. Ермолин // Проектирование и инженерные изыскания, 1989. – №3 (40). – С.18–21.

26. Смоляр И.М. Московский мегаполис: проблемы развития / И.М. Смоляр // Архитектура и строительство Москвы, 1996. – №6. – С.27–31.

27. Биваліна М.В. Теоретико-методологічні основи благоустрою та озеленення міських територій / М.В. Биваліна // Містобудування та територіальне планування. – Київ: КНУБА, 2022. – Вип.81. – С.33–58.

28. Сингаївська О.І., Биваліна М.В. Основні напрями вирішення проблем у сфері благоустрою та озеленення міста / О.І. Сингаївська, М.В. Биваліна // Містобудування та територіальне планування. – Київ: КНУБА, 2022. – Вип.81. – С.313–336.

29. Машинский В.Л. Озеленение и благоустройство селитебной территории Москвы / В.Л. Машинский. – Москва: Издательство "Спутник+", 2009. – 398с.

30. Горохов В.А. Зеленая природа города: Учеб. пособие для вузов / В.А. Горохов [Изд. 3–е, доп. и перераб. В 2-х томах. Том I]. – Москва: "Архитектура–С", 2012. – 528с. (Специальность "Архитектура").

31. Феномен соціоприродних систем. Світоглядно-методологічні нариси. Монографія. – Київ: Видавець ПАРАПАН, 2009. – 284с.

32. Краснощекова Н.С. Охрана природного ландшафта в Венгрии / Н.С Краснощекова. Экспресс-информация, Серия "Озеленение населенных мест". – Москва: ЦБНТИ Минжилкомхоза, 1985. – №8, выпуск 3. – 8с.

33. Мауринь А.М. Зеленые насаждения как индикатор качества городской среды / А.М. Мауринь, О.Э. Никодемус, К.К. Раман // Проблемы качества городской среды. – Москва: "Наука", 1989. – С.102–108.

34. Барбаш Н.Б. Территориальная дифференциация качества городской среды / Н.Б .Барбаш // Проблемы качества городской среды. – Москва: "Наука", 1989. – С.108–117.

35. Рукавишников В.О. Население города (социальный состав, расселение, оценка городской среды) / В.О. Рукавишников. – Москва: "Статистика", 1980. – 247с.

36. Пчелинцев О.С. Региональная экономика в системе устойчивого развития / О.С. Пчелинцев. – Москва: Наука, 2004. – 261с.

37. Василюк О., Ільмінська Л. Екосистемні послуги. Огляд / О. Василюк, Л. Ільмінська. – БО "БФ "Бонд захисту біорізноманіття України", 2020. – 83с.

38. Екосистемний добробут: методика обрахунку екосистемних послуг непрямими методами / О. Василюк, А. Варуха, А. Куземко та ін. – Чернівці: Друк Арт, 2023. – 184с.

39. Фоменко М.А. Экономическая оценка природных благ и экосистемных услуг как основа привлечения инвестиций в сохранение биоразнообразия / М.А. Фоменко // Интеллектуальные и информационные ресурсы и структуры для регионального развития [Под ред. Ю.Г. Липеца]. – Москва: Институт географии РАН, 2002. – 280с.

40. Зарецкий В.И. Градостроительство и охрана окружающей среды / В.И. Зарецкий. – Киев: "Будівельник", 1975. – 91с.

41. Бочкарева Т.В. Экологические исследования в градостроительстве / Т.В. Бочкарева, Л.Я. Ткаченко // Экология города и проблемы управления. – Москва: Институт географии РАН, 1989. – С.124–127 (Программа МАБ).

42. Беккер В.Я. Современные проблемы управления социально-экономическим развитием города / В.Я. Беккер // Экология города и проблемы управления. – Москва: Институт географии РАН, 1989. – С.31–42 (Программа МАБ).

43. Краснощекова Н.С. Формирование природного каркаса в генеральних планах городов: Учебное пособие для вузов / Н.С. Краснощекова. – Москва: "Архитектура–С", 2010. – 184с.

44. Вергунов А.П. Город и природное окружение (архитектурно-планировочная организация взаимосвязей) / А.П. Вергунов. Дис. на соиск. уч. степени док. арх. Том I (18.00.04). – Москва: МАРХИ, 1985. – 344с.

45. Чистякова С.Б. Охрана окружающей среды: Учебник для вузов. Специальность "Архитектура" / С.Б. Чистякова. – Москва: Стройиздат, 1988. – 272с.

46. Геоэкологические основы территориального проектирования и планирования / Ответ. ред. В.С. Преображенский и Т.Д. Александрова. – Москва: "Наука", 1989. – 144с.

47. Налимов В.В. В поисках иных смыслов / В.В. Налимов. – Москва: Издательская группа "Прогресс", 1993. – 279с.

48. Айлікова Г.В. Методологічні основи планування території регіонів України / Г.В. Айлікова: Автореф. дис….канд. техн. наук [05.23.20 – "Містобудування та територіальне планування"]. – Київ: КНУБА, 2015. – 23с.

Dyuzhev Sergii,
chief specialist, Institute of architectural management, Kyiv

THE PHENOMENON OF GREEN ZONE OF CITY (METROPOLIS) AS A JUNCTION AND INDICATOR OF A DEGREE OF DECISION OF THE CITY PLANNING PROBLENS IN THE STIPULATIONS OF REQUIREMENTS OF CIVILIZATIONAL RENASCENCE FOR COUNTRY

(tasks and demands concerning the improvement of the city planning designing and programming of landscape infrastructure, example of Kyiv city)

Part IV

The signal publication touches given themes in the continuation of the analysis of theoretical problems concerning the threat to substitute the semantic foundation of city planning theory and practice for ersatz–surrogates the same as "spatial planning", scilicet from the sphere of "regulation for the distribution of land using", where the discretional practices are prevailing above all, and which in accordance with definition, are related (bound) to realization (in legal way or mode) city planning designed and projected decisions were observed. The quest5ion is about a concept "space", which was groundlessly hypertrophied, and "space development", which is a semantic nonsense, and also is about a flat vain treating the city planning designing as "space planning", these are projections ("shades") of "processes and phenomena on the territory". The realization of that "simplification" will not serve to

unite the city planning and land exploitation documentation (some authors are expecting it) but practical elimination or even liquidation of base (initial) city planning designing documentation of strategical significance and also – professional and cultural foundations of the whole sphere of city planning. It was shown that the same negative role fills up not by carrying out the semantic distinguishing of the content of subordinate concepts such as "city planning designing", "landscape planning", "territorial planning" and attempts of their autonomous (isolated) application in practice.

The evident inadequacy of the content of "settling phenomenon", and notions the same as "ecological and city planning system "population – surroundings"" – as a relict of anthropocentrical oppositions, and also narrowness of notions as to a city as an "urbangeosociosystem", which doesn't have in its own arsenal the imperative theoretical and methodological set of instruments. Therefore the attention was paid to the positive experience of consideration and valuation of the complex of natural factors and resources for accomplishment of city planning designing works concerning forming and development of complex (integrated) green zones and network of water-greenery planted territories of cities and agglomerations, the modes of their arrangement and differential regulation.

The courses of methodological equipping of treatment for city planning synthetical decisions in the context of planning thematics, which is examined, and also, the role of assessment of the condition of green plantations as indicator for differentiation of the quality in reference to urban environment with the consideration of a functional activity of population and tasks as to transformation of the urban environment as a landscape infrastructure and its water-green constituent, and likewise – working out the state standards of accessibility and quality of the ecosocial services concerning "natural blessings" and fulfilment of the appropriate landscape valuations of territory was followed. Such approach was approbated by the author to a certain extent affiliated to working up the city planning designing documentation for Kyiv (direction of work–network of greenery planted and recreational territories).

Perspective landscape planning parameters of the greenery planted territories of Kyiv are defied by: distribution and characteristics of the greenery planted territories in different landscape areas; level and size of parameters of providing of the population with territories of the general using and needs of new green construction; borders and conditions of creation of the greenery planted territories in areas of reconstruction and new housing construction; borders, components and project capacity of functional zones of resorts "Pushcha-Vodytsa" and "Koncha-Zaspa"; size and differentiation of a tourist-excursion stream, borders and rated attractiveness of the city tourist zones; perspective dynamics of transformation and spaciousness of a network of institutions of resort treatment, tourism and rest of

different kinds; project transformation, borders and capacity of a network of territories of mass rest of different kinds; planning decisions of the constitutives of integral recreational zones of the city importance.

The considered theoretical-methodological principles and methodical approaches have been used by elaboration of the efficient General (Master) plan of Kyiv and Programs of complex development of a green zone of Kyiv.

Key words: city planning designing; landscape planning; complex green zone; urban environment; network of water-greenery planted territories; city planning synthetical decisions.

REFERENCES

1. Gabrel M.M. Do pytannia formuvannia bazy znan prostorovogo planuvannia v Ukraini / M.M. Gabrel, M.M. Gabrel, L.C. Forkutsa // Mistobuduvannia ta terytorialne planuvannia. – Kyiv: KNUBA, 2023. – Vyp.84. – S.6–27 {in Ukrainian}.

2. Kovalev A.P. Landshaft sam po sebe i dlia cheloveka. Monografiia / A.P. Kovalev. – Kharkov: "Burun Kniga", 2009. – 928s. {in Russian}.

3. Ustinova I.I., Ailikova G.V. Landshaftne planuvannia iak ekologichna osnova terytorialnogo planuvannia / I.I. Ustinova, G.V. Ailikova // Mistobuduvannia ta terytorialne planuvannia. – Kyiv: KNUBA, 2019. – Vyp.70. – S.574–588 {in Ukrainian}.

4. Dyuzhev S.A. Generalne strategichne mistobudivne planuvannia ta problemy planuvalnogo upravlinnia rozselenniam (chastyna druga: problemy, pereshkody shchodo ikh rozviazannia, aktualni zavdannia ta tekhnologichni vymogy do zmistu mistobudivnoi dokumentatsii) / S.A. Dyuzhev // Mistobuduvannia ta terytorialne planuvannia. – Kyiv: KNUBA, 2023. – Vyp.84. – S.64–131 {in Ukrainian}.

5. Barkhin M.G. Gorod. Struktura i kompozitsiia / M.G. Barkhin. – Moskva: "Nauka", 1986. – 264s. {in Russian}.

6. Vladimirov V.V. Rasselenie i okruzhaiushchaia sreda / V.V.Vladimirov. – Moskva: Stroiizdat, 1982. – 229s. {in Russian}.

7. Lappo G.M. Tselenapravlennoe formirovanie gorodskikh aglomeratsii/ G.M. Lappo // Problemy razvitiia aglomeratsii Rossii. – Moskva: KRASAND, 2009. – S.8–16 {in Russian}.

8. Postel S. Perebudova polyvnogo zemlerobstva / S.Postel // Stan svitu 2000 [L. Braun ta inshi pereklad z angl.; VGO "Ukraina. Poriadok dennyi na XXI stolittia" ta Instytut stalogo rozvytku]. – Kyiv: Intelsfera, 2000. – S.41–62 {in Ukrainian}.

9. Vladimirov V.V. Puti sokhraneniia ekologicheskogo ravnovesiia v gorodskikh aglomeratsiiakh / V.V. Vladimirov // Promyshlennoe i grazhdanskoe

stroitelstvo, 1996. – №9. – S.14–16 {in Russian}.

10. Grigorian A.G. Landshaft sovremennogo goroda / A.G. Grigorian. – Moskva: Stroiizdat, 1986. – 134s. {in Russian}.

11. Maslov N.V. Gradostroitelnaia ekologiia: Uchebnoe posobie dla stroitelnykh vuzov / N.V. Maslov; Pod. red. M.S. Shumilova. – Moskva: Vysshaia shkola, 2003. – 286s. {in Russian}.

12. Armand A.D. Goroda na grani tyciacheletii / A.D. Armand // Priroda, 1993. – №2. – S.4–14 {in Russian}.

13. Medouz D.Kh. Predely rosta: 30 let spustia / D.Kh.Medouz, I.Randers, D.L.Medouz [per. s angl. E.S.Oganesian; Pod. red. N.P.Tarasovoi]. – Moskva: BINOM. Laboratoriia znanii, 2012. – 359s. {in Russian}.

14. Dyuzhev S.A. Transtsendentni planuvalni tekhnologii zdiisnennia landshaftnykh (protseso-seredovyshchnykh) fenomeniv rozselennia iak teoretyko-metodologichna baza mistobudivnogo planuvannia. / S.A. Dyuzhev // Mistobuduvannia ta terytorialne planuvannia. –Kyiv: KNUBA, 2022. – Vyp.81. – S.143–181 {in Ukrainian}.

15. Shevchenko L.V. Ekspertnaia otsenka kachestva sostavleniia razdela "Okhrana okruzhaiushchei sredy" v proektnoi dokumentatsii / L.V. Shevchenko // Promyshlennoe i grazhdanskoe stroitelstvo, 2000. – №9. – S. 42–43 {in Russian}.

16. Ekologiia goroda: Uchebnik / Pod. obshchei redaktsiei F.V.Stolberga. – Kiev: Libra, 2000. – 464s. {in Russian}.

17. Kucheriavyi V.P. Urboekologiia / V.P. Kucheriavyi. – Lviv: Svit, 2001. – 440s. {in Ukrainian}.

18. Krysachenko V. Obshyry i mezhi zhyttiediialnosti liudyny / V.S.Krysachenko // Liudyna: myslennia i realnist. – Kyiv – Lutsk: Instytut filosofii NAN Ukrainy, 2001. – S.11–32 {in Ukrainian}.

19. Kyiv iak ekologichna systema: pryroda – liudyna – vyrobnytstvo – ekologiia. – Kyiv: Tsentr ekologichnoi osvity ta informatsii, 2001. – 316s. {in Ukrainian}.

20. Moskva – Parizh. Priroda i gradostroitelstvo / Pod. obshchei redaktsiei N.S. Krasnoshchekovoi, V.I. Ivanova. – Moskva: "Inkombuk", 1997. – 208s. {in Russian}.

21. Saban Iu.Ia. Ekologo-gradostroitelnye printsipy formirovaniia arkhitekturno-planirovochnoi struktury srednikh gorodov (na primere zapadnoukrainskogo regiona) / Iu.Ia.Saban: Avtoref. dys… kand. arkh: [18.00.04]. – Kyiv: KISI, 1991. – 21s. {in Russian}.

22. Laptiev O.O. Ekologichna optimizatsiia biogeotsenotychnogo pokryvy v suchasnomu urbolandshafti / O.O. Laptiev. – Kyiv: Ukr. ekolog. akademiia nauk, 1998. – 207s. {in Ukrainian}.

23. Falvon A. Pocket parks: an instrument to sew neighborhoods together / A.

Falvon // NATUROPA, 2000. – №94. – S.14–15 {in English}.

24. Kopsova T.P., Burova T.Iu. Modelirovanie zelenogo filtra v obshchegorodskoi structure / T.P. Kopsova, T.Iu. Burova // Zhilishchnoe stroitelstvo, 2007. – №4. – S.16–21 {in Russian}.

25. Ermolin N.V. Obshchaia kontseptsiia genplana krupnogo goroda i prilegaiushchego raiona / N.V. Ermolin // Proektirovanie i inzhenernye izyskaniia, 1989. – №3(40). – S.18–21 {in Russian}.

26. Smoliar I.M. Moskovskii megalopolis: problemy razvitiia / I.M.Smoliar // Architektura i stroitelstvo Moskvy, 1996. – №6. – S.27–31 {in Russian}.

27. Byvalina M.V. Teoretiko-metodologichni osnovy blagoustroiu ta ozelenennia miskikh terytorii / M.V. Byvalina // Mistobuduvannia ta terytorialne planuvannia. –Kyiv: KNUBA, 2022. – Vyp.81. – S.33–58 {in Ukrainian}.

28. Syngaivska O.I., Byvalina M.V. Osnovni napriamy vyrishennia problem u sferi blagoustroiu ta ozelenennia mista / O.I.Syngaivska, M.V.Byvalina // Mistobuduvannia ta terytorialne planuvannia. –Kyiv: KNUBA, 2022. – Vyp.81. – S.313–336 {in Ukrainian}.

29. Mashinskii V.L. Ozelenenie i blagoustroistvo selitebnoi territorii Moskvy / V.L.Mashinskii. – Moskva: Izdatelstvo "Sputnik+", 2009. – 398s. {in Russian}.

30. Gorokhov V.A. Zelenaia priroda goroda: Uchebnoe posobie dlia vuzov / V.A.Gorokhov [Izd. 3–e, dop. i pererab. V 2–kh tomakh. Tom I]. – Moskva: "Arkhitektura – S", 2012. –528s. (Spetsialnost "Arkhitekura") {in Russian}.

31. Fenomen sotsioprirodnykh system. Svitogliadno-metodologichni narysy. Monografiia. – Kyiv: Vydavets PARAPAN, 2009. – 284s. {in Ukrainian}.

32. Krasnoshchekova N.S. Okhrana prirodnogo landshafta v Vengrii / N.S.Krasnoshchekova. Ekspress-informatsiia. Seriia "Ozelenenie naselennykh mest". – Moskva: TsBNTI Minzhilkomkhoza, 1985. – №8, Vypusk 3. – 8s. {in Russian}.

33. Maurin A.M. Zelenye nasazhdeniia kak indicator kachestva gorodskoi sredy / A.M. Maurin, O.E. Nikodemus, K.K. Raman // Problemy kachestva gorodskoi sredy. – Moskva: "Nauka", 1989. – S.102–108 {in Russian}.

34. Barbash N.B. Territorialnaia differentsiatsiia kachestva gorodskoi sredy / N.B. Barbash // Problemy kachestva gorodskoi sredy. – Moskva: "Nauka", 1989. – S.108–117 {in Russian}.

35. Rukavishnikov V.O. Naselenie goroda (sotsialnyi sostav, rasselenie, otsenka gorodskoi sredy) / V.O. Rukavishnikov. – Moskva: "Statistika", 1980. – 247s. {in Russian}.

36. Pchelintsev O.S. Regionalnaia ekonomika v sisteme ustoichivogo razvitiia / O.S .Pchelintsev. – Moskva: "Nauka", 2004. – 261s. {in Russian}.

37. Vasyliuk O., Ilminska L. Ekosystemni poslugy. Ogliad / O. Vasyliuk, L. Ilminska. – BO "BF "Fond zakhystu bioriznomanittia Ukrainy", 2020. – 83c. {in Ukrainian}.

38. Ekosystemnyi dobrobut: metodyka obrakhunku ekosystemnykh poslug nepriamymy metodamy / O. Vasyliuk, A. Varykha, A. Kuzemko ta insh. – Chernivtsi: Druk Art, 2023. – 184s. {in Ukrainian}.

39. Fomenko M.A. Ekonomicheskaia otsenka prirodnykh blag i ekosistemnykh uslug kak osnova privlecheniia investitsii v sokhranenie bioraznoobraziia / M.A. Fomenko // Intellektualnye i informatsionnye resursy i struktura dlia regionalnogo razvitiia [Pod red. Iu.G.Lipetsa]. – Moskva: Institut geografii RAN, 2002. – 280s. {in Russian}.

40. Zaretskii V.I. Gradostroitelstvo i okhrana okruzhaiushchei sredy / V.I. Zaretskii. – Kiev: "Budivelnyk", 1975. – 91s. {in Russian}.

41. Bochkareva T.V. Ekologicheskie issledovaniia v gradostroitelstve / T.V. Bochkareva, L.Ia. Tkachenko // Ekologiia goroda i problem upravleniia. – Moskva: Institut geografii RAN, 1989. – S.124–127 (Programma MAB) {in Russian}.

42. Bekker V.Ia. Sovremennye problemy upravleniia sotsialno-ekonomicheskim razvitiem goroda / V.Ia. Bekker // Ekologiia goroda i problemy upravleniia. – Moskva: Institut geografii RAN, 1989. – S.31–42 (Programma MAB) {in Russian}.

43. Krasnoshchekova N.S. Formirovanie prirodnogo karkasa v generalnykh planakh gorodov: Uchebnoe posobie dlia vuzov / N.S. Krasnoshchekova. – Moskva: "Arkhitektura – S", 2010. – 184s. {in Russian}.

44. Vergunov A.P. Gorod i prirodnoe okruzhenie (arkhitekturno-planirovochnaia organizatiia vzaimosviazei) / A.P.Vergunov/ Dis. na soisk. uch. stepeni dok. arkh. Tom I (18.00.04). – Moskva: MARKHI, 1985. – 344s. {in Russian}.

45. Chistiakova S.B. Okhrana okruzhaiushchei sredy: Uchebnik dlia vuzov. Spetsialnost "Arkhitektura" / S.B. Chistiakova. – Moskva: Stroiizdat, 1988. – 272s. {in Russian}.

46. Geoekologicheskie osnovy territorialnogo proektirovaniia i planirovaniia / Otvet. red. V.S. Preobrazhenskii i T.D. Aleksandrova. – Moskva: "Nauka", 1989. – 144s. {in Russian}.

47. Nalimov V.V. V poiskakh inykh smyslov / V.V. Nalimov. – Moskva: Izdatelskaia gruppa "Progress", 1993. – 279s. {in Russian}.

48. Ailikova G.V. Metodologichni osnovy planuvannia terytorii regioniv Ukrainy / G.V. Ailikova: Avtoref. dys… kand. tekh. n. [05.23.20 – "Mistobuduvannia ta terytorialne planuvannia"]. –Kyiv: KNUBA, 2015. – 23s. {in Ukrainian}.

DOI: 10.32347/2076-815X.2026.92.174-185
УДК 728.27"18/19"-043.2:711.43
доктор архітектури, професор **Івашко Ю.В.**
yulia-ivashko@ukr.net, ORCID: 0000-0003-4525-9182, h-20,
Київський національний університет будівництва і архітектури
кандидат технічних наук, доцент **Дмитренко А.Ю.**
ab.Dmytrenko_AU@nupp.edu.ua, ORCID: 0009-0002-1672-5973, h-13
Національний університет "Полтавська політехніка ім. Ю,Кондратюка»

ЕВОЛЮЦІЯ ПРИБУТКОВИХ БУДИНКІВ КИЄВА НАПРИКІНЦІ XIX – НА ПОЧАТКУ XX СТОЛІТЬ ТА ЇХ РОЛЬ У ФОРМУВАННІ МІСТОБУДІВНОГО ПРОСТОРУ

Присвячено особливостям прибуткового будівництва Києва на межі XIX–XX століть. Охарактеризовано специфіку таких об'єктів, поширені типи прибуткових будинків. Мета дослідження полягала в тому, аби висвітлити особливості трансформації містобудівного простору Києва наприкінці XIX – на початку XX століть. Актуальність дослідження полягає в тому, щоб аргументувати, як принципи забудови кінця XIX – початку XX століття продовжують впливати на сучасний простір міста (на прикладі історичного центру Києва), створюючи, крім естетичного історичного «портрету» міста, і ряд проблем. На прикладі двох прибуткових будинків початку XX століття охарактеризовано два популярні стилі прибуткового будівництва – неоготику і модерн.

Ключові слова: принципи формування; містобудівний простір; прибутковий будинок; Київ, XIX– XX століття.

Вступ. Зростання населення міст, спричинене, з одного боку, науково-технічним прогресом через вихід на перші ролі заможної буржуазії, а з другого – відміною в 1861 році кріпацтва, призвело до докорінної зміни в забудові великих промислових центрів і в структурі міської тканини взагалі. Прокладаються нові вулиці (у Києві цей процес активізувався через відсутність обмежень на еспланадах), малоповерхова розосереджена забудова поступається місцем щільній середньоповерховій прибутковій забудові «по червоних лініях». Поява таких прибуткових будинків на відносно невеликих земельних ділянках зумовлювалася двома чинниками – отриманням максимального прибутку і розвитком мережі інженерних комунікацій.

Зміна характеру міського простору відбувалася швидкими темпами. Згідно зі статистичними даними, станом на 1901 рік у Києві було лише три п'ятиповерхових житлових будинки, а в 1911 – вже сорок п'ять і тридцять шести-

і семиповерхових прибуткових будинків заходились у стадії будівництва. Поверховість прибуткових будинків збільшилася з 3–4 поверхів наприкінці XIX століття до 5–10 поверхів на початку XX століття.

Постановка проблеми. Особливістю України, як і низки інших східноєвропейських країн, є провідна роль забудови кінця XIX – початку XX століття у формуванні забудови історичних центрів міст. Ця забудова і сьогодні продовжує значною мірою впливати на функціонування і розвиток містобудівного простору, з одного боку, формуючи неповторний привабливий образ міста, а з іншого – створюючи низку функціональних проблем. У той же час ця забудова, особливо початку XX століття, залишається недостатньо дослідженою, як у художньо-стильовому, так і у функціонально-планувальному аспекті.

Мета дослідження полягала в тому, аби висвітлити особливості трансформації містобудівного простору Києва наприкінці XIX – на початку XX століть під впливом середньоповерхової прибуткової житлової забудови.

Актуальність дослідження полягає в тому, щоб аргументувати, як принципи забудови кінця XIX – початку XX століття продовжують впливати на сучасний простір міста (на прикладі історичного центру Києва), створюючи, крім естетичного історичного «портрету» міста, і ряд проблем.

Задачі дослідження полягали в наступному:

– на основі опрацювання іконографічних джерел, архівної бази і натурних обстежень 1997–2007 років поглибити висновки про специфіку забудови Києва на рубежі XIX–XX століть;

– показати зв’язок усталеної забудови кінця XIX – початку XX століть і позитивні та негативні моменти, які з цим пов’язані.

Наукова новизна дослідження полягає в поглибленні відомостей про містобудівний простір Києва на рубежі століть, акцентувавши увагу на типовому прибутковому будинку середньої поверховості як домінуючому типі історичної забудови Києва.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Для досягнення мети і задач дослідження було опрацьовано джерельну базу за такими напрямками:

– наукові публікації, присвячені історичній забудові українських міст кінця XIX – початку XX століття, проблемам її збереження та сучасного використання [1, 2, 3, 4];

– праці, присвячені особливостям забудови Києва кінця XIX – початку XX століття [5, 6, 7, 8]

– дослідження, присвячені персоналіям українських архітекторів досліджуваного періоду [9];

– архівні документи [10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19];

– законодавчі акти кінця XIX – початку XX століть [20].

Основна частина. Загальні особливості прибуткової забудови Києва кінця XIX–початку XX століть. Як вже було зазначено вище, основним типом забудови Києва на межі XIX–XX століть був односекційний (рідше – багатосекційний) прибутковий будинок. Односекційні прибуткові будинки мали усталене планування двох- і чотирьохквартирних секцій з центральним розташуванням парадних (з головного фасаду) і «чорних» (з боку двору) сходів, зазвичай по одній осі, рідше зі зсувом.

На початку XX століття відбувається поступове впровадження чотири- і шестиквартирних секцій з ускладненим обрисом плану будинку і секцій.

Якщо говорити про особливості, притаманні односекційним прибутковим будинкам, то це винесення в самостійний зовнішній об'єм сходів і поява коридорного планування з одноквартирною секцією для заможних орендарів.

Багатосекційні прибуткові будинки були менш поширеними. Вони складалися з 2–3 секцій і були трьох типів: розташовані вздовж вулиці по всій довжині ділянки, кутові по двох сторонах ділянки і компактні із замкнутими дворами «колодязями». Такі витягнуті вздовж вулиці будинки мали двоквартирні секції.

У прибутковому будинку були квартири, розраховані на різні соціальні групи орендарів: малої, середньої і великої площі. Квартири малої і середньої площі розташовувалися на першому і верхніх поверхах і були досить скромними, натомість багаті квартири відзначалися вишуканим декором. Часто на другому або третьому поверсі розташовувалася квартира самого власника з родиною.

Ураховуючи період поширення прибуткового будівництва у Києві, зазначимо, що в стилістиці архітектури побутували історизм, еклектизм, «цегляний стиль» з декоруванням цеглою, а з початку XX століття – модерн та з 1910-х років – неокласицизм.

Приклади прибуткових будинків різних стилів. Улюбленими мотивами історизму були псевдоготика (до початку XX століття) і неоготика (з початку XX століття). В стилі неоготики в 1908 році був збудований прибутковий будинок на вул. Олеся Гончара, 60 (Рис. 1). Хоча іноді його згадують як прибутковий будинок барона Штейнгеля, насправді він був зведений, коли садиба належала відомому київському лікарю-невропатологу професору Лапінському.

Нові власники зберегли стиль більш раннього двоповерхового особняка барона на вул. Бульварно-Кудрявській в побудованому в 1908 році прибутковому будинку, зберігши тим самим вісь «особняк – прибутковий будинок» (Рис. 2). Утім, зараз ця візуальна вісь порушена розташуванням між ними висотного корпусу Інституту травматології та ортопедії НАМН України.

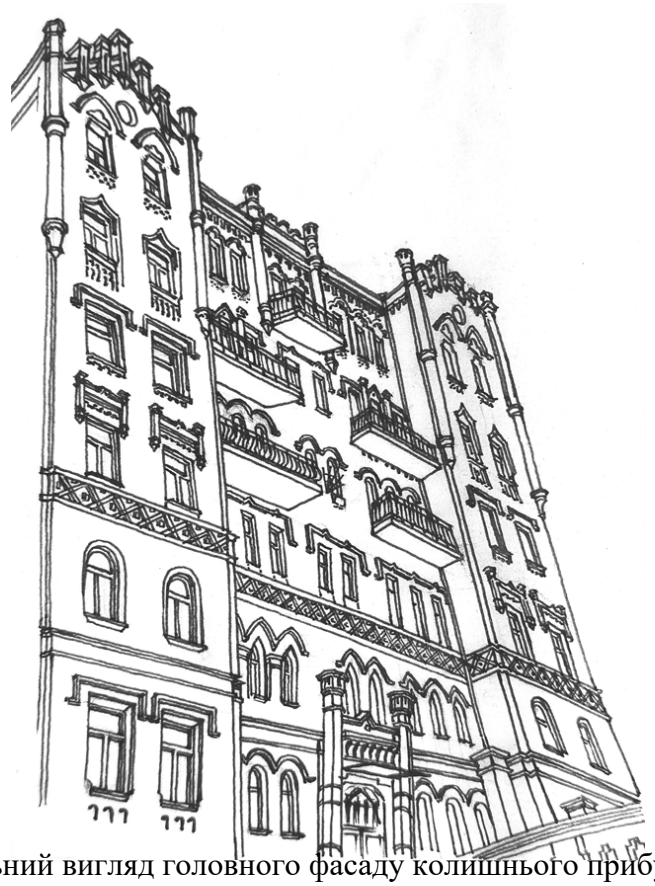


Рис.1. Загальний вигляд головного фасаду колишнього прибуткового будинку по вул. Олеся Гончара, 60. Рис. Ю. Івашко

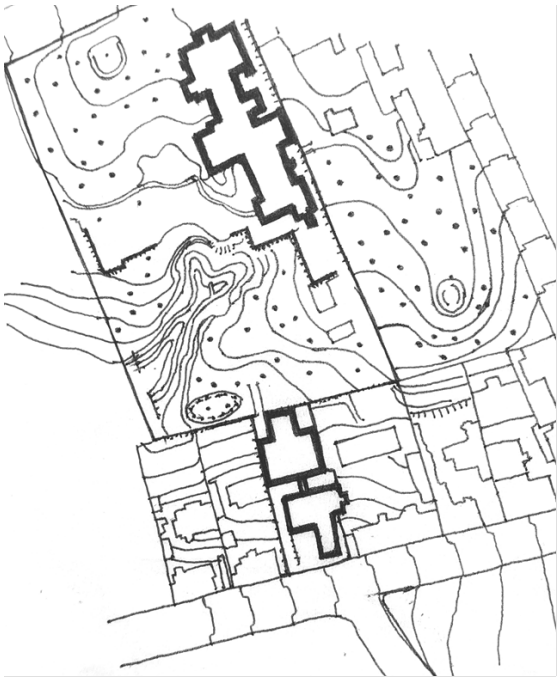


Рис. 2. Розташування прибуткового будинку (на передньому плані). Прорис Ю. Івашко за планом 1924 року

Якщо двоповерховий особняк Штейнгеля на вул. Бульварно-Кудрявській часто згадується в наукових джерелах, то свідчень про прибутковий будинок у

стилі тюдорівської неоготики свідчень мало. Як ми вже зазначали в багатьох своїх публікаціях, це було пов'язано з тим, що документація початку XX століття зазвичай знаходилася на руках у домовласників, тому не збереглася.

Утім, архітектура прибуткового будинку є досить виразною. Створення у відвідувачів «готичної» атмосфери починалося буквально від входу по сходах і мосту, який нагадував підйомні мости середньовічних замків. Сам будинок через це знаходиться зі значним відступом від вулиці, що саме по собі було нетиповим прикладом, оскільки зазвичай прибуткові будинки зводили по «червоних лініях» вулиць.

План будинку – Т-подібний, компактний, симетричний, з центральним розміщенням сходів і ліфта (Рис. 3). «Чорні» сходи з прилеглими приміщеннями винесені в окремий об'єм на дворовому фасаді. Бічні крила головного фасаду трохи висунуті вперед, що сприяє підкресленню пластики фасадів.

Будинок восьмиповерховий, цегляний, стіни жовтого кольору. Центральний балкон верхнього поверху і бічні кути виступаючих частин головного фасаду франковані невеликими башточками, мотиви яких навіяні башточками особняка Штейнгеля.

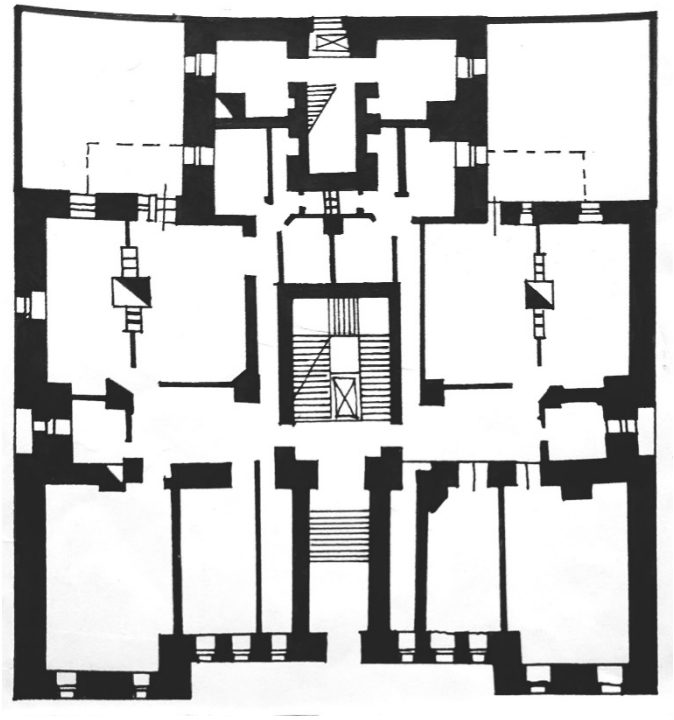


Рис. 3. План 1-го поверху колишнього прибуткового будинку по вул. Олеся Гончара, 60. Прорис Ю. Івашко

Пластика верхніх поверхів витончена і вишукана, тоді як на нижніх поверхах вона більш масивна завдяки масивним псевдоготичним елементам

вікон і дверей та широкій смузі орнаменту. Тому верхні поверхи здаються візуально легкими, а нижні – масивними.

Карниз будинку стилізований і має досить еклектичний характер. В обрамуванні вікон використано стрілчасті й півциркульні арки. Вхідна частина виділена двома стилізованими башточками і смугою орнаменту.

Принципово іншим був підхід до проєктування прибуткового будинку на вул. Анненківській, 15 (нині – вул. Лютеранська). Під будівництво було виділено ділянку навпроти садиби з оригінальним будинком, що мало бути враховане в проєкті, так само як і особливості будівництва на крутому рельєфі.

Олександр Матвійович Вербицький запропонував архітектурне рішення будинку в стилі модерн з віденськими традиціями: на раціоналістичний фасад накладено майоліковий декор (Рис. 4).

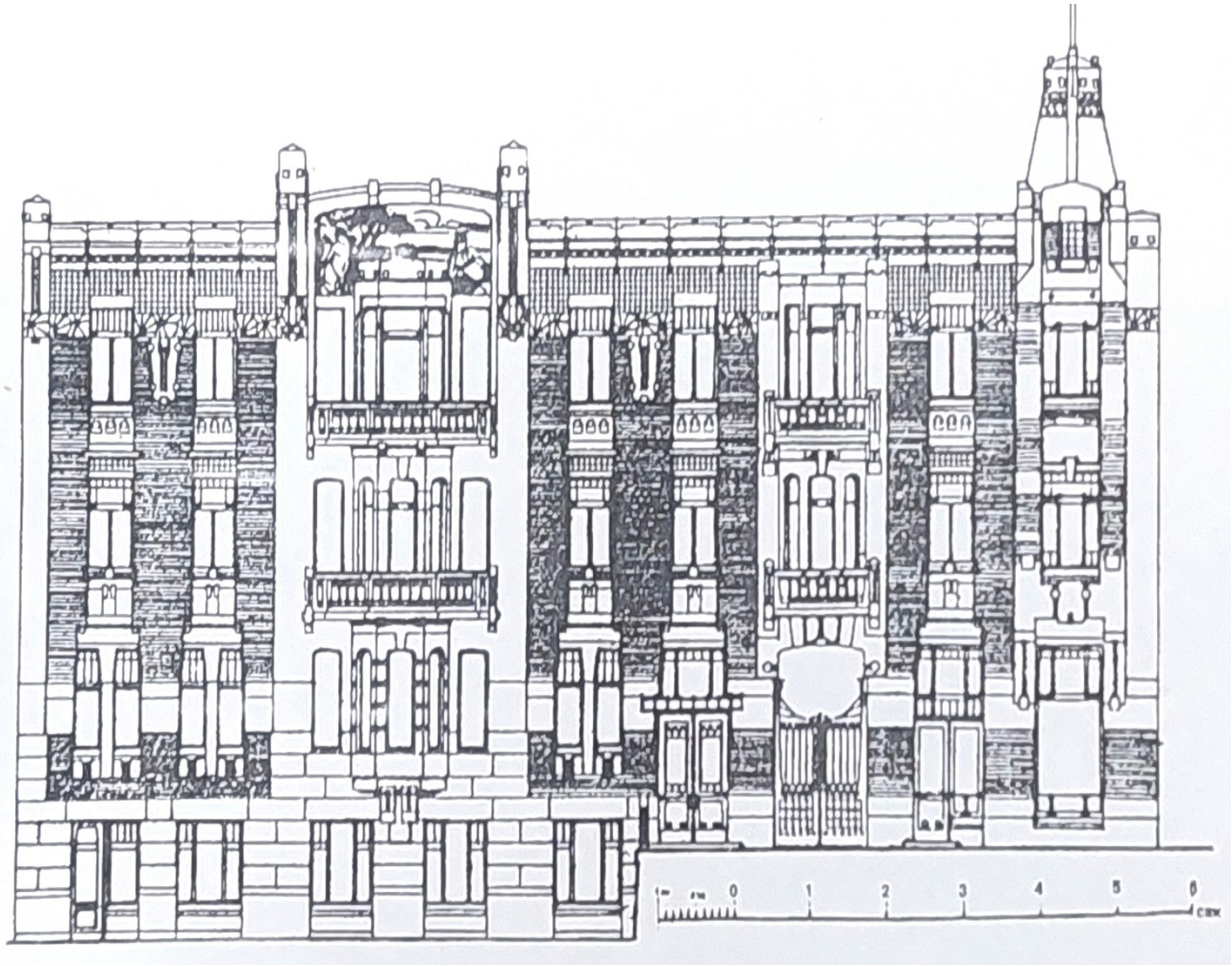


Рис. 4. Головний фасад прибуткового будинку на вул. Анненківській, 15 (нині – вул. Лютеранська). Прорис Ю. Івашко за архівними кресленнями

У результаті будинок отримав П-подібну форму плану для кращої інсоляції і чотири поверхи – три з них – житлові й один цокольний, особливо виразний в умовах крутого рельєфу вулиці Анненківської (Рис. 5).

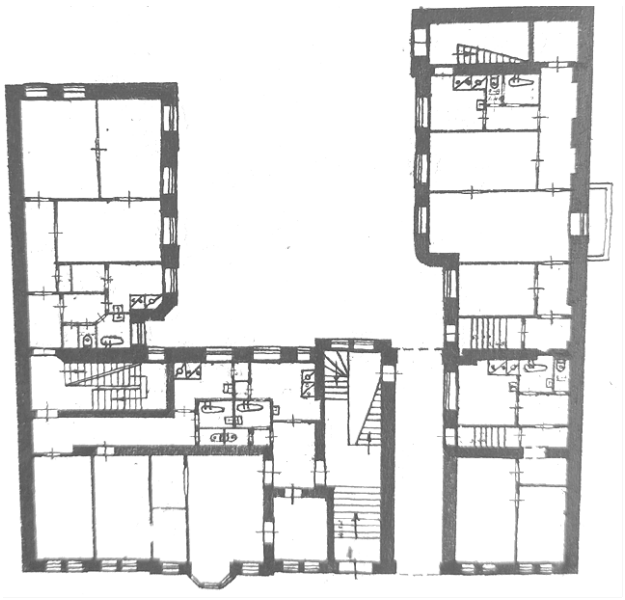


Рис. 5. План 1-го поверху прибуткового будинку на вул. Анненківській, 15 (нині – вул. Лютеранська). Прорис Ю. Івашко за архівними кресленнями

Уписаний в лінійну забудову вул. Анненківської, головний фасад відзначався лаконічністю і, разом із тим, був естетично виразним. Цьому сприяло вдало підібране архітектором поєднання синьо-зеленої керамічної плитки на фризі (у традиційних кольорах модерну), декоративного керамічного панно «Пан і Сірінга» авторства художника Козлова і м'яко виявленої пластики цегляної стіни завдяки еркеру і обрамуванню вікон 2-го – 3-го поверхів (Рис. 6).

Рис. 6. Фрагмент головного фасаду прибуткового будинку на вул. Анненківській, 15 (нині – вул. Лютеранська) з майоліковим панно. Малюнок Ю. Івашко

До числа декоративних елементів слід віднести смугу рельєфу рослинного характеру під керамічними вставками і візерунчасті ковані огорожі балконів. Застосування контрасту грубого русту в обличкуванні цоколя і потинькованих верхніх поверхів підкреслювало тектоніку стіни.

Висновки. Сьогодні колишні прибуткові будинки кінця XIX – початку XX століть становлять основну частину історичної забудови Києва. Як правило, більшість з них розташована по «червоних лініях» вулиць і лише окремі – як будинок по вул. О. Гончара, 60 – з відступом і передбудинковим простором. Стрічкова забудова вимагала від архітекторів-авторів проєктів пошуку виразних засобів архітектури.

Така виразність досягалася двома засобами – через прийоми композиції головних фасадів і через морфологію форм (башти і башточки, мансарди, аттики, карнизи, еркери, вікна, входи, декор). Кути кутових будинків виділяли еркерами, баштами, аттиками згідно з будівельними вимогами того часу, оскільки на кутові будинки розповсюджувалися правила для вулиць вищих розрядів.

Визначною ознакою прибуткового будівництва став синтез мистецтв на головних фасадах – використання скульптури, барельєфів, майолікових вставок і панно, ліпного декору з гіпсу, а згодом – із цементу, художнього металу.

Втім, попри те, що прибуткова забудова створила образ історичного Києва XIX – початку XX століть, вона ж заклала і ряд проблем, які відчуваються і сьогодні:

– контраст парадного і дворового фасадів та малоестетичних флігелів, коли в разі втрати головного будинку видимими стають будівлі у дворі;

– невідповідність анфіладного планування сучасним нормам житлового будівництва;

– відсутність ліфтів в багатьох будинках;

– застарілі інженерні мережі;

– складність впровадження норм інклюзивності й улаштування укриттів;

– велика площа і висота кімнат сприяє швидкому охолодженню при відсутності опалення;

– некомфортне розташування ванних кімнат і туалетів.

Список літератури

1. Chernyshev D., Ivashko Y., Ivashko O., Dmytrenko A., Ciepłucha W. From a Mansion to a Tenement House: The Evolution and Preservation of the Historical Development of Ukrainian Cities from the Late Nineteenth and Early Twentieth Centuries. *Wiadomości Konserwatorskie – Journal of Heritage Conservation,* 2023. No. 73. P. 16–23. DOI: 10.48234/WK73MANSION.

2. Ivashko Y., Shcheviova U., Zolotar L., Ivashko O., Dmytrenko A., Urakina A., Początko M., Rubtsova S. Peculiarities of the “Provincial Secession” Style Development in Ukraine at the Beginning of the 20th Century and Modern Problems of Its Monuments Preservation in War Time. *International Journal of Conservation Science,* 2024. Vol. 15, spec. iss. 1. P. 321–334. DOI: 10.36868/IJCS.2024.SI.24.

3. Ivashko Y., Pabich M., Toporkov V., Kravchuk O., Bigaj P. Problems of Repurposing the Monuments of Residential Architecture for Cultural and Artistic Function. *International Journal of Conservation Science,* 2025. Vol. 16, iss. 2. P. 947–964. DOI: 10.36868/IJCS.2025.02.13.

4. Orlenko M., Ivashko Y., Kuśnierz-Krupa D., Kobylarczyk J., Ivashko O. Conservation of the Residential and Public Architecture of the 19th – Early 20th Centuries (on the Examples of Kyiv and Cracow). *International Journal of Conservation Science,* 2021. Vol. 12, iss. 2. P. 507–528.

5. Друг О., Малаков Д. Особняки Києва. К.: Кий, 2004. 823 с.

6. Івашко Ю. Будинки Києва з елементами готики : дослідження історії та архітектури. К.: Гопак, 2004. 143 с.

7. Івашко Ю. Будинки Києва в стилі модерн: дослідження історії та архітектури. К.: Гопак, 2006. 160 с.

8. Київ. Провідник (За ред. Ф. Ернста). К., 1930. С.147–148.

9. Тимофієнко В. Зодчі України кінця XVIII – початку XX століть. Київ: НДІТІАМ, 1999. 477 с.

10. Державний архів м. Києва. Ф.163 оп.41 № 3355.

11. Державний архів м. Києва. Ф.163 оп.41 №2537.

12. Державний архів м. Києва. Ф.163 оп.41 №1218

13. Державний архів м. Києва. Ф.163 оп.41 №1485

14. Державний архів м. Києва. Ф.163 оп.41 №6448

15. Державний архів м. Києва. Ф.163 оп.41 № 1461.

16. Державний архів м. Києва. Ф.163 оп.41 №1989

17. Державний архів м. Києва. Ф.163 оп.6 №143.

18. Державний архів м. Києва. Ф.163 оп.6 № 145.

19. Державний архів м. Києва. Ф.100 оп.1 № 1080.

20. Сборник строительных постановлений для города Киева на основании Строительного Устава, обязательных постановлений Городской Думы, циркуляров и решений Правительствующего сената. К., 1913. 81 стр.

Dr. of Science, Professor **Yulia Ivashko**,
Kyiv National University of Construction and Architecture,
PhD, Associate Professor **Andrii Dmytrenko**,
National University "Yuri Kondratyuk Poltava Polytechnic"

EVOLUTION OF TENEMENT HOUSES IN KYIV AT THE END OF THE 19TH – EARLY 20TH CENTURIES AND THEIR ROLE IN THE FORMATION OF URBAN PLANNING SPACE

The article examines the features of the profitable construction of Kyiv at the turn of the 19th and 20th centuries. The specifics of such objects are characterized, and the common types of tenement houses are described. The purpose of the study was to highlight the features of the transformation of the urban planning space of Kyiv at the end of the 19th and the beginning of the 20th centuries. The relevance of the study is to argue how the principles of the development of the end of the 19th and the beginning of the 20th centuries continue to influence the modern space of the city (using the example of the historical centre of Kyiv), creating, in addition to the aesthetic historical “portrait” of the city, several problems. Using the example of two apartment buildings from the early 20th century, two popular styles of apartment construction are characterized: neo-Gothic and Art Nouveau.

The main development type in Kyiv at the turn of the 19th and 20th centuries was a single-section (less often multi-section) apartment building. Single-section apartment buildings had a fixed layout of two- and four-apartment sections with a central location of the main (from the main facade) and "back" (from the courtyard) staircases, usually along one axis, less often with a sliding door. At the beginning of the 20th century, four- to six-apartment sections with a complicated outline of the house plan and sections were gradually introduced.

Multi-section apartment buildings were less common. They consisted of 2–3 sections and were of three types: located along the street along the entire length of the plot, corner plots on two sides, and compact ones with closed courtyards called "wells". Such houses, elongated along the street, had two-apartment sections.

However, although profitable development created the image of historical Kyiv of the 19th and early 20th centuries, it also laid several problems that are still felt today:

– the contrast of the main and courtyard facades and the few aesthetic outbuildings, in the event of the loss of the main building, the buildings in the courtyard become visible;

– the inconsistency of the enfilade layout with modern housing construction standards;

– the absence of elevators in many buildings;

– outdated engineering networks;

– the complexity of implementing inclusiveness standards and arranging shelters;

– the large area and height of the rooms contribute to rapid cooling in the absence of heating;

– the uncomfortable location of bathrooms and toilets.

Keywords: principles of formation; urban planning space; tenement house; Kyiv; 19th–20th centuries.

REFERENCES

1. Chernyshev D., Ivashko Y., Ivashko O., Dmytrenko A., Ciepłucha W. (2023). From a Mansion to a Tenement House: The Evolution and Preservation of the Historical Development of Ukrainian Cities from the Late Nineteenth and Early Twentieth Centuries. *Wiadomości Konserwatorskie – Journal of Heritage Conservation, 73,* 16-23. DOI: 10.48234/WK73MANSION. {in English}

2. Ivashko Y., Shcheviova U., Zolotar L., Ivashko O., Dmytrenko A., Urakina A., Początko M., Rubtsova S. (2024). Peculiarities of the "Provincial Secession" Style Development in Ukraine at the Beginning of the 20th Century and Modern Problems of Its Monuments Preservation in War Time. *International Journal of Conservation Science, 15*(S.I.), 321-334. DOI: 10.36868/IJCS.2024.SI.24. {in English}

3. Ivashko Y., Pabich M., Toporkov V., Kravchuk O., Bigaj P. (2025). Problems of Repurposing the Monuments of Residential Architecture for Cultural and Artistic Function. *International Journal of Conservation Science, 16*(2), 947-964. DOI: 10.36868/IJCS.2025.02.13. {in English}

4. Orlenko M., Ivashko Y., Kuśnierz-Krupa D., Kobylarczyk J., Ivashko O. (2021). Conservation of the Residential and Public Architecture of the 19th – Early 20th Centuries (on the Examples of Kyiv and Cracow). *International Journal of Conservation Science,12*(2), 507-528. {in English}

5. Druh O., Malakov D. Mansions of Kyiv [Osobniaky Kyieva]. Kyiv: Kyi, 2004. {in Ukrainian}

6. Ivashko Y. Buildings of Kyiv with Gothic Elements: a Study of History and Architecture [Budynky Kyieva z elementamy hotyky: doslidzhennia istorii ta arkhitektury]. Kyiv: Hopak, 2004. {in Ukrainian}

7. Ivashko Y. Kyiv's Art Nouveau Buildings: A Study of History and Architecture [Budynky Kyieva v styli modern: doslidzhennia istorii ta arkhitektury]. Kyiv: Hopak, 2006. {in Ukrainian}

8. Ernst F., Ed. Kyiv. Guide [Kyiv. Providnyk]. Kyiv, 1930. P.147-148. {in Ukrainian}

9. Tymofiienko V. Ukrainian architects of the late 18th – early 20th centuries [Zodchi Ukrainy kintsia XVIII – pochatku XX stolit′]. Kyiv: NDITIAM, 1999. {in Ukrainian}

10. State Archives of Kyiv. [Derzhavnyi Arkhiv m. Kyieva]. Fund 163 description 41 No. 3355. {in Russian}

11. State Archives of Kyiv. [Derzhavnyi Arkhiv m. Kyieva]. Fund 163 description 41 No. 2537. {in Russian}

12. State Archives of Kyiv. [Derzhavnyi Arkhiv m. Kyieva]. Fund 163 description 41 No. 1218. {in Russian}

13. State Archives of Kyiv. [Derzhavnyi Arkhiv m. Kyieva]. Fund 163 description 41 No. 1485.{in Russian}

14. State Archives of Kyiv. [Derzhavnyi Arkhiv m. Kyieva]. Fund 163 description 41 No. 6448. {in Russian}

15. State Archives of Kyiv. [Derzhavnyi Arkhiv m. Kyieva]. Fund 163 description 41 No. 1461. {in Russian}

16. State Archives of Kyiv. [Derzhavnyi Arkhiv m. Kyieva]. Fund 163 description 41 No. 1989. {in Russian}

17. State Archives of Kyiv. [Derzhavnyi Arkhiv m. Kyieva]. Fund 163 description 6 No. 143. {in Russian}

18. State Archives of Kyiv. [Derzhavnyi Arkhiv m. Kyieva]. Fund 163 description 6 No. 143. {in Russian}

19. State Archives of Kyiv. [Derzhavnyi Arkhiv m. Kyieva]. Fund 100 description 1 No. 1080. {in Russian}

20. A collection of construction decrees for the city of Kyiv based on the Construction Statute, binding decrees of the City Duma, circulars, and rulings of the Governing Senate [Sbornik stroitel'nykh postanovleniy dlya goroda Kiyeva na osnovanii Stroitel'nogo Ustava, obyazatel'nykh postanovleniy Gorodskoy Dumy, tsirkulyarov i resheniy Pravitel'stvuyushchego senata]. Kyiv, 1913. {in Russian}

DOI: 10.32347/2076-815X.2026.92.186-197
УДК 728.27.012"18/19"-021.321:72.04

д.арх., професор **Івашко Ю.В.,**
yulia-ivashko@ukr.net, ORCID: 0000-0003-4525-9182, h-21,
PhD, доцент **Івашко О.Д.,**
ghok2233@gmail.com, ORCID: 0000-0002-9194-2153, h-10,
Київський національний університет будівництва і архітектури,
к.т.н., доцент **Дмитренко А.Ю.,**
ab.Dmytrenko_AU@nupp.edu.ua, ORCID: 0009-0002-1672-5973, h-14,
Національний університет «Полтавська політехніка ім. Ю. Кондратюка»,
д.арх., професор **Крупа М.,**
michal.krupa@pk.edu.pl, ORCID: 0000-0002-2199-0598 h-9,
Краківська політехніка ім. Т. Костюшко, Республіка Польща

КОМПОЗИЦІЙНО-ТИПОЛОГІЧНІ ОСОБЛИВОСТІ ПРИБУТКОВИХ БУДИНКІВ КИЄВА І ЇХ ВПЛИВ НА ХУДОЖНЬО-ДЕКОРАТИВНЕ ОЗДОБЛЕННЯ

Досліджено композиційно-типологічні особливості прибуткових будинків Києва на межі XIX–XX століть. Систематизовано типи планів односекційних і багатосекційних будинків. Аргументовано вплив специфічної планувальної структури на художнє оздоблення інтер'єрів. Визначено невідповідність вишуканого головного фасаду дворовим та бічним фасадам. Зазначено перелік проблем, які виникають при використанні таких будинків як житло зараз. Окреслено невідповідність таких будинків сучасним житловим нормам. Базуючись на дослідженнях М. Дьоміна, В. Ясієвича і попередніх працях Ю. Івашко, присвячених прибутковим будинкам Києва у стилі готики і в стилі модерн, пов'язано історичні аспекти з проблемами сьогодення і з урахуванням реалій воєнного часу. Запропоновано варіанти вирішення проблеми невідповідності колишніх прибуткових будинків сучасним житловим вимогам.

Ключові слова: композиційно-типологічні особливості; прибуткові будинки; Київ; вплив; художньо-декоративне оздоблення.

Вступ. На прикладі Києва можна визначити причини протистоянь між історичною і сучасною забудовою міста-мільйонника. Київ відчуває на собі ті тенденції, які характерні для багатьох міст-мільйонників і які ще більше загострилися в часи російсько-української війни. Київ є привабливим і для мешканців малих міст і сіл, і для переселенців, оскільки в столиці легше знайти роботу, для молоді є шанс поступити у вищий навчальний заклад, є мережа

закладів охорони здоров'я, мережі обслуговування, житло різного цінового сегмента, заклади дозвілля і рекреаційні зони.

Постановка проблеми. Водночас, швидке зростання території міста і населення призвело до конфліктів. Історичні райони традиційно мали малоповерхову і середньоповерхову забудову, а колишні околиці сьогодні стали центральними густонаселеними районами міста. Виникла проблема неефективного використання територій колишніх історичних садиб і невідповідності колишніх прибуткових будинків сучасним житловим нормам. Отже, виникла потреба в аналізі цієї проблеми, причин її виникнення і розробленні пропозицій щодо можливого її вирішення.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Для аргументації висновків дослідження було опрацьовано джерельну базу за такими напрямками:

– видання, присвячені прибутковим будинкам Києва і України [1–4];

– англомовні видання в наукометричних базах, присвячені історичній забудові міст вказаного періоду і стилям в архітектурі [6, 9, 10];

– архівні справи [7, 8];

– реставраційні аспекти [12–15];

– фахова реставраційна освіта [11].

Метою публікації є аналіз композиційно-типологічних особливостей прибуткових будинків і їх впливу на художньо-декоративне оздоблення.

Актуальність дослідження полягає у необхідності визначити першопричини протиставлення історичної і сучасної забудови Києва, впливи композиційно-типологічних особливостей на оздоблення фасадів та інтер'єрів і запропонувати можливі варіанти вирішення проблеми.

Задачі дослідження полягають в наступному:

– дослідити композиційні особливості і типи планів прибуткових будинків Києва кінця XIX – початку XX століття;

– проаналізувати їх вплив на рішення фасадів та інтер'єрів;

– визначити, у чому полягає невідповідність історичних прибуткових будинків сучасним житловим нормам;

– дослідити сучасні проблеми використання колишніх прибуткових будинків;

– запропонувати можливі варіанти вирішення проблеми.

Наукова новизна дослідження полягає в наступному. Базуючись на дослідженнях М. Дьоміна, В. Ясієвича і попередніх працях Ю. Івашко, присвячених прибутковим будинкам Києва у стилі готики й у стилі модерн, пов'язано історичні аспекти з проблемами сьогодення і з урахуванням реалій воєнного часу. Запропоновано варіанти вирішення проблеми невідповідності колишніх прибуткових будинків сучасним житловим вимогам.

Основна частина. Композиційно-типологічні особливості прибуткових будинків Києва кінця XIX-початку XX століть. Досліджуючи прибуткові будинки, В. Ясієвич виділив такі їх типи [4]:

– односекційні будинки з трьома несучими прокольними стінами і несучими конструкціями стін сходової клітки, з двома та чотирма квартирами на поверсі;

– односекційні будинки коридорної системи з однією квартирою на поверсі і зі сходами в торцях будинків;

– багатосекційні будинки з двох та трьох секцій (розташовані вздовж вулиць, розташовані на розі вулиць, компактні будинки з фасадами невеликої довжини, замкненими дворами чи курдонерами).

Будинки Києва доби історизму були переважно односекційними, тоді як в період модерну початку XX століття поширився тип двосекційного і рідше багатосекційного прибуткового будинку. Серед односекційних будинків зустрічаються прямокутні, Т-подібні, П-подібні, Н-подібні плани і плани складної конфігурації (Рис. 1). Багатосекційні будинки були Г-подібні, П-подібні в плані і з планами складної конфігурації (Рис.2). Односекційні і багатосекційні прибуткові будинки можна систематизувати додатково, взявши за показник прийоми розташування «парадних» і «чорних» сходів.

Найбільшу варіантність демонструють Т-подібні плани. Вони представлені двома групами: перша – «парадні» і «чорні» сходи розташовані по одній осі і або обидва, або одні з них є внутрішніми, друга – «парадні» і чорні» сходи розташовані зі здвижком і обидва сходи виходять назовні. В першій групі є два різновиди планів: з внутрішніми «парадними» і зовнішніми «чорними» сходами, з обома сходами внутрішніми. В другій групі також є два різновиди планів: з «парадними» сходами» по центральній осі головного фасаду симетрично і «парадні» сходи зі здвижком відносно центральної осі головного фасаду.

Декілька різновидів є і в планах складної конфігурації. Перша група планів – це «парадні» і «чорні» сходи по одній осі, друга – не по одній осі. В першій групі планів два різновиди: з внутрішніми «парадними» сходами і зовнішніми «чорними», та із зовнішніми «парадними» і «чорними» сходами. Друга група планів представлена також двома різновидами: із зовнішніми «парадними» і «чорними» сходами та з внутрішніми «парадними» і зовнішніми «чорними» сходами.

У прямокутних планах виділяємо дві групи. Перша характеризується розташуванням «парадних» і «чорних» сходів відносно однієї осі на плані-прямокутнику, друга – прямокутний план ступінчастої конфігурації з розташуванням сходів по одній осі.

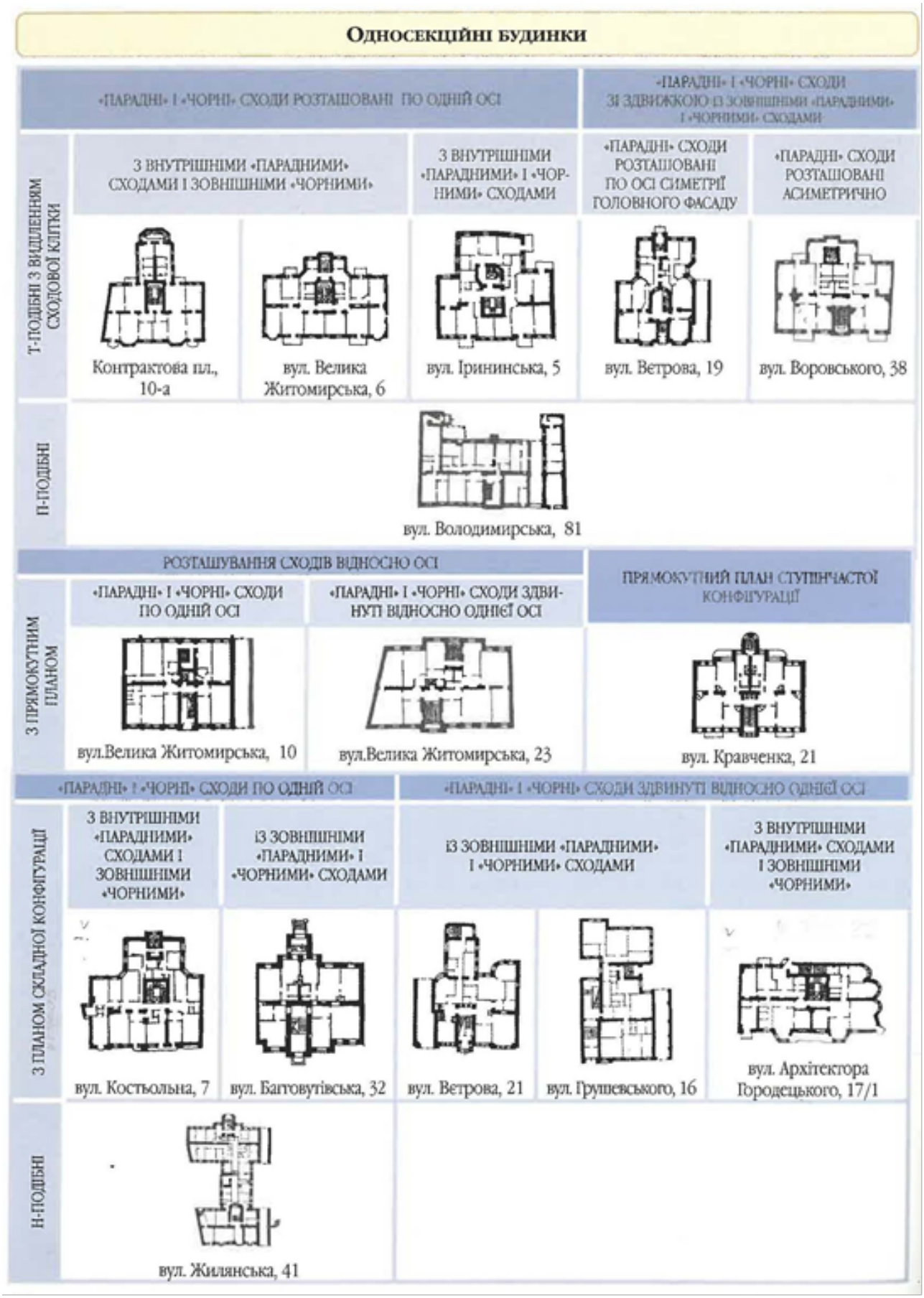


Рис. 1. Плани односекційних будинків. Схема Ю. Івашко

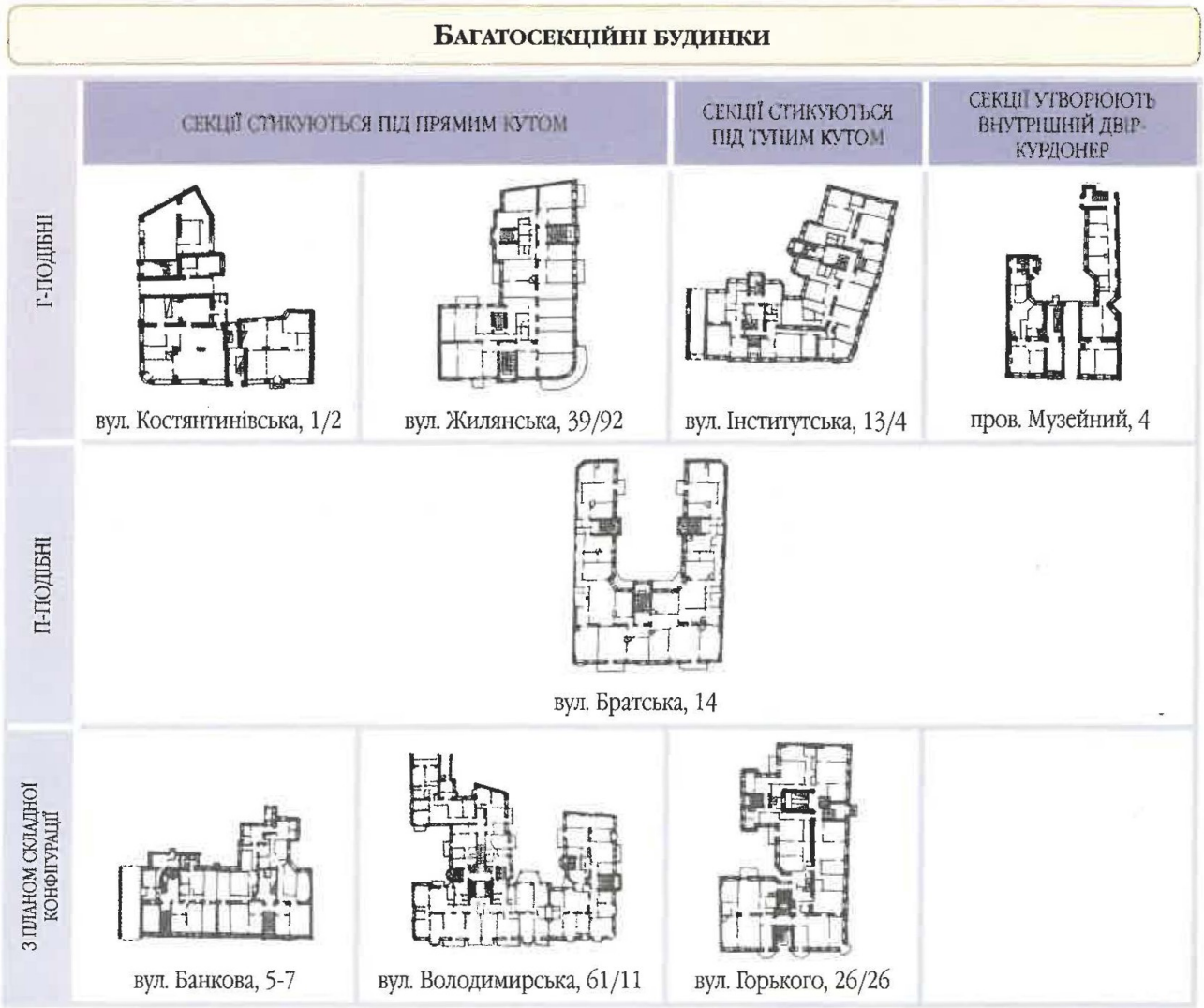


Рис. 2. Плани багатосекційних будинків. Схема Ю. Івашко

В Н-подібних планах є тільки один різновид. Цей тип плану не набув такого поширення, як Т-подібні та прямокутні плани.

Інший показник використано в планах з двома і більше секціями. У Г-подібних кутових будинках є три групи планів: секції стикуються під прямим кутом,під тупим кутом або секції утворюють внутрішній двір-колодязь.

У П-подібних планах багатосекційних будинків лише один тип.

Декілька варіантів виявлено у планах складної конфігурації.

На початку XX століття найбільшого поширення в Києві набули односекційні будинки з Т-подібними планами і з планами складної конфігурації. Найбільшого поширення серед багатосекційних будинків набули Г-подібні плани і плани складної конфігурації.

Згідно запропонованої В. Ясієвичем класифікації до односекційних будинків з трьома несучими стінами і несучими конструкціями стін сходової

клітки належать будинки з Т-подібними планами, з прямокутними планами і з планами складної конфігурації. Багатосекційні київські будинки Києва доби модерну зазвичай були двосекційними з двома квартирами на поверсі кожної секції. Багатосекційні будинки, хоча й були найчастіше зведені на кутових ділянках, проте могли знаходитись і по фронту вулиці. В добу модерну поширився і тип П-подібного в плані багатосекційного будинку з двором-курдонером. Найвідомішими прикладами багатосекційних будинків з планами складної конфігурації були будинок Мороза на вул. Володимирській, 61/11 і будинок Гінзбурга на вул. Інститутській, 4 (не зберігся).

Основна відмінність київських будинків модерну від будинків модерну засновника стилю Віктора Орта полягала в інших підходах до композиційно-типологічного рішення. У Орта це приватні мало- і середньоповерхові будинки, в Києві – прибуткові будинки. Це основна причина, чому в Києві, як і в інших містах України, модерн став «фасадним» стилем без проявів в перетіканні просторів і єдності зовнішнього і внутрішнього просторів. Функція прибуткового будинку докорінно відрізняється від приватного особняка, тому принципи проєктування таких об’єктів докорінно відрізняються. У прибутковій забудові основою стає максимальний прибуток як з ділянки шляхом ущільнення забудови, так і з будинку шляхом збільшення поверховості чи добудови додаткових частин, так званих «глаголів».

Планування поверхів відрізнялося навіть в межах одного будинку. В основному в прибуткових будинках були середньогабаритні та великогабаритні квартири, розраховані на заможних постояльців. Водночас у підвальних і напівпідвальних приміщеннях, крім пральні і технічних приміщень, могли бути квартири для бідних верств населення – так само, як в горищних та на верхніх поверхах. Такі квартири часто винаймали також студенти. Натомість квартири з другого до третього поверхів були найдорожчими, часто один з цих поверхів займав сам домовласник з родиною.

І тут ми підходимо до питання впливу таких композиційно-типологічних особливостей прибуткового житла Києва на художньо-декоративне оздоблення фасадів та інтер’єрів.

Існувала кардинальна відмінність у зовнішньому вигляді і архітектурному рівні головного фасаду та бічних та дворових. Головний фасад, який виходив на вулицю, мав багато ліпного або цегляного декору (Рис.3). Бічні фасади, які виходили на сусідні ділянки, за тогочасними будівельними вимогами мали бути або взагалі глухими, або з непрозорими малими вікнами. До дворових фасадів, так само як і до дворових флігелів, не висувались такі вимоги, як до головних фасадів, тому вони мали мало естетичний характер і не прикрашались декором.

Вважалось, що дворовим входом і «чорними» сходами користується тільки прислуга.

Рис. 3. Головний фасад будинку на вул. Кузнечній, 14. З фондів Ю. Івашко

Натомість головні фасади максимально декорувалися, що було притаманно і прибутковим будинкам в стилі історизму, модерну, псевдоготики та неоготики (Рис. 4, 5).

Рис. 4. Головний фасад будинку Верле по вул. Трьохсвятительській.
Прорис Ю. Івашко за архівним кресленням [7]

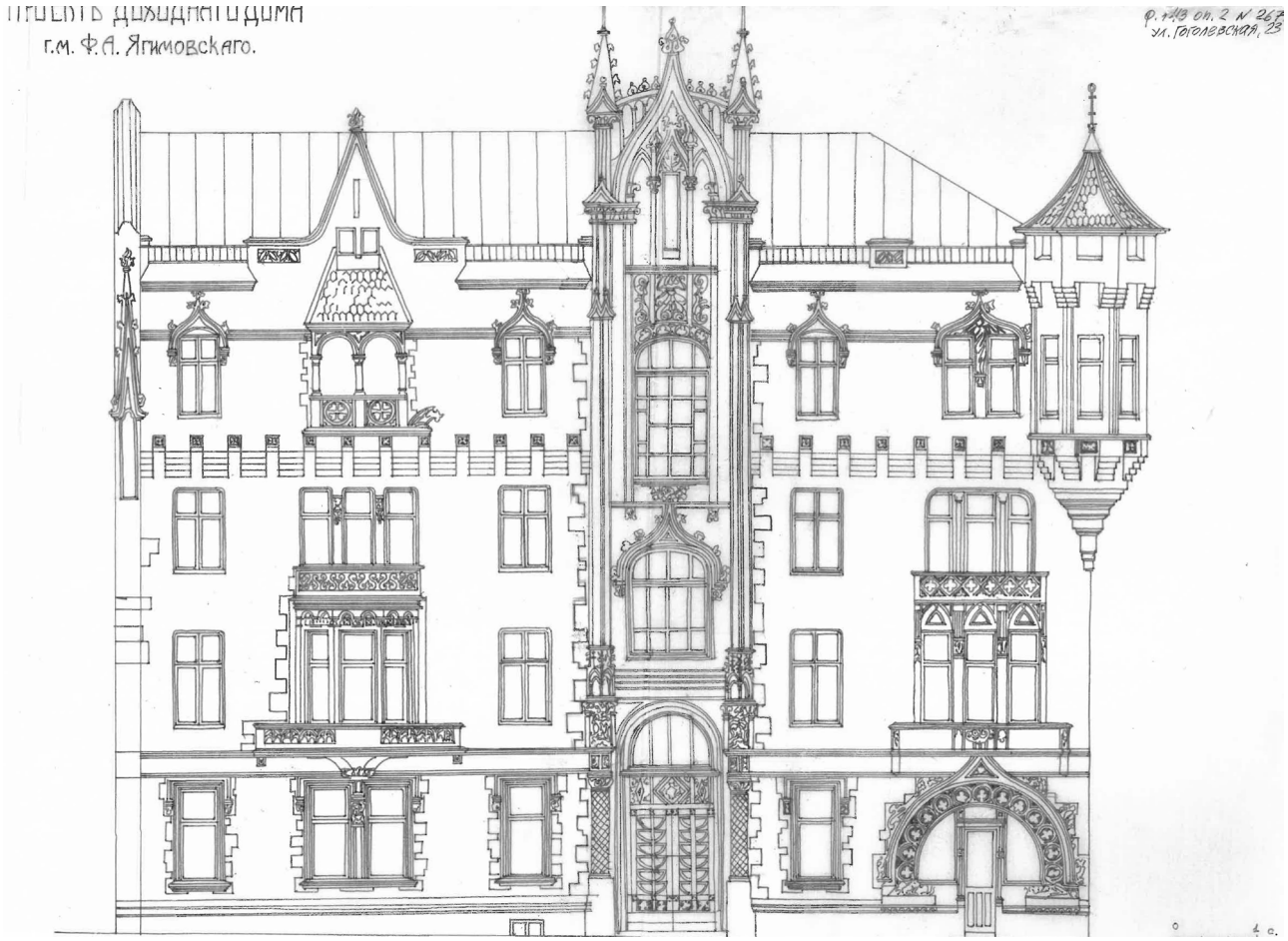


Рис. 5. Головний фасад будинку Ягимовського на вул. Гоголівській, 23.
Прорис Ю. Івашко за архівним кресленням [8]

Вестибюль «парадних» сходів зазвичай пишно прикрашався. Підлога була вкрита керамічною плиткою з малюнком, стіни і стелі прикрашали ліпні «дзеркала», у вестибюлі дому Мороза був камін зі скульптурою дівчини зі світильником. Сходи були мармурові або гранітні, з вишуканими огорожами. Так само прикрашалися ліпним декором стіни і стелі дорогих квартир.

Натомість «чорні» сходи, так само, як і бідні квартири взагалі, були не декоровані.

Висновки.

Аналіз особливостей розпланування колишніх прибуткових будинків свідчить, що проблеми, які виникають зараз при їх використанні, були закладені ще на етапі їх будівництва. Зокрема, це:

– неоднакові вимоги до чільного фасаду і дворової забудови;
– анфіладне планування;
– неестетичний дворовий фасад і флігелі;
– «двори-колодязі» без інсоляції;

– дерев'яні міжповерхові і горищні перекриття;

– застарілі інженерні мережі;

– відсутність доступності для маломобільних груп населення;

– відсутність паркінгів, стоянок, а в умовах війни – укриттів.

Окрема проблема пов'язана зі збереженням художнього оздоблення інтер'єрів. Оскільки більшість прибуткових будинків зберегли первісну житлову функцію і квартири знаходяться в приватній власності, мешканці змінюють стиль кімнат на більш сучасний. Отже, якщо колишні квартири не займає культурно-мистецька інституція (як театр «Сузір'я» на Ярославовому Валу в колишній квартирі домовласника Л. Родзянка), шансів на збереження первісних інтер'єрів майже немає.

Насамперед необхідно удосконалити пам'яткоохоронне законодавство і визначити, що саме в об'єкті є предметом охорони і що саме в садибі треба зберігати. Застарілі інженерні мережі необхідно замінити. На місці малоцінних дворових споруд можна влаштувати паркінг і укриття. Також необхідно продумати механізми, як зацікавити власників зберігати свій об'єкт в первісному вигляді, якщо це будинок з унікальними інтер'єрами. Наприклад, в Німеччині, в місті Нордлінген, де кожний житловий будинок є унікальною пам'яткою середньовіччя, ті власники, які дбають про збереження автентичного вигляду свого будинку, сплачують менше податків, то того ж, проводиться конкурс на краще збереження автентичного вигляду будинку і переможці отримують пільги і фінансову винагороду.

Список літератури:

1. Івашко Ю. Будинки Києва з елементами готики (дослідження історії та архітектури). К.: Гопак, 2004. 144 с.

2. Івашко Ю. Модерн в архітектурі Києва. К.: Гопак, 2007. 240 с.

3. Івашко Ю. Будинки Києва в стилі модерн (дослідження історії та архітектури). К.: Гопак, 2006. 168 с.

4. Ясиевич В.Е. Архитектура Украины на рубеже XIX-XX веков. К.: Будівельник, 1988. 184 с.

5. Dyomin M., Ivashko Y. Stylistic Specifics of the Historical Development of the Secession Era (The Experience of Poltava). *Wiadomości Konserwatorskie – Journal of Heritage Conservation,* 2020. No. 62, P. 79–84. DOI: 10.48234/WK62POLTAVA.

6. Dyomin M., Ivashko Y., Ivashko O., Kuśnierz K., Kuzmenko T. (2021). Development Trends and Problems of Large Ukrainian Historical Cities in the Twentieth and Twenty-First Century: Case Study of Urban Tendencies and Problems of Revitalization of an Industrial District. *Wiadomości Konserwatorskie – Journal of Heritage Conservation*, 2021. No. 65. P. 26-36. DOI: 10.48234/WK65TRENDS.

7. Державний архів м. Києва. Ф.163 оп.41 № 928

8. Державний архів м. Києва. Ф.143 оп.2 № 2678

9. Ivashko Y., Dmytrenko A., Paprzyca K., Krupa M., Kozłowski T. Problems of Historical Cities Heritage Preservation: Chernihiv Art Nouveau Buildings. *International Journal of Conservation Science,* 2020. Vol. 11, iss. 4. P. 953–964.

10. Ivashko Y., Pabich M., Toporkov V., Kravchuk O., Bigaj P. Problems of Repurposing the Monuments of Residential Architecture for Cultural and Artistic Function. *International Journal of Conservation Science,* 2025. Vol. 16, iss. 2. P. 947–964. DOI:10.36868/IJCS.2025.02.13.

11. Kuśnierz-Krupa D., Kobylarczyk J., Malczewska J., Ivashko Y., Lisińska-Kuśnierz M. Qualitative Analysis of Architectural Education in the Protection of a Historic City. *Wiadomości Konserwatorskie – Journal of Heritage Conservation,* 2021. No. 65. P. 20–25. DOI: 10.48234/WK65PROTECTION.

12. Orlenko M. Methodology of studying the architectural construction systems of objects of conservation. *European Journal of Technical and Natural Sciences,* 2017. No. 4. P. 6–8. DOI: 10.20534/EJTNS-17-4-6-8.

13. Orlenko M. The system approach as a means of restoration activity effectiveness. *Wiadomości Konserwatorskie – Journal of Heritage Conservation,* 2019. No. 57. P. 96–105. DOI: 10.17425/WK57APPROACH.

14. Orlenko M., Ivashko Y. The concept of art and works of art in the theory of art and in the restoration industry. *Art Inquiry. Recherches sur les arts,* 2019. Vol. XXI. P.171–190. DOI: 10.26485/AI/2019/21/12.

15. Orlenko M., Ivashko Y., Kuśnierz-Krupa D., Kobylarczyk J., Ivashko O. Conservation of the residential and public architecture of the 19th – early 20th centuries (on the examples of Kyiv and Cracow). *International Journal of Conservation Science,* 2021. Vol. 12, iss. 2. P. 507–528.

Dr. of Science, Professor **Ivashko Yulia,**
PhD, Associate Professor **Ivashko Oleksandr**,
Kyiv National University of Construction and Architecture,
PhD, Associate Professor **Dmytrenko Andrii,**
National University "Yuri Kondratyuk Poltava Polytechnic",
Dr. of Science, Professor **Krupa Michał,**
Cracow University of Technology, Poland

COMPOSITION-TYPOLOGICAL FEATURES OF TENEMENT HOUSES IN KYIV AND THEIR INFLUENCE ON ARTISTIC-DECORATIVE DECORATION

The compositional and typological features of Kyiv tenement houses at the turn of the 19th and 20th centuries have been studied. The types of plans of single-section and multi-section buildings have been systematized. The influence of a specific

planning structure on the artistic decoration of interiors has been argued. The discrepancy between the elegant main facade and the courtyard and side facades has been determined. A list of problems that arise when using such buildings for housing has now been indicated. The purpose of the publication is to analyze the compositional and typological features of tenement houses and their influence on artistic and decorative decoration.

The relevance of the study lies in the need to determine the root causes of the contrast between historical and modern buildings in Kyiv, the influence of compositional and typological features on the decoration of facades and interiors, and to propose possible solutions to the problem. The objectives of the study are as follows:

– to investigate the compositional features and types of tenement houses plans in Kyiv of the late 19th and early 20th centuries;

– to analyze their influence on the design of facades and interiors;

– to determine the inconsistency of historical apartment buildings with modern housing standards;

– to investigate the current problems of using former apartment buildings;

– to suggest possible solutions to the problem.

First of all, it is necessary to improve the legislation on monument protection and determine what exactly is protected in a property. Outdated utility networks need to be replaced. Parking and shelters can be built on the site of low-value yard structures. It is also necessary to think over mechanisms to interest owners in preserving their property in its original form, if it is a house with unique interiors.

Keywords: compositional and typological features; tenement houses; Kyiv; influence; artistic and decorative decoration.

REFERENCES

1. Ivashko, Y. (2004). Buildings of Kyiv with Gothic elements (study of history and architecture) [Budynky Kyieva z elementamy hotyky (doslidzhennia istorii ta arkhitektury)]. Kyiv: Hopak. {In Ukrainian}

2. Ivashko Y. Art Nouveau in the architecture of Kyiv [Modern v arkhitekturi Kyieva]. K.: Hopak, 2007. {In Ukrainian}

3. Ivashko Y. (2006). Kyiv buildings in the Art Nouveau style (study of history and architecture) {Budynky Kyieva v styli modern (doslidzhennia istorii ta arkhitektury)]. K.: Hopak. {In Ukrainian}

4. Yasiyevich V.Ye. Architecture of Ukraine at the turn of the XIX-XX centuries [Arkhitektura Ukrainy na rubezhe XIX-XX vekov]. K.: Budível'nik, 1988. {In Russian}

5. Dyomin M., Ivashko Y. (2020). Stylistic Specifics of the Historical Development of the Secession Era (The Experience of Poltava). *Wiadomości Konserwatorskie – Journal of Heritage Conservation, 62,* 79-84. DOI: 10.48234/WK62POLTAVA. {In English}

6. Dyomin M., Ivashko Y., Ivashko O., Kuśnierz K., Kuzmenko T. (2021). Development Trends and Problems of Large Ukrainian Historical Cities in the Twentieth and Twenty-First Century: Case Study of Urban Tendencies and Problems of Revitalization of an Industrial District. *Wiadomości Konserwatorskie – Journal of Heritage Conservation, 65,* 26-36. DOI: 10.48234/WK65TRENDS. {In English}

7. State Archives of Kyiv. [Derzhavnyi Arkhiv m. Kyieva]. Fund 163, description 41, No. 928. {in Russian}

8. State Archives of Kyiv. [Derzhavnyi Arkhiv m. Kyieva]. Fund 143, description 2, No. 2678. {in Russian}

9. Ivashko Y., Dmytrenko A., Paprzyca K., Krupa M., Kozłowski T. (2020). Problems of Historical Cities Heritage Preservation: Chernihiv Art Nouveau Buildings. *International Journal of Conservation Science, 11*(4), 953-964. {In English}

10. Ivashko Y., Pabich M., Toporkov V., Kravchuk O., Bigaj P. (2025). Problems of Repurposing the Monuments of Residential Architecture for Cultural and Artistic Function. *International Journal of Conservation Science, 16*(2), 947-964. DOI: 10.36868/IJCS.2025.02.13. {In English}

11. Kuśnierz-Krupa D., Kobylarczyk J., Malczewska J., Ivashko Y., Lisińska-Kuśnierz M. (2021). Qualitative Analysis of Architectural Education in the Protection of a Historic City, *Wiadomości Konserwatorskie – Journal of Heritage Conservation, 65*, 20-25. DOI: 10.48234/WK65PROTECTION. {In English}

12. Orlenko M. (2017). Methodology of studying the architectural construction systems of objects of conservation. *European Journal of Technical and Natural Sciences, 4,* 6-8, DOI: 10.20534/EJTNS-17-4-6-8. {In English}

13. Orlenko M. (2019). The system approach as a means of restoration activity effectiveness, *Wiadomości Konserwatorskie – Journal of Heritage Conservation, 57*, 96-105. DOI: 10.17425/WK57APPROACH. {In English}

14. Orlenko M., Ivashko Y. (2019). *The concept of art and works of art in the theory of art and in the restoration industry, Art Inquiry. Recherches sur les arts, XXI,* 171-190. DOI: 10.26485/AI/2019/21/12. {In English}

15. Orlenko M., Ivashko Y., Kuśnierz-Krupa D., Kobylarczyk J., Ivashko O. (2021). Conservation of the residential and public architecture of the 19th – early 20th centuries (on the examples of Kyiv and Cracow*)*. *International Journal of Conservation Science, 12(2),* 507-528. {In English}

DOI: 10.32347/2076-815X.2026.92.198-207
УДК: 73/76.08]-043.5:001.891.3

Карпов Є.Є.,
ribakarp@ukr.net, ORCID: 0000-0002-7306-4422,
Пластара О.П.,
plastara76@gmail.com, ORCID:0009-0004-5382-2590,
Київський національний університет будівництва і архітектури

ТВОРИ МИСТЕЦТВА В АРХІТЕКТУРНОМУ ПРОСТОРІ (СКУЛЬПТУРА, ГРАФІКА, ЖИВОПИС)

Сучасна архітектура зумовлює нові прийоми використання творів мистецтва в архітектурному просторі. Попри зменшення ролі декору в формуванні образу сучасної архітектури, твори мистецтва так само виконують роль акцентів, правда, іноді в іншому контексті. Це може бути традиційна монументальна скульптура, барельєфи, камерна скульптура, графічні і живописні твори і інсталяції. На прикладі скульптури в містах Польщі проаналізовано підходи до використання скульптури в міському просторі. На прикладі авторських реалізованих мистецьких проектів досліджено взаємодію твору мистецтва і архітектури.

Ключові слова: твори мистецтва; архітектурний простір; скульптура; графіка, живопис

Постановка проблеми. На відміну від стилістичних особливостей сучасної архітектури твори мистецтва в архітектурному просторі досліджуються менше, як доповнення до архітектури. Водночас, як свідчить світовий досвід, скульптура, графічні і живописні твори використовуються в ролі акцентів. При цьому стиль твору мистецтва може бути співзвучний стилю архітектурного об’єкту (як, наприклад, скульптури біля музею Manggha в Кракові), відповідати стилю об’єкту або носити камерний, іноді навіть жартівливий характер (Рис.1). Як свідчить досвід Варшави, Лодзі, Кракова, Вроцлава, сьогодні набуває поширення невелика камерна скульптура, яка наче «грає» з глядачем. Ви йдете по вулиці і випадково натрапляєте на смішні фігурки вроцлавських гномів або Міша Вухатка (Рис.2), прогулюєтесь по сучасному торговому центру і «наштовхуєтесь» на фантастичних звірів, зібраних з металевих деталей (Рис.3).

Рис.1. Гном біля цоколя будинку в Лодзі. Фото Ю.Івашко, 2024.

Рис.2. Скульптура символа Лодзі – Міша Вухатка на Піотрковській.
Фото Ю.Івашко, 2025.

Рис.3. Технозвір в торговельному центрі «Електровня-Повішлє». Фото Ю.Івашко, 2023.

Як видно на прикладах сучасної міської скульптури (ми навмисно оминаємо увагою традиційну монументальну скульптуру), набула поширення традиція камерної скульптури невеликого розміру, виконаної з різних матеріалів – як дорогих (бронза), так і допоміжних (металеві частини, шестерні, датчики і т.д.). Часто на мистецьку атракцію перетворюють навіть відреставроване промислове обладнання.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Була опрацьована джерельна база за такими напрямками:

- публікації на тему мистецтва і мистецтвознавства [1,2,10];
- публікації, які висвітлюють специфіку сучасної галерейної і виставкової діяльності [3-10].

Метою публікації є дослідження творів мистецтва в архітектурному просторі (скульптура, графіка, живопис).

Актуальність дослідження заключається в дослідженні прийомів розташування творів мистецтва в архітектурному просторі на прикладах Польщі і авторських робіт, реалізованих в Україні.

Задачі дослідження полягають в наступному:

- визначити прийоми розташування сучасних творів мистецтва в архітектурному просторі міст Польщі;
- проаналізувати прийоми розташування авторських творів мистецтва в архітектурних просторах.

Наукова новизна дослідження полягає в аналізі прийомів розміщення творів мистецтва в архітектурному просторі.

Основна частина. Твори мистецтва як акцент архітектурного простору.

Сучасний архітектурний простір тяжіє до технологічності і модернізованих форм. Попри те, що кількість декору і творів мистецтва в архітектурному просторі є меншою у порівнянні з попередніми віками, є помилковим вважати, що твори мистецтва поступово зникають у сучасному архітектурному просторі. Сьогодні можливі різні способи використання творів мистецтва в архітектурному просторі. Розглянемо це на конкретних прикладах реалізованих авторських проєктів.

Перша група творів – це монументальне мистецтво в архітектурному середовищі.

Рис.4. Пам'ятник Андрію Первозванному в с. Ковалівка Київська обл. 2008р. Бронза, камінь. Автор Є. Карпов.

Монументальна скульптура – це один з найдавніших видів скульптури, відомої від часів Давнього Єгипту. Цей вид скульптури застосовувався в багатьох цивілізаціях на різних історичних періодах і до сьогодні. В якості прикладу авторської монументальної скульптури можна навести пам’ятник святому Андрію Первозванному в с, Ковалівка. Пам’ятник є центром трьох частинної композиції з трьох архітектурних об’ємів. Ці архітектурні форми є алюзією до форм українського козацького бароко, що особливо відчувається в завершенні центрального об’єму з волютами. Центральну частину з двох боків обрамовують малі форми-альтанки, завершені маківками з хрестами. Вся композиція побудована на поєднанні простих не декорованих цегляних стін і акцентних творів мистецтва – фігури св. Андрія Первозванного в ніші і ікон, які її обрамовують.

Другий вид скульптури – це релігійна скульптура. Якщо в католицтві традиція декорування фасадів і інтер'єрів була поширеною, в православних церквах традиційно її місце займали стінописи і високоярусні іконостаси. Втім, в сучасних церквах можна знайти приклади використання камерної скульптури в поєднанні з живописом (Рис.5).

Рис.5. Скульптури архангелів в церкві с. Буки Київської обл. 2007 р. Бронза, камінь. Автор Є.Карпов.

Третій вид скульптури – камерна скульптура в громадському просторі. Як правило, це скульптура невеликого розміру, спів масштабна інтер'єру, розрахована на сприйняття зблизька, тому досить деталізована (Рис.6).

Рис.6. Майстер і Маргарита. Скульптура в громадському просторі с. Конча-Заспа. 2020 р. Полімер. Автор Є. Карпов.

Четвертий вид скульптури, про який вже було сказано у вступі – це модерністська скульптура, яка поєднує відомі образи і сучасне його трактування. Такий прийом було застосовано і в колекції «технозвірів» в торговельному центрі «Варшава-Повішлє», коли в нетрадиційному матеріалі створюють непрямі алюзії до образів звірів. Наприклад, такими відомими всім темами є тема показу мод і тема карнавалу у Венеції. Попри те, що ці теми неодноразово зображувались різними мистецькими засобами, вони є навіть в кіно, сучасність відкриває нові трактування образів шляхом поєднання нетрадиційного для них матеріалу (бронза) і умовності, певної схематизації образів (рис.7,8).

Рис.7. Серія «Від кутюр». 2015 рік. Бронза. Автор Є. Карпов.

Рис.8. Серія «Венеційський карнавал». 2020 р. Бронза. Автор Є. Карпов.

В цих скульптурах присутні ознаки, які були відмічені в сучасних польських камерних скульптурах, а саме втілення певного образу в незвичному матеріалі і з певним схематизмом. Серія «Від кутюр» - це фігури струнких жіночих фігур з світлої бронзи. Важливим для передачі сюжету стає підкреслено струнка фігура жінки, однак без обличчя. Так передається узагальнений, позбавлений особистих рис, образ манекенниці, де найважливішим є фізичні параметри.

Нестандартну трактовку отримує образ Венеційського карнавалу. Людські фігури прикривають обличчя химерними масками, вигинаються в неприродних позах. Це створює ефект гротеску і підсвідомо – якоїсь тривоги.

Висновки

Аналіз прийомів розташування творів мистецтва в архітектурному просторі довів, що вони продовжують відігравати важливу роль в підкресленні архітектурних властивостей об’єкта. Поряд з такими традиційними видами скульптури, як монументальна скульптура, широко застосовується камерна скульптура – як на відкритих просторах, так і в інтер’єрі.

Якщо говорити про сучасні виставкові і галерейні простори, то там експозиції часто поєднують скульптуру, графіку, живопис, інсталяції, перетворюючись таким чином на складне мультикультурне явище.

В поєднанні з сучасними модерністськими архітектурними формами найчастіше застосовують співзвучні їм модерністські мистецькі твори. Основна особливість сучасного мистецтва – чи то графіки, чи живопису, чи скульптури, чи декоративного мистецтва – це складна образність, коли в одному і тому ж творі митець і глядачі бачать кожен своє (Рис. 9).

Рис.9. Композиція з адроміскусом і ніч. 2018 р. Авторка О. Пластара.

В світі твори мистецтва часто стають туристичною атракцією і символом національної ідентичності, як-то Варшавська Серенка, Вавельський Смок чи Міш Вухатек в Лодзі. Сьогодні в Україні переосмислюються основи української національної ідентичності, і можна спрогнозувати, що це знайде вираження в сучасній українській скульптурі, графіці і живописі. Ці процеси активізуються в тому числі і під впливом розвитку арт-терапії і залучення до творчості ветеранів, членів родин загиблих, людей з обмеженими можливостями. Як свідчить досвід Польщі, музеї давно практикують проведення лікувальних занять скульптурою і живописом для пацієнтів, які перебувають на лікуванні.

Список літератури

1. Gryglewski P., Ivashko Y., Chernyshev D., Chang P., Dmytrenko A. Art as a message realized through various means of artistic expression. *Art Inquiry. Recherches sur les arts*, 2020. Vol. XXII. P. 57– 88. DOI: 10.26485/AI/2020/22/4

2. Ivashko Y., Remizova O., Dmytrenko A. The Avant-Garde of the 1920's and the Deconstructivism of Today: The Logic of Inheritance. *Defining the architectural space*, 2022. Pp. 43-55.

3. Ivashko Y., Pawlowska A., Kusnierz-Krupa D., Dmytrenko A. Problems of replacing museum exhibitions during the Russian-Ukrainian war. *Museologica Brunensia*, 2024. Vol. 13, No. 2. P. 38–45. DOI:10.5817/MuB2024-2-4

4. Ivashko Y., Pawlowska A. Transformations of Exhibitions in War-Affected Ukraine: Perspectives on Art-Driven Inclusion and Socialization. *Muzeológia a* kultúrne *dedičstvo*, 2025. Vol. 13, No. 2. P. 43–63. DOI: 10.46284/mkd.2025.13.2.3

5. Ivashko Y., Pabich M., Toporkov V., Kravchuk O., Bigaj P. Problems of Repurposing the Monuments of Residential Architecture for Cultural and Artistic Function. *International Journal of Conservation Science*, 2025. Vol. 16, issue 2. P. 947-964. DOI: 10. 36868/IJCS.2025.02.13

6. Jagošová L. Emotions in museum education. Potential for the development of a relationship to cultural and historical heritage. *Museologica Brunensia*, 2020. Vol. 9, No. 2. P. 10–16. DOI:10.5817/MuB2020-2-2

7. Jagošová L. Professional standards in museum pedagogy in the international context. *Muzeológia a kultúrne dedičstvo,* 2020. Vol. 8, No. 4. P. 35–47. DOI:10.46284/mkd.2020.8.4.3

8. Żychowska M., Sandu I., Ivashko Y., Dmytrenko A., Ivashko O., Morklyanyk O. Style as a Reflection of Ideology of the Authorities . *Art Inquiry. Recherches sur les arts*, 2022. Vol.XXIV. P..273 -297. DOI:10.26485/AI/2022/24/16

9. Muzeum Sztuki i Techniki Japońskiej Manggha. URL: https://manggha.pl/ (дата звернення 20.09.2025)

10. Pomnik Smoka. URL: https://krakow.travel/22445-krakow-pomnik-smoka (дата звернення 20.09.2025)

Senior Lecturer **Yevhen Karpov**,
Lecturer **Oksana Plastara**,
Kyiv National University of Construction and Architecture

WORKS OF ART IN ARCHITECTURAL SPACE (SCULPTURE, GRAPHICS, PAINTING)

Modern architecture dictates new methods of using works of art in architectural space. Despite the decreasing role of decor in shaping the image of modern architecture, works of art still play the role of accents, although sometimes in a different context. This can be traditional monumental sculpture, bas-reliefs, chamber sculpture, graphic and pictorial works and installations. Using the example of sculpture in Polish cities, approaches to the use of sculpture in urban space are analyzed.

The interaction between a work of art and architecture is studied using the example of the author's implemented art projects.

Analysis of the techniques for arranging works of art in architectural space has proven that they continue to play an important role in emphasizing the architectural properties of an object.

Along with traditional types of sculpture such as monumental sculpture, chamber sculpture is widely used – both in open spaces and in interiors.

If we talk about modern exhibition and gallery spaces, then their expositions often combine sculpture, graphics, painting, and installations, thus turning into a complex multicultural phenomenon.

Today, the foundations of Ukrainian national identity are being rethought in Ukraine, and it can be predicted that this will find expression in modern Ukrainian sculpture, graphics, and painting.

These processes are also being activated under the influence of the development of art therapy and the involvement of veterans, family members of the deceased, and people with disabilities in creativity. As the experience of Poland shows, museums have long practiced conducting therapeutic classes in sculpture and painting for patients undergoing treatment.

Keywords: works of art; architectural space; sculpture; graphics; painting

REFERENCES

1. Gryglewski P., Ivashko Y., Chernyshev D., Chang P., Dmytrenko A. (2020). Art as a message realized through various means of artistic expression. *Art Inquiry. Recherches sur les arts*, *XXII,* 57-88. DOI: 10.26485/AI/2020/22/4 {in English}

2. Ivashko Y., Remizova O., Dmytrenko A. (2022). The Avant-Garde of the 1920's and the Deconstructivism of Today: The Logic of Inheritance. *Defining the architectural space*, 43-55. (in English)

3. Ivashko Y., Pawlowska A., Kusnierz-Krupa D., Dmytrenko A. (2024). Problems of replacing museum exhibitions during the Russian-Ukrainian war. *Museologica Brunensia*, *13*(2), 38-45. DOI:10.5817/MuB2024-2-4 {in English}

4. Ivashko Y., Pawlowska A. (2025). Transformations of Exhibitions in War-Affected Ukraine: 2024 Perspectives on Art-Driven Inclusion and Socialization. *Muzeológia a* kultúrne *dedičstvo*, *13*(2), 43-63. DOI: 10.46284/mkd.2025.13.2.3 {in English} DOI: 10.46284/mkd.2025.13.2.3

5. Ivashko Y., Pabich M., Toporkov V., Kravchuk O., Bigaj P. (2025). Problems of Repurposing the Monuments of Residential Architecture for Cultural and Artistic Function. *International Journal of Conservation Science*,16 (2), 947-964. {in English} DOI: 10. 36868/IJCS.2025.02.13

6. Jagošová L. (2020). Emotions in museum education. Potential for the development of a relationship to cultural and historical heritage. *Museologica Brunensia*, *9*(2), 10-16. DOI: 10.5817/MuB2020-2-2 {in English}

7. Jagošová L. (2020). Professional standards in museum pedagogy in the international context. *Muzeológia a kultúrne dedičstvo, 8*(4), 35-47. DOI:10.46284/mkd.2020.8.4.3 {in English}

8. Żychowska M., Sandu I., Ivashko Y., Dmytrenko A., Ivashko O., Morklyanyk O. (2022). Style as a Reflection of Ideology of the Authorities . *Art Inquiry. Recherches sur les arts*, *XXIV*. P..273-297. {in English} DOI:10.26485/AI/2022/24/16

9. Muzeum Sztuki i Techniki Japońskiej Manggha. Retrieved September 20, 2025, from https://manggha.pl/. {in Polish}

10. Pomnik Smoka. Retrieved September 20, 2025, from https://krakow.travel/22445-krakow-pomnik-smoka. {in Polish}

DOI: 10.32347/2076-815X.2026.92.208-220
УДК 711.4

Купін В.В.,
Vladislav.Kupin@kname.edu.ua ORCID: 0009-0005-7101-0286,
д. арх., професор **Древаль І.В.,**
dreval3000@gmail.com, ORCID: 0000-0002-8157-1467, H-index 7,
Харківський національний університет
міського господарства ім. ОМ. Бекетова

КЛАСИФІКАЦІЯ СУЧАСНИХ БАГАТОФУНКЦІОНАЛЬНИХ ЖИТЛОВИХ КОМПЛЕКСІВ

Розглянуто питання визначення та систематизації ключових особливостей сучасних багатофункціональних житлових комплексів за функціональним наповненням, просторово-планувальною організацією та рівнем соціально-просторової інтеграції до міського середовища. В роботі представлено опрацювання класифікації досліджуваних об'єктів за даними ознаками. Дослідження включає: визначення головних класифікаційних ознак багатофункціональних житлових комплексів; аналіз їх основних характеристик за визначеними ознаками; розробка графічної моделі класифікації досліджуваного об'єкту.

Ключові слова: містобудування; сталий розвиток; міське середовище; функціональні; структурно-планувальні; соціально-просторової ознаки.

Постановка проблеми. Одним із викликів сучасного етапу розвитку цивілізації є стрімке зростання міського населення [1] в умовах змін форм організації міського життя [2], що потребує нових підходів до формування міського середовища, в тому числі житлового [3]. На це звертається увага в міжнародних і державних документах що ґрунтуються на положеннях концепції сталого розвитку, які втілені в її глобальних цілях в тому числі і в Україні [4, 5].

Урбанізаційні виклики XXI століття, зростання щільності забудови та ускладнення структури міського середовища зумовлюють потребу в нових підходах до формування житлових утворень [6, 7]. У сучасній практиці міської забудови багатофункціональні житлові комплекси (БФЖК) дедалі частіше набувають ознак локально самодостатніх урбанізованих структур, у межах яких поєднуються житлова, громадська, комерційна та рекреаційна функції [8, 9, 10, 11]. В даній роботі вони розглядаються як складні архітектурно-містобудівні об'єкти, що є сучасною формою організації житлового середовища міста. Їх структура дозволяє найбільш повно реалізувати потреби людини в організації

побуту сім'ї, а також інші важливі потреби [6,12]. Велике різноманіття цих об'єктів, що з'явилися в останні десятиріччя в Україні та зарубіжжі, потребує їх упорядкування за ознаками особливостей структурно-функціональної, просторово-планувальної та композиційної організації [13,14]. Тому дослідження БФЖК в контексті упорядкування їх різноманіття за визначеними класифікаційними ознаками стане внеском у їх подальший розвиток та ефективне застосування.

Таким чином, актуальність даного дослідження зумовлена необхідністю систематизації сучасних БФЖК за їх архітектурно-містобудівними характеристиками для вдосконалення підходів до їх проєктування в умовах ущільнення міської тканини та повоєнного відновлення України на засадах сталого розвитку.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Проблематика формування БФЖК посідає важливе місце в сучасних дослідженнях з архітектури, містобудування та урбаністики. Так, у працях Л.М. Безлюбченко розглянуто сучасні тенденції житлового будівництва та підходи до формування житлового середовища [6]. У роботі Б.О. Приступлюка простежено еволюцію концепцій багатофункціональних житлових будівель від модерністських моделей до сучасних гібридних структур [13]. У навчальному виданні O. Tyshkevych та A. Dmytrenko багатофункціональні комплекси досліджено з позицій архітектурно-планувальної організації та функціонального наповнення [14]. Важливе значення для осмислення сучасних БФЖК мають також праці C. Moreno та співавторів, де обґрунтовується концепція «15-хвилинного міста» [8], J. Gehl, який акцентує увагу на людському масштабі міського середовища та ролі публічних просторів [9], J. Jacobs, яка підкреслює значення функціональної змішаності та активного першого поверху [10], а також K.M. Leyden, у дослідженні якого доведено зв'язок між пішохідною доступністю середовища та рівнем соціального капіталу [15]. Окремі аспекти соціально-просторової організації міського способу життя розглянуто у працях І.В. Гукалової та Н.В. Омельченко [2]. Питання інклюзивності та гендерно-чутливого підходу до міського простору розкрито у праці L. Kern [12]. Водночас аналіз наукових джерел свідчить, що недостатньо розкритими залишаються питання комплексної класифікації сучасних БФЖК за функціональним наповненням, просторово-планувальною організацією та рівнем соціально-просторової інтеграції.

Мета та методика дослідження. Метою статті є визначення та систематизація ключових особливостей сучасних БФЖК за функціональним наповненням, просторово-планувальною організацією та рівнем соціально-просторової інтеграції.

Методика дослідження ґрунтується на типологічному, порівняльному та структурно-функціональному аналізі сучасних БФЖК. Для збору необхідної інформації використано методи спостереження, порівняння, іконографічного аналізу. Саме визначальні ознаки обрано як базові, оскільки вони найбільш повно відображають містобудівну, архітектурно-планувальну та соціальну специфіку цих об’єктів [6, 7, 14]. Типологія БФЖК має багатокритеріальний характер, а їх аналіз доцільно здійснювати на перетині кількох класифікаційних зрізів.

Завдання роботи включають:

- визначення головних класифікаційних ознак досліджуваного об’єкту;
- аналіз основних характеристик БФЖК за визначеними ознаками;
- розробка графічної моделі класифікації БФЖК.

Основна частина. Для впорядкування інформації щодо архітектурно-містобудівних характеристик БФЖК доцільно використовувати такі інструменти наукового дослідження як класифікація та типологія, за допомогою яких опрацьовуються різноманітні ознаки об’єктів дослідження.

Класифікація описує структурне розчленовування об'єктів на групи. Вона несе інформацію про властивості цих об'єктів і ті підстави, на яких ці об'єкти розподіляються по класифікаційних групах. Ознаки, по яких об'єкти об'єднуються в групи, є найважливішим елементом класифікації. Визначення БФЖК певного класу передбачає встановлення таких істотних характеристик об'єктів, які є загальними для усіх складових цього класу [13]. Для даного дослідження були важливі характеристики функціональної, просторово-планувальної та соціально-просторової організації БФЖК, що і склало відповідні їх класифікації [6, 11,12].

1. Функціональна класифікація.

В якості головної ознаки об’єкту даної класифікації визначено градацію за рівнем функціональної насиченості. Відповідно до ДБН Б.2.2-12:2019 [16], багатофункціональні комплекси формуються з приміщень різного призначення з метою забезпечення повсякденних потреб населення. Спираючись на цю ознаку, сучасні БФЖК було поділено за рівнем функціональної насиченості на три групи: базові, розширеного функціонального складу та повного циклу життєзабезпечення.

Базові БФЖК — комплекси, у яких житлова функція поєднується з однією або двома супутніми функціями, переважно об’єктами побутового обслуговування та дрібної комерції, розташованими на перших поверхах. В якості прикладу такої функціональної моделі можна навести ЖК L-Квартал (м. Київ) [17] у структурі якого житлова функція поєднується з комерційними приміщеннями перших поверхів (магазини, салони, кафе), що відповідає моделі

базового БФЖК з однією-двома супутніми функціями. (рис. 1а). Комплекс репрезентує базову модель БФЖК, у якій житлова функція доповнюється локальною комерційною інфраструктурою. ЖК L-Квартал (м. Київ) — розташований у серединній частині міста, у структурі сформованої житлово-ділової забудови; висотність комплексу становить 7–25 поверхів; квартири представлені переважно у діапазоні загальної площі 40–91 м².

БФЖК розширеного функціонального складу— комплекси, що поєднують житло з торговельними, офісними, сервісними та окремими соціальними функціями, унаслідок чого об'єкт набуває ознак локального центру тяжіння в структурі. Прикладом даної функціональної моделі є ЖК Comfort Town (м. Київ), де житло поєднано з торговельно-сервісною інфраструктурою, офісними просторами, спортивними об'єктами, а також закладами освіти, зокрема дитячим садком і школою, що надає комплексу ознак локального центру тяжіння. (рис.1б). Комплекс характеризується поєднанням житлової функції з розвиненою торговельно-сервісною, освітньою та рекреаційною інфраструктурою, що надає йому ознак локального центру тяжіння в структурі району. БФЖК Comfort Town (м. Київ) розташований у серединній частині міста, у межах великого житлового масиву; висотність забудови становить 6–16 поверхів; квартири представлені переважно у діапазоні 30,17–81,56 м² [18].

БФЖК повного циклу життєзабезпечення — структури з високим рівнем функціональної складності, у межах яких формується середовище, здатне забезпечувати основні повсякденні потреби мешканців у межах єдиної території До цього типу тяжіють окремі сучасні інноваційні житлові середовища, зокрема формату UNIT.Home, що характеризуються підвищеним рівнем функціональної та просторової самодостатності [19].В якості прикладу даної функціональної моделі можна навести UNIT.Home / UNIT. City (м. Київ), де житлова забудова інтегрована в структуру інноваційного парку, що включає офісні будівлі, школу, готель та інші елементи багатофункціонального середовища, формуючи підвищений рівень функціональної й просторової самодостатності (рис.1в).

а) L-Квартал, м. Київ [17] б) Comfort Town, м. Київ [18] в) UNIT.Home м. Київ [19]

Рис.1. Різновиди БФЖК за функціональною ознакою

Комплекс характеризується поєднанням житлової функції з офісною, освітньою, готельною та громадською інфраструктурою, що формує підвищений рівень функціональної та просторової самодостатності.

UNIT.Home / UNIT.City (м. Київ) розташований у суміжній з центром частині міста, у зоні трансформації колишніх промислових територій; житлова забудова має висотність 5–25 поверхів; у відкритих плануваннях квартири представлені площею від 31,6 м².

Таким чином, функціональна класифікація БФЖК відображає перехід від мінімальної змішаності функцій до складних гібридних моделей, інтегрованих у структуру сучасного міста.

2. Просторово-планувальна класифікація.

За характером архітектурно-просторової організації сучасні БФЖК можуть бути поділені на три основні групи моделей:

- компактна структура з домінуванням вертикального просторового розподілу функцій;
- територіально-розосереджена квартальна структура;
- поліцентричну структура кластерного типу.

Вертикальне функціональне зонування передбачає поповерховий розподіл функцій у межах однієї будівлі або групи будівель. Найпоширенішою є схема, за якої стилобатна частина відводиться під громадські та комерційні функції, тоді як верхні рівні використовуються для житла. В якості прикладу даної просторово-планувальної моделі можна навести проєкт NUVO (м. Київ), у якому нижні рівні відведені під mobility hub, офісні, культурні та комерційні приміщення, а верхні — під готельні та житлові функції. (рис. 4). Проєкт репрезентує модель вертикального функціонального зонування, у якій нижні рівні формують громадсько-комерційний каркас, а верхні забезпечують розміщення житлових і готельних функцій [20].

NUVO (м. Київ) — розташований у центральній частині міста, у структурі ділового ядра; проєкт формується як mixed-use district із 5 будівель, для окремих корпусів у відкритих матеріалах фіксується висотність 10–11 поверхів; житлова функція передбачена, однак стабільний відкритий діапазон площ квартир наразі не оприлюднений.

Квартальна або територіально-розосереджена модель характеризується формуванням ансамблю окремих будівель різного призначення, об’єднаних спільною територією, системою пішохідних зв’язків, громадськими просторами та підземною інфраструктурою. Одним із показових українських прикладів такої моделі є житловий район RYBALSKY (м. Київ), створений за принципом super-blocks із середньоповерховою забудовою, бульварами, каналом, громадськими просторами та дворівневим підземним паркінгом. (рис. 5).

Житловий район RYBALSKY репрезентує квартальну модель БФЖК, у якій житлова забудова поєднується з системою публічних просторів, пішохідних зв'язків і громадської інфраструктури, формуючи цілісне середовище квартального масштабу [21]. Він розташований у при центральній прибережній частині міста; забудова переважно середньої поверховосі, близько 9 поверхів; квартири представлені переважно у діапазоні 45–194 м².

Кластерна модель являє собою поліцентричну систему з багатоядерною структурою функцій і розвиненою мережею взаємопов'язаних публічних просторів. У межах такої моделі окремі функціональні блоки інтегруються в єдине просторове середовище, що забезпечує більш високий рівень внутрішньої взаємодії та гнучкості використання території. В якості прикладу даної просторово-планувальної моделі можна навести UNIT.City / UNIT.Home (м. Київ), де на території інноваційного парку сформовано мережу площ, пішохідних вулиць, навчальних, робочих і громадських просторів, інтегрованих у єдине середовище. (рис. 2 в).

а) NUVO м. Київ [20]. б) RYBALSKY, м. Київ [21]. в) UNIT.Home (м. Київ) [19].

Рис.2. Різновиди БФЖК за просторово-планувальними ознаками

Комплекс репрезентує кластерну модель БФЖК, у якій житлові, освітні, ділові та громадські функції об'єднані в єдину поліцентричну систему з розвиненою мережею публічних просторів [19].

Отже, просторово-планувальна типологія БФЖК відображає ступінь складності організації середовища — від вертикально інтегрованих будівель до поліцентричних кластерних структур.

3. *Соціально-просторова класифікація.*

В якості головної ознаки об'єкту даної класифікації визначено ступінь соціальної відкритості комплексу, що пов'язано з інтеграцією досліджуваних об'єктів у міське середовище [9; 13; 15]. Спираючись на цю ознаку, сучасні БФЖК було поділено за рівнем соціальної відкритості на три групи:

- *закриті комплекси;*
- *частково інтегровані комплекси;*
- *активно інтегровані комплекси.*

Рівень інтеграції БФЖК у міське середовище визначається не лише режимом доступу, а й сукупністю архітектурно-просторових чинників, серед яких — характер пішохідної проникності, конфігурація периметра, наявність або відсутність фізичних бар'єрів, а також ступінь публічності перших поверхів.

Закриті комплекси — це об'єкти з обмеженою проникністю, орієнтовані переважно на внутрішнє використання території мешканцями комплексу. Прикладом даної групи житлових комплексів є ЖК «Новопечерські Липки» (м. Київ), на території якого функціонують цілодобова охорона та система контролю доступу, а внутрішня інфраструктура орієнтована переважно на мешканців комплексу [22]. Це дає підстави віднести його до закритих житлових середовищ з обмеженою проникністю та високим рівнем внутрішньої автономності (рис. 3а).

БФЖК «Новопечерські Липки» репрезентує модель закритого типу, у якій внутрішня інфраструктура та громадські простори орієнтовані переважно на мешканців, а рівень пішохідної проникності та доступу для зовнішніх користувачів є обмеженим. Цей комплекс розташований у при центральній частині міста, у структурі престижної багатофункціональної забудови; висотність будинків становить 6–30 поверхів; квартири представлені переважно у діапазоні 55–202 м².

Частково інтегровані комплекси — моделі, у яких зовнішній периметр, комерційні фасади та окремі громадські функції відкриті для міста, тоді як внутрішні рекреаційні зони зберігають приватний характер Характерним прикладом такого типу є БФЖК Comfort Town [18]. Він є прикладом частково інтегрованого комплексу, де комерційні фасади та окремі громадські функції відкриті для міста, тоді як внутрішні дворові й рекреаційні простори зберігають приватний характер.

Активно інтегровані комплекси — структури без виражених фізичних бар'єрів, де громадські простори комплексу включаються до загальноміської мережі, підвищуючи рівень соціальної інклюзії, просторової доступності та взаємодії з навколишнім середовищем. Прикладом такого типу є житловий район RYBALSKY (м. Київ), у структурі якого передбачено пішохідні вулиці, зелений бульвар, громадські простори біля води та набережну, відкриту для всіх охочих [21]. Завдяки цьому комплекс включається до загальноміської мережі публічних просторів і може бути охарактеризований як відкрито інтегрований. Цей комплекс репрезентує відкрито інтегровану модель БФЖК, у якій громадські простори, пішохідні вулиці та набережна включені до загальноміської мережі публічних просторів. Він розташований у суміжній з

центром прибережній частині міста; забудова переважно 9 поверхів; квартири представлені переважно у діапазоні 45–194 м² (рис. 3 в).

а) Новопечерські Липки, Київ [22] б) Comfort Town, Київ [18]. в) RYBALSKY, Київ [21].
Рис.3. Різновиди БФЖК за соціально-просторовими ознаками

Таким чином, соціально-просторова типологія БФЖК характеризує ступінь їх відкритості до міста та рівень інтеграції до системи публічних просторів.

Таким чином, соціально-просторова типологія БФЖК характеризує ступінь їх відкритості до міста та рівень інтеграції до системи публічних просторів.

На основі проведеної вище роботи запропоновано графічну модель класифікації БФЖК (рис.4).

Рис.4. Графічна модель класифікації БФЖК (робота авторів)

Висновки. Узагальнюючи викладене вище, можна стверджувати, що сучасний БФЖК доцільно розглядати як багатовимірний типологічний об’єкт, положення якого визначається одночасно трьома параметрами: рівнем функціональної насиченості, просторово-планувальною моделлю та ступенем соціально-просторової відкритості. Такий підхід дозволяє розглядати БФЖК не

лише як окремі архітектурні об'єкти, а як складні просторово-функціональні системи, здатні виконувати роль структурних елементів сучасного міського середовища.

Проведений аналіз дає підстави для висновку, що в сучасній практиці зростає роль БФЖК із підвищеним рівнем функціональної насиченості, просторової складності та відкритості до міського середовища.

Український досвід реалізації таких проєктів, як UNIT.Home, Rybalsky та Comfort Town, загалом узгоджується зі світовими тенденціями розвитку функціонально насичених і просторово інтегрованих урбанізованих структур.

Застосування класифікації БФЖК є важливим для вдосконалення підходів до проєктування житлового середовища в умовах повоєнного відновлення України, де пріоритетами стають функціональний баланс, соціальна інтеграція та стійкість міського простору.

Список використаних джерел:

1. Світова демографічна ситуація (коротка доповідь). 2014. URL: http: //www.un.org/en/development/desa/population/publications (дата звернення 30.03.2026)

2. Гукалова І.В., Омельченко Н.В. Ідеологія сучасної геоурбаністики: еволюція досліджень міського розвитку // Науковий вісник ХДУ. Серія: Географічні науки. 2020. №13. С. 26–33. DOI: https://doi.org/10.32999/ksu2413-7391/2020-13-3

3. What has caused the global housing crisis - and how can we fix it? The World Economic Forum. 2022. URL: https://www.weforum.org/stories/2022/06/how-to-fix-global-housing-crisis/ (дата звернення 30.03.2026)

4. Указ Президента України "Про Цілі сталого розвитку України на період до 2030 року" від 30.09.2019 № 722/2019. URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/722/2019#Text (дата звернення 30.03.2026)

5. Цілі сталого розвитку: Україна. Національна доповідь. Київ : Міністерство економічного розвитку і торгівлі України, 2017. URL: https://www.kmu.gov.ua/storage/app/sites/1/natsionalna-dopovid-csr-Ukrainy.pdf (дата звернення 30.03.2026)

6. Безлюбченко Л.М. Житлове будівництво: сучасні тенденції та підходи до проектування. Харків : ХНУМГ ім. О.М. Бекетова, 2015. 164 с.

7. Древаль І.В., Купін В. В. Багатофункціональний житловий комплекс: до питання визначення поняття // Сучасні проблеми архітектури та містобудування. 2025. Вип. 73. С. 277–286.

8. 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, No. 1. P. 93–111.

9. Gehl J. Cities for People. Washington, DC : Island Press, 2010. 288 p.

10. Jacobs J. The Death and Life of Great American Cities. New York : Vintage Books, 1993. 458 p.

11. Теплова А.В. Буравченко С.Г. Досвід формування багатофункціональних житлових комплексів // Архітектурний вісник КНУБА, 2022, № 24-25 – С. 149-156. DOI: https://doi.org/10.32347/2519-8661.2022.24-25.149-156

12. Kern L. Feminist City: Claiming Space in a Man-Made World. London : Verso, 2020. 224 p.

13.Приступлюк Б.О. Еволюція концепцій багатофункціональних житлових будівель: від модернізму до сучасності // Регіональні проблеми архітектури та містобудування. 2024. № 18. С. 179–188.

14.Tyshkevych O., Dmytrenko A. Architecture of Multifunctional Complexes : educational book. Poltava : Poltava Polytechnic, 2024. 139 p.

15. Leyden K.M. Social Capital and the Built Environment: The Importance of Walkable Neighborhoods // American Journal of Public Health. 2003. Vol. 93, No. 9. P. 1546–1551.

16. Державні будівельні норми України. Планування та забудова територій (2019) ДБН Б.2. 2-12: 2019. Київ: Мінрегіонбуд України.– 177 с.

17. L-квартал. Офісно-житловий комплекс. URL: https://advansys.ua/projects/l-kvartal/ (дата звернення 25.03.2026)

18. Комфо́рт Та́ун URL: https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%9A%D0%BE%D0%BC%D1%84%D0%BE%D1%80%D1%82_%D0%A2%D0%B0%D1%83%D0%BD (дата звернення 25.03.2026)

19. ЖК UNIT.Home. URL: https://vn.com.ua/ua/complex/zhk-unithome (дата звернення 25.03.2026)

20. Місце, де народжується новий Київ - багатофункціональний комплекс NUVO в діловому центрі столиці. URL: https://build.kovalska.com/posts/misce-de-narodzuetsa-novij-kiiv-bagatofunkcionalnij-kompleks-nuvo-v-dilovomu-centri-stolici (дата звернення 24.03.2026)

21. Жиловий район RYBALSKY. URL: https://perfect-group.ua/projects/zhytlovyj-rajon-rybalsky/ (дата звернення 24.03.2026)

22. Новопечерські Липки житловий квартал бізнес класу URL: https://city1development.com.ua/project/novopecherski-lypky/ (дата звернення 25.03.2026)

Postgraduate Student **Kupin Vladyslav,**
Dr. in Architecture, Professor **Dreval Iryna,**
O.M. Beketov National University of Urban Economy in Kharkiv

CLASSIFICATION OF MODERN MULTIFUNCTIONAL RESIDENTIAL COMPLEXES

The relevance of the study is due to the importance of improving the design of multifunctional residential complexes (MRC) as special means of increasing the comfort of living in the conditions of post-war reconstruction of Ukraine, which requires systematization of classification features of The purpose of the article is to identify and systematize the key features of modern MRC by functional content, spatial-planning organization and level of socio-spatial integration. In modern urban development practice multifunctional residential complexes are increasingly acquiring the characteristics of self-sufficient urbanized structures, within which residential, public, commercial and recreational functions are combined. In this work, they are considered as complex architectural and urban planning objects, which are a modern form of organizing the living environment of the city, in which human needs in organizing family life, as well as other important needs, are most fully realized.

The paper presents a classification of the studied objects by these features. The research methodology is based on a typological, comparative and structural-functional analysis of modern multifunctional residential complexes. The study includes: determining the main classification features of multifunctional residential complexes; analyzing their main characteristics according to the identified features; developing a graphic model for classifying the object under study.

The issue of forming research objects occupies an important place in modern research on architecture, urban planning and urbanism. It can be argued that the modern MRC should be considered as a multidimensional typological object, the characteristics of which are determined simultaneously by three parameters: the level of functional saturation, the spatial-planning model, and the degree of socio-spatial openness.

The analysis conducted provides grounds for concluding that in modern practice the role of multifunctional residential complexes with an increased level of functional saturation, spatial complexity and openness to the urban environment is increasing.

Keywords: urban planning: sustainable development: urban environment: functional: structural and planning: socio-spatial features.

REFERENCES

1. World demographic situation (short report). 2014. URL: http://www.un.org/en/development/desa/population/publications (data zvernennia 30.03.2026) {in Ukrainian}

2. Gukalova I.V., Omelchenko N.V. Ideology of modern geourbanism: evolution of urban development research // Scientific Bulletin of KhSU. Series: Geographical Sciences.2020. №13. P. 26–33. DOI: https://doi.org/10.32999/ksu2413-7391/2020-13-3 {in Ukrainian}

3.What has caused the global housing crisis - and how can we fix it? The World Economic Forum. 2022. URL: https://www.weforum.org/stories/2022/06/how-to-fix-global-housing-crisis/ (data zvernennia 30.03.2026). {in English}

4. Decree of the President of Ukraine "On the Sustainable Development Goals of Ukraine for the period up to 2030" dated 09/30/2019 № 722/2019. URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/722/2019#Text (data zvernennia 30.03.2026) {in Ukrainian}

5. Sustainable Development Goals: Ukraine. National Report. Kyiv: Ministry of Economic Development and Trade of Ukraine, 2017. URL: https://www.kmu.gov.ua/storage/app/sites/1/natsionalna-dopovid-csr-Ukrainy.pdf (data zvernennia 30.03.2026) {in Ukrainian}

6. Bezlyubchenko L.M. Residential construction: modern trends and approaches to design. Kharkiv: O.M. Beketov NUUE, 2015. 164 p. {in Ukrainian}

7. Dreval I.V., Kupin V.V. Multifunctional residential complex: on the issue of defining the concept // Modern problems of architecture and urban planning. 2025. Issue 73, P. 277–286. {in Ukrainian}

8. 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, No. 1. P. 93–111. {in English}

9. Gehl J. Cities for People. Washington, DC : Island Press, 2010. 288 p. {in English}

10. Jacobs J. The Death and Life of Great American Cities. New York : Vintage Books, 1993. 458 p. {in English}

11. Teplova A.V. Buravchenko S.G. Experience in forming multifunctional residential complexes // Architectural Bulletin of the KNUBA, 2022, № 24-25 – P. 149-156. DOI: https://doi.org/10.32347/2519-8661.2022.24-25.149-156 {in Ukrainian}

12. Kern L. Feminist City: Claiming Space in a Man-Made World. London : Verso, 2020. 224 p. {in English}

13. Prystyuplyuk B.O. Evolution of concepts of multifunctional residential buildings: from modernism to modernity // Regional problems of architecture and urban planning.2024. № 18. P. 179–188. {in Ukrainian}

14.Tyshkevych O., Dmytrenko A. Architecture of Multifunctional Complexes **:** educational book. Poltava : Poltava Polytechnic, 2024. 139 p. {in English}

15. Leyden K.M. Social Capital and the Built Environment: The Importance of Walkable Neighborhoods // American Journal of Public Health**.** 2003. Vol. 93, No. 9. P. 1546–1551. {in English}

16. State Building Standards of Ukraine. Planning and Development of Territories (2019) DBN B.2. 2-12: 2019. Kyiv: Ministry of Regional Development of Ukraine. – 177 p. {in Ukrainian}

17. L-block. Office and residential complex. URL:

https://advansys.ua/projects/l-kvartal/ (data zvernennia 25.03.2026) {in Ukrainian}

18. Comfort Town URL:
https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%9A%D0%BE%D0%BC%D1%84%D0%BE%D1%80%D1%82_%D0%A2%D0%B0%D1%83%D0%BD (data zvernennia 25.03.2026) {in Ukrainian}

19. RC UNIT.Home.URL: https://vn.com.ua/ua/complex/zhk-unithome (data zvernennia 30.03.2026) {in Ukrainian}

20. The place where the new Kyiv is born is the NUVO multifunctional complex in the business center of the capital.URL: https://build.kovalska.com/posts/misce-de-narodzuetsa-novij-kiiv-bagatofunkcionalnij-kompleks-nuvo-v-dilovomu-centri-stolici (data zvernennia 24.03.2026) {in Ukrainian}

21. Residential area RYBALSKY. URL: https://perfect-group.ua/projects/zhytlovyj-rajon-rybalsky/ (data zvernennia 24.03.2026) {in Ukrainian}

22. Novopecherskie Lypky business class residential quarter URL: https://city1development.com.ua/project/novopecherski-lypky/ (data zvernennia 25.03.2026) {in Ukrainian}

DOI: 10.32347/2076-815X.2026.92.221-231
УДК 711
к.т.н. **Михайлик О.О.**,
mykhailykolga@gmail.com; ORCID: 0000-0003-3648-9410,
Київський національний університет будівництва і архітектури

РІЧКА ЯК ПРИРОДНИЙ МІСТОФОРМУЮЧИЙ ФАКТОР

Розглянуто річку, як природний містоформуючий фактор. Зазначено багатофункціональність прибережної території в містах. Дано визначення поняттю «прибережна територія» з містобудівної точки зору. Наведено природні та містобудівні критерії зовнішньої границі прибережної території.

Ключові слова: містоформуючий фактор; прибережна територія; антропогенне навантаження; прибережне місто; функціональне зонування.

Вступ. Одним з важливіших критеріїв рейтингових позицій щодо якості життя людей в містах та населених пунктах є наявність річок, природніх водойм та чистої питної води. Красивий краєвид за вікном, купання, рибальство, прибережний променад підвищують вартість житла на прибережних територіях в рази, порівняно з усіма іншими міськими територіями. Сталий вираз «Вид з вікна на мільйон доларів» - це саме про мальовничу панораму річки з красою її прибережних територій. Деякі країни на законодавчому рівні охороняють цінність панорами берегових зон: так, американське законодавство передбачає грошову компенсацію, якщо забудова перешкоджає мальовничому краєвиду, що відкривається з вікна.

Внаслідок своїх природних переваг прибережні території є надзвичайно привабливими для містобудівного освоєння, але, водночас, і надзвичайно вразливими. На початку XX ст. зростаючі масштаби антропогенного навантаження деформували природно-ландшафтні умови прирічкових територій, порушили взаємозв’язки з рікою, що призвело до загального погіршення стану міського довкілля. Збереження та охорона річкових екосистем є запорукою комфортного існування мешканців міст та населених пунктів.

Метою роботи є висвітлити річку в ракурсі містоформуючого природного фактору, сфокусувати увагу на важливості річкової екосистеми для мешканців міст, зазначити її природні й антропогенні особливості, дати визначення поняттям «прибережна територія» й «межі прибережної території».

Попередні дослідження. Питанню містобудівних особливостей прибережних міст, ролі річки, як важливого містоформуючого фактору, приділяється вкрай недостатньо, що й спонукає до вивчення цих важливих

містобудівних завдань. На важливості визначення та чіткого трактування термінів зазначали ще древньогрецькі філософи.

Аналіз законодавчих документів та наукових досліджень висвітлив брак чіткого визначення понять «прибережна територія» та «розмір та межі прибережної території» з містобудівної точки зору. В «Методиці упорядкування водоохоронних зон річок України» визначені наступні параметри ширини водоохоронних зон: для малих річок – не менше як 250м, для середніх – не менше як 500м, для великих – за разрахунком цієї методики, у межах населених пунктів – згідно з ситуацією, що склалася, з урахуванням забудови на час розробки проєкту, але не менш як 10 м від бровки схилу берега згідно з умовами експлуатації річки [1]. Межа прибережної території є умовним поняттям, бо не є чіткого сталого кордону узбережжя. Зовнішня границя заплави є природною межею прибережної території річки. Для рекреаційних зон суттєвим є мікрокліматична границя прибережної території та її пішохідна доступність. Візуальне сприйняття прибережної панорами залежить від архітектурно-просторових особливостей берегів [2]. Тобто, визначення меж прибережної території залежить від комплексу факторів: інженерно-геологічних та мікрокліматичних умов, існуючої архітектурної прибережної панорами. Тому визначення розміру прибережної території в кожному окремому випадку має відбуватися індивідуально, враховуючи ці природні й антропогенні фактори впливу.

Річки, як чи не найголовніший містоформуючий природний фактор, збагачують міську тканину й надзвичайно позитивно впливають на міське довкілля. Антропогенне міське навантаження нині є фактором деградації річкових екосистем. Наукові дослідження автора акцентують на погіршенні стану прибережних територій річки в урбанізованому середовищі та пошуку вирішення проблем прибережних зон [3-11].

Основна частина. Щільність розташування міст вздовж річки є різною: по Волзі – приблизно через 300км, по Рейну-через 133км, по Дунаю – через 70 км. Прибережна територія Дніпра є найбільш урбанізованою зоною країни, де великі міста та агломерації розташовані на відстані 70–150 км одне від одного. Вздовж Дніпра сформувалася майже безперервна лінія великих промислових центрів та агломерацій, що свідчить про важливість ріки як транспортної та економічної артерії (рис.1).

Конфігурація прибережних міст й населених пунктів зазвичай повторює силует річки, а вулиці міста прокладено по тальвегах колишніх струмків і потічків. Багато поселень, географічне положення яких визначає розміщення в заплавах та низьких терасах річок, мають лінійну конфігурацію: так, в розчленованій долині Нижньодунайської низовини лінійно витягнутими є

придунайські міста Дробета-Турну-Северин, Рені, Вилково. Вздовж Дніпра лінійно витягнуту конфігурацію мають лівобережжя Києва, Канів, Кам'янське тощо.

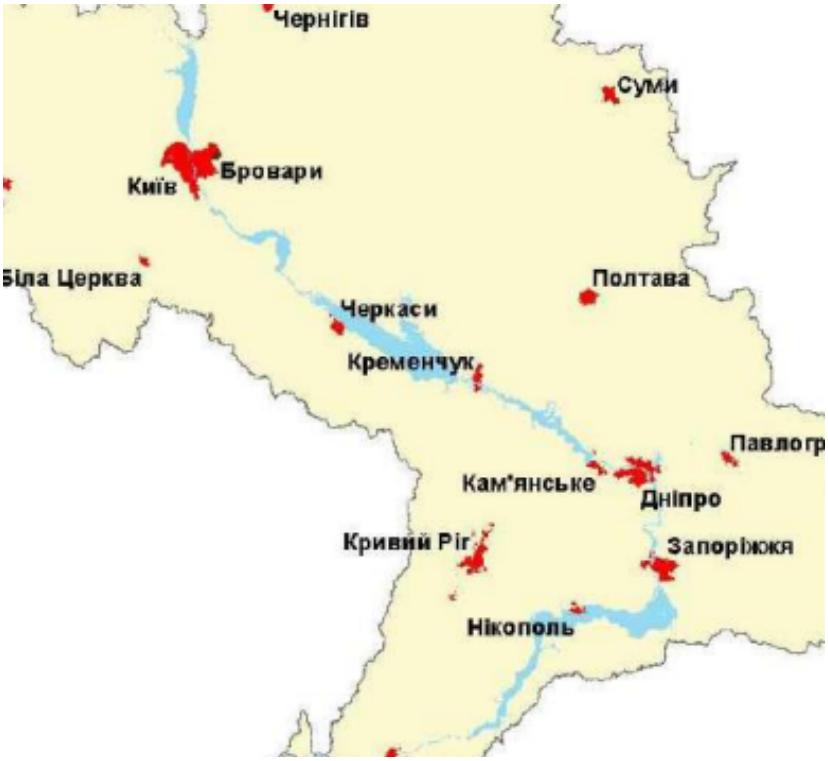


Рис. 1. Розташування українських міст вздовж річки Дніпро

Херсон, що розташований в верхній частині дельти, в межах гирлової частини, в місці розгалуження річки, де формуються її нижні рукави, є «гирловим» містом (рис.2-4). Освоєння прибережної території та формування транспортного каркасу в подібних регіонах є результатом подолання «порогового кордону». Особливості ландшафту зумовили просторові вектори розвитку субурбанізації Херсона: західна та східні вісі вдовж правого берега Дніпра; південна лівобережна вісь, розвиток якої зобов'язаний подоланню лінійної перешкоди[12].

Пересічний рельєф прибережної території високого берегу диктує зазвичай радіально-кільцеву схему розпланування як в Парижі, на правобережжі Києва та Відня. Для вузької річкової долини характерна концентрична планувальна організація міст: односторонньо-концентрична, поперечно-концентрична, радіально-концентрична. Невелика ширина ріки вимагає ув'язування забудови обох берегів задля композиційної єдності прибережної території й набережних. Прикладом планувальної структури середніх міст вздовж вузької річкової долини є Вінниця, Луцьк, Тернопіль, Чернівці [13] (рис. 5-8).

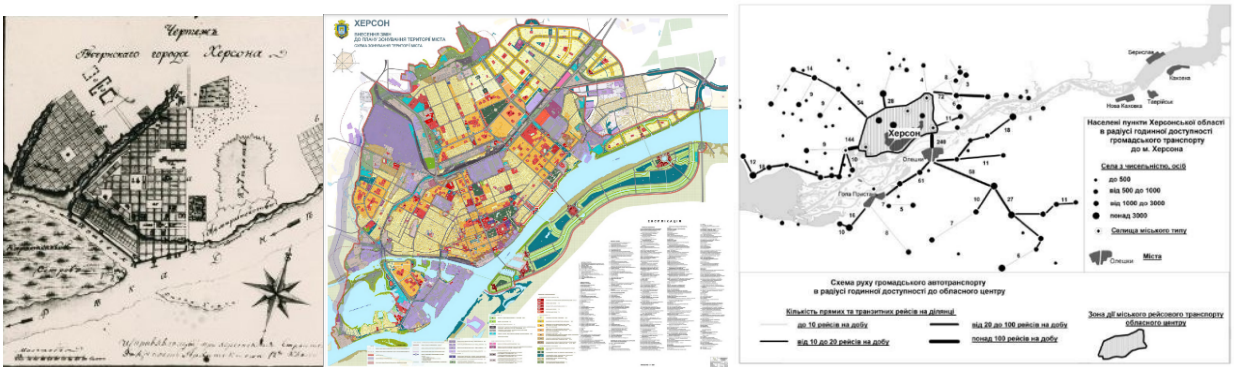


Рис. 2-4. Карти Херсона та Херсонської агломерації

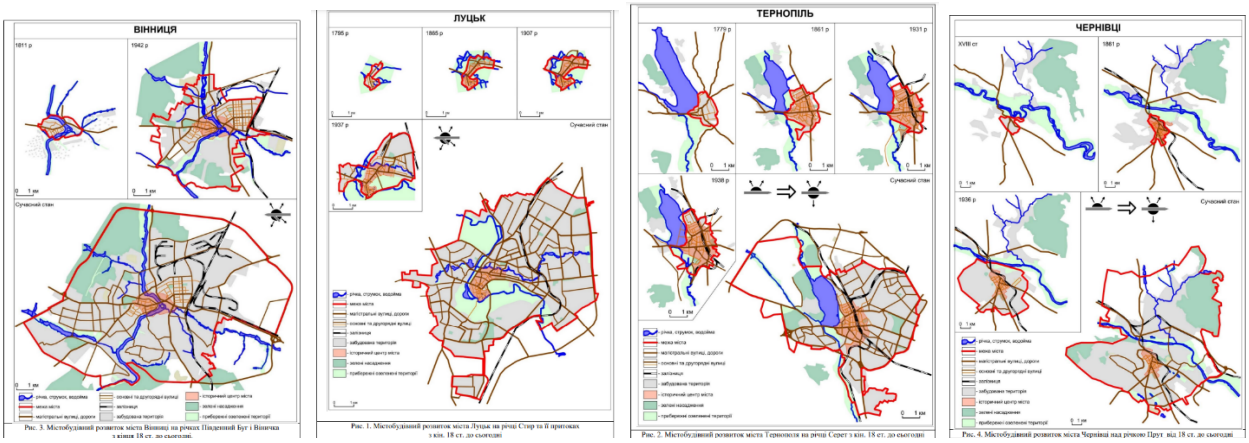


Рис.5-8. Планувальна структура середніх міст-Вінниця, Луцьк, Тернопіль, Чернівці.

Прибережні території є важливим структурним міським елементом та привабливим громадським простором. Функціонально-планувальний розвиток прибережних міст, їх планувальна структура, культурні традиції, соціально-статусні особливості безпосередньо пов’язані з акваторіями та їх прибережними територіями. Займаючи невелику площу міської території (в середньому це 5-8% від всієї площі міста), прибережна територія міст є багатофункціональною й включає зони житлової та громадської забудови, портові господарства, річкові вокзали, водну інженерну інфраструктуру, складські зони, автомагістралі, ландшафтно-рекреаційні та природо-охоронні території. Внаслідок багатофункціональності та високої концентрації населення узбережжя є важливою територією для продовольчої, економічної системи, соціально-культурної сфери: портові міста, прибережне рибальство (комерційне й рекреаційне) та аквакультура створюють робочі місця, надають засоби до існування для населення прибережних міст. Забезпечення різноманітних видів активного, спортивного (каякінг, водні лижі) пасивного (купання, сонячні ванни), пізнавального (спостереження за флорою та фауною, прогулянки на човнах, катерах, яхтах) відпочинку є запорукою більш частого відвідування мешканців міст рекреаційних прибережних територій (табл.1).

Функціональне зонування прибережної території відповідно до її призначення.

Таблиця 1

<table>
<tr><th>Функціональне призначення прибережних територій</th><th>Антропогенні фактори впливу на прибережну територію</th></tr>
<tr><td>1. Житлово-громадська забудова</td><td>• соціально-демографічні
• архітектурно-планувальні</td></tr>
<tr><td>2. Виробнича територія</td><td>• портові господарства: порти, пристані, причали, транспортні вузли, річкові вокзали)
• гідротехнічні споруди: зовнішні огороджувальні (моли, хвилерізи, лідозахист тощо); службові – для захисту портових акваторій і підходів до них; причальні, що зводяться безпосередньо біля берега – набережні – й поблизу нього – естакади, пірси; берегоукріплювальні, що захищають ділянки берега від руйнування хвилями або течією.</td></tr>
<tr><td>3. Ландшафтно-рекреаційна територія</td><td>Облаштування прибережної території відповідно до характеру відпочинку:
• оздоровчий (короткотривалий)
•лікувально-профілактичний (довготривалий)
•спортивний
•пізнавальний
•утилітарний</td></tr>
<tr><td>
<table>
<tr><th rowspan="2">Прибережні ландшафти</th><th colspan="4">Містобудівні функції території</th></tr>
<tr><th>Міське будівництво</th><th>масовий відпочинок</th><th>промисловість</th><th>сільськогосподарське виробництво</th></tr>
<tr><td>заплавні</td><td>5</td><td>1</td><td>7</td><td>1</td></tr>
<tr><td>заплавні намивні</td><td>1</td><td>2</td><td>2</td><td>7</td></tr>
<tr><td>борові тераси</td><td>1</td><td>2</td><td>1</td><td>7</td></tr>
<tr><td>лесові</td><td>4</td><td>5</td><td>3</td><td>1</td></tr>
<tr><td>схилові</td><td>2</td><td>4</td><td>4</td><td>4</td></tr>
<tr><td>польдери</td><td>6</td><td>7</td><td>7</td><td>2</td></tr>
<tr><td>яружно-балочні</td><td>3</td><td>3</td><td>5</td><td>3</td></tr>
</table>
</td><td>1-найкраще використання ландшафту прибережної території
7- найгірше використання ландшафту прибережної території
[2]</td></tr>
</table>

З містобудівної точки зору прибережною є територія взаємовпливу суходолу з водотоком (річкою, ставком або тимчасовим потоком), особливістю якої є підвищена інтенсивність фізико-геологічних процесів, соціально-економічна привабливість та багатофункціональність. Межа прибережної території є умовним поняттям, бо не є чіткого сталого кордону узбережжя. Зовнішня границя заплави є природною межею прибережної території річки. Для рекреаційних зон суттєвим є мікрокліматична границя прибережної території та її пішохідна доступність [14,15,16]. Візуальне сприйняття прибережної панорами залежить від архітектурно-просторових особливостей

берегів [17,18]. Відповідно до функціонального зонування (використання) прибережної території її межею є найвіддаленіша границя фізико-геологічної, мікрокліматичної та архітектурної границь. Довжина берегової лінії залежить від методу її вимірювання і ступеню картографічної генералізації.

Маркером важливості прибережних зон для міста є розташовані тут культові споруди, об'єкти державного значення, культурні заклади, багатолюдні громадські набережні**.** Світова тенденція джентрифікації охоплює, в першу чергу, саме прибережні території мегаполісів. Набуває обертів і світова тенденція з ревіталізації річкових екосистем–комплекс заходів в межах прирічкового простору, що сприяє територіальному відновленню шляхом реалізації принципів екологічної стійкості, гуманізації та соціальної орієнтованості середовища, підтриманню та збереженню балансу природних та антропогенних чинників міського середовища. Ревіталітація та перепрофілювання, створення технопарків, техно-музеїв, комфортних місць відпочинку людей є одним з найкращих варіантів використання порушених прибережних територій [19, 20].

Висновок. Наявність річок є визначальним фактором в функціонально-планувальній структурі міста, архітектурному розплануванні, силуеті міста, формування характеру населених пунктів: мальовничість та вишуканість прибережних міст, відкритість портових міст внаслідок безперервного потоку новоприбулих пасажирів та вантажів, економічні успіхи прибережних столиць, затишна атмосфера курортних міст, загадкова магію заміських прибережних ландшафтів. Річки з їх прибережними територіями – це місця-магніти, місця сили, які володіють особливим тяжінням, неповторною аурою, потужною енергетикою, економічним потенціалом. Річка є ресурсним потенціалом для господарського функціонування міста, вагомим фактором, що впливає на світогляд та спосіб життя людей, на соціально-економічний характер людських відносин.

Дано визначення понять «прибережна територія», «розмір прибережної території» з містобудівної точки зору: територія взаємовпливу суходолу з водотоком (річкою, ставком або тимчасовим потоком), особливістю якої є підвищена інтенсивність фізико-геологічних процесів, соціально-економічна привабливість та багатофункціональність є прибережною територією. Відповідно до функціонального зонування прибережної території її межею є найвіддаленіша границя фізико-геологічної, мікрокліматичної та архітектурної границь. Довжина берегової лінії залежить від методу її вимірювання і ступеню картографічної генералізації.

Містобудівне освоєння прибережних територій річок є одним з чинників антропогенного навантаження на річкові екосистеми, в наслідок чого річки

втрачають свої природні якості, перетворюються на ставки, деградують, вмирають. Збереження та охорона існуючих водойм та зелених насаджень в міському середовищі є пріоритетом містобудівних завдань. Благоустроєна прибережна територія міських водойм є буфером між потоком забруднення, що йде з урбанізованої території. Ревіталізація річкових екосистем є безпосередньою акцією в рамках програми ООН – «2021–2030(1) роки - Десятиліття з відновлення екологічних систем».

Список використаних джерел

1. Методика упорядкування водоохоронних зон річок України. Науковий керівник А.В. Яцик. – К.: Оріяни, 2004.- 128 с.
2. Леснов О.В. Застройка приречных территорий городов. Киев: Будівельник, 1977. 28 с.
3. Михайлик О.О. Містобудівна практика відродження прибережних територій. Містобудування та територіальне планування: наук.-техн. збірник. – К.: КНУБА, 2023. – Вип. 82. – С.251-261.
4. Михайлик О.О. Інженерне облаштування водоохоронних зон як першочерговий захід збереження водних об’єктів. Просторовий розвиток: наук. збірник. – К.: КНУБА, 2023. – Вип.4. – С.103 -110.
5. Михайлик О.О. Практика використання води в містах. Просторовий розвиток: наук. збірник. – К.: КНУБА, 2023. – Вип.2. – С.94 -105.
6. Михайлик О.О. Річкові екосистеми Лісостепу й Степу: природні характеристики та особливості містобудівного освоєння. Містобудування та територіальне планування: наук.-техн. збірник. – К.: КНУБА, 2023. – Вип. 83. – С.200-210.
7. Михайлик О.О. Сині лінії як містобудівне обмеження прибережної акваторії. Сучасні проблеми архітектури та містобудування: наук.-техн. збірник. – К.: КНУБА, 2022. – Вип.63. – С.135-144.
8. Михайлик О.О. Методи містобудівної організації та регенерації річкових екосистем Полісся. Містобудування та територіальне планування: наук.-техн. збірник. – К.: КНУБА, 2022. – Вип. 80. – С.295-305.
9. Mykhailyk Olha. Urban Planning Principles and Methods of Returning Coastal Areas to Citizens. Urban and Regional Planning. Vol. 6, No. 4, 2021, pp. 112-117.
10. Михайлик О.О. Містобудівне освоєння прибережних територій, як зони громадських просторів. Містобудування та територіальне планування: наук.-техн. збірник. – К.: КНУБА, 2024. – Вип. 85. – С.420-432.

11. Михайлик О.О. Генеза функціонально-планувальної структури дніпрової прибережної зони Подолу в Києві. Просторовий розвиток: наук.-техн. збірник. – К.: КНУБА, 2024. – Вип.9. – С.208-219.

12. Урбаністична Україна: в епіцентрі просторових змін: монографія / за ред. К. Мезенцева, Я. Олійника, Н. Мезенцевої. – Київ: Видавництво «Фенікс», 2017. – 438 с.

13. Петришин, Г., Онуфрів, Я., Боршовський, О. Роль річки у формуванні міст України: Луцьк, Тернопіль, Вінниця, Чернівці. Містобудування та територіальне планування: Наук.-техн. Збірник. – К., КНУБА, 2021. - Вип.76. с. 218–234. вип. 76, 2021, с. 218–234.

14. Яцик А.В., Шевчук В.Я. Енциклопедія водного господарства, природокористування, природо відтворення, сталого розвитку. – К.: Генеза, 2006.-1000 с.:іл.

15. Яцик А.В. Водогосподарська екологія: у 4 т., 7 кн.- К.: Генеза, 2004.-Т.4, кн.6,7.-680 с.:іл.

16. Містобудування. Місто й приміська зона. Міжвідомчий науково-технічний збірник.- К.: Вид-во «Будівельник», 1967.- 88 с.

17. Шквариков В.А. Справочник проектировщика. Градостроительство. М.: Государственное изд-во литературы по строительству, архитектуре и стойматериалам. 1963, 362 с.

18. Вадимов В.М. Город и река (планировочные аспекты) / В.М. Вадимов – Полтава: Археология, 2000. – 214 с.

19. Тімохін В. Прогнозно-проектний потенціал розвитку прибережних територій Києва /Тімохін В// Досвід та перспективи розвитку міст України. Проблеми розвитку прибережних територій: збірник наукових праць – Вип.17. - К.: Ін-т «ДІПРОМІСТО», 2009.-С.76-85.

20. Кодін В. Напрями містобудівної реконструкції прирічкових територій в історичному центрі міста Харкова / Кодін В// Досвід та перспективи розвитку міст України. Проблеми розвитку прибережних територій: збірник наукових праць – Вип.17. - К.: Ін-т «ДІПРОМІСТО», 2009. - С.114-123.

Ph.D or candidate of science **Olha Mykhailyk,**
Kyiv National University of Construction and Architecture

THE RIVER AS A NATURAL URBAN-FORMING FACTOR

One of the most important criteria for ranking the quality of life in cities and towns is the presence of rivers, natural bodies of water, and clean drinking water. A beautiful view from the window, swimming, fishing, and a waterfront promenade

increase property values in waterfront areas significantly compared to all other urban areas. Due to their natural advantages, riparian areas are extremely attractive for urban development, but at the same time, they are also extremely vulnerable. At the beginning of the 20th century, the growing scale of human impact altered the natural landscape conditions of riparian areas and disrupted their connection with the river, leading to a general deterioration of the urban environment. The preservation and protection of river ecosystems are essential for the well-being of residents in cities and towns.

The presence of rivers is a defining factor in a city's functional and planning structure, architectural layout, skyline, and the character of its settlements: the picturesque beauty and elegance of riverside towns, the openness of port cities due to the constant flow of new arrivals and cargo, the economic success of riverside capitals, the cozy atmosphere of resort towns, and the mysterious magic of suburban riverside landscapes. Rivers and their coastal territories are magnetic places, places of power that possess a special allure, a unique aura, powerful energy, and economic potential. A river is a resource for a city's economic functioning, a significant factor influencing people's worldview and way of life, as well as the socio-economic nature of human relations.

The layout of cities and towns typically follows the course of the river, and city streets are laid out along the former riverbeds of streams and brooks. Narrow river valleys are characterized by concentric urban layouts: one-sided concentric, transverse concentric, and radial concentric. The river's narrow width necessitates the integration of development on both banks to ensure the compositional unity of the riverside area and the embankments. An almost continuous line of major industrial centers and metropolitan areas has formed along the Dnieper River, underscoring the river's importance as a transportation and economic artery.

Coastal areas are an important structural element of cities and attractive public spaces. The functional and planning development of waterfront cities, their planning structure, cultural traditions, and socio-status characteristics are directly linked to water bodies and their waterfront areas. Although they occupy a small portion of the urban area (on average, 5–8% of the city's total area), the coastal area of cities is multifunctional and includes zones of residential and public development, port facilities, river terminals, water engineering infrastructure, warehouse zones, highways, and landscape-recreational and nature conservation areas. Due to their multifunctionality and high population density, coastal areas are vital to the food supply, economic system, and socio-cultural sphere: port cities, coastal fishing (commercial and recreational), and aquaculture create jobs and provide livelihoods for the populations of coastal cities. Providing a variety of active (kayaking, water skiing), passive (swimming, sunbathing), and educational (observing flora and fauna,

boat, motorboat, and yacht trips) recreational activities ensures that city residents visit coastal recreational areas more frequently

The following definitions of the terms «coastal area» and «size of the coastal area» are provided from an urban planning perspective: an area where land interacts with a watercourse (river, pond, or seasonal stream), characterized by heightened intensity of physical and geological processes, socioeconomic attractiveness, and multifunctionality, is a riparian area. According to the functional zoning of the riparian area, its boundary is the outermost limit of the physical-geological, microclimatic, and architectural boundaries. The length of the shoreline depends on the method of measurement and the degree of cartographic generalization. Revitalization and repurposing, the creation of technology parks, technology museums, and comfortable recreational areas are among the best ways to utilize degraded coastal areas.

Keywords: urban-forming factor; coastal area; anthropogenic pressure; coastal city; functional zoning.

REFERENCES

1. Metodyka uporiadkuvannia vodookhoronnykh zon richok Ukrainy. Naukovyi kerivnyk A.V. Yatsyk. – K.: Oriiany, 2004.- 128 s. {in Ukrainian}.
2. Lesnov O.V. Zastroika pryrechnыkh terrytoryi horodov. Kyev: Budivelnyk, 1977. 28 s. {in Russian}.
3. Mykhailyk O.O. Mistobudivna praktyka vidrodzhennia pryberezhnykh terytorii. Mistobuduvannia ta terytorialne planuvannia: nauk.-tekhn. zbirnyk. – K.: KNUBA, 2023. – Vyp. 82. – S.251-261 {in Ukrainian}.
4. Mykhailyk O.O. Inzhenerne oblashtuvannia vodookhoronnykh zon yak pershocherhovyi zakhid zberezhennia vodnykh obiektiv. Prostorovyi rozvytok: nauk. zbirnyk. – K.: KNUBA, 2023. – Vyp.4. – S.103 -110 {in Ukrainian}.
5. Mykhailyk O.O. Praktyka vykorystannia vody v mistakh. Prostorovyi rozvytok: nauk. zbirnyk. – K.: KNUBA, 2023. – Vyp.2. – S.94 -105{in Ukrainian}.
6. Mykhailyk O.O. Richkovi ekosystemy Lisostepu y Stepu: pryrodni kharakterystyky ta osoblyvosti mistobudivnoho osvoiennia. Mistobuduvannia ta terytorialne planuvannia: nauk.-tekhn. zbirnyk. – K.: KNUBA, 2023. – Vyp. 83. – S.200-210 {in Ukrainian}.
7. Mykhailyk O.O. Syni linii yak mistobudivne obmezhennia pryberezhnoi akvatorii. Suchasni problemy arkhitektury ta mistobuduvannia: nauk.-tekhn. zbirnyk. – K.: KNUBA, 2022. – Vyp.63. – S.135-144 {in Ukrainian}.
8. Mykhailyk O.O. Metody mistobudivnoi orhanizatsii ta reheneratsii richkovykh ekosystem Polissia. Mistobuduvannia ta terytorialne planuvannia: nauk.-tekhn. zbirnyk. – K.: KNUBA, 2022. – Vyp. 80. – S.295-305 {in Ukrainian}.

9. Mykhailyk Olha. Urban Planning Principles and Methods of Returning Coastal Areas to Citizens. Urban and Regional Planning. Vol. 6, No. 4, 2021, pp. 112-117{in Ukrainian}.

10. Mykhailyk O.O. Mistobudivne osvoiennia pryberezhnykh terytorii, yak zony hromadskykh prostoriv. Mistobuduvannia ta terytorialne planuvannia: nauk.-tekhn. zbirnyk. – K.: KNUBA, 2024. – Vyp. 85. – S.420-432 {in Ukrainian}.

11. Mykhailyk O.O. Heneza funktsionalno-planuvalnoi struktury dniprovoi pryberezhnoi zony Podolu v Kyievi. Prostorovyi rozvytok: nauk.-tekhn. zbirnyk. – K.: KNUBA, 2024. – Vyp.9. – S.208-219{in Ukrainian}.

12. Urbanistychna Ukraina: v epitsentri prostorovykh zmin: monohrafiia / za red. K. Mezentseva, Ya. Oliinyka, N. Mezentsevoi. – Kyiv: Vydavnytstvo «Feniks», 2017. – 438 s {in Ukrainian}.

13. Petryshyn, H., Onufriv, Ya., Borshovskyi, O. Rol richky u formuvanni mist Ukrainy: Lutsk, Ternopil, Vinnytsia, Chernivtsi. Mistobuduvannia ta terytorialne planuvannia: Nauk.-tekhn. Zbirnyk. – K., KNUBA, 2021. - Vyp.76. S. 218–234. vyp. 76, 2021, s. 218–234 {in Ukrainian}.

14. Iatsyk A.V., Shevchuk V.Ia. Entsyklopediia vodnoho hospodarstva, pryrodokorystuvannia, pryrodo vidtvorennia, staloho rozvytku. – K.: Heneza, 2006.-1000 s.:il. {in Ukrainian}.

15. Iatsyk A.V. Vodohospodarska ekolohiia: u 4 t., 7 kn.- K.: Heneza, 2004.-T.4, kn.6,7.-680 s.:il. {in Ukrainian}.

16. Mistobuduvannia. Misto y prymiska zona. Mizhvidomchyi naukovo-tekhnichnyi zbirnyk.- K.: Vyd-vo «Budivelnyk», 1967.- 88 s.{in Russian}.

17. Shkvarykov V.A. Spravochnyk proektyrovshchyka. Hradostroytelstvo. M.: Hosudarstvennoe yzd-vo lyteraturы po stroytelstvu, arkhytekture y stoimateryalam. 1963, 362 s. {in Russian}.

18. Vadymov V.M. Horod y reka (planyrovochnыe aspektы) / V.M. Vadymov – Poltava: Arkheolohyia, 2000. – 214 s. {in Russian}.

19. Timokhin V. Prohnozno-proektnyi potentsial rozvytku pryberezhnykh terytorii Kyieva /Timokhin V// Dosvid ta perspektyvy rozvytku mist Ukrainy. Problemy rozvytku pryberezhnykh terytorii: zbirnyk naukovykh prats – Vyp.17. - K.: In-t «DIPROMISTO», 2009.-S.76-85. {in Ukrainian}.

20. Kodin V. Napriamy mistobudivnoi rekonstruktsii pryrichkovykh terytorii v istorychnomu tsentri mista Kharkova /Kodin V// Dosvid ta perspektyvy rozvytku mist Ukrainy. Problemy rozvytku pryberezhnykh terytorii: zbirnyk naukovykh prats – Vyp.17. - K.: In-t «DIPROMISTO», 2009.-S.114-123 {in Ukrainian}.

DOI: 10.32347/2076-815X.2026.92.232-244
УДК 725.94:711.168(477)
д.арх., професор **Ніколаєнко В.А.,**
ab.nikolaienko_va@nupp.edu.ua, ORCID: 0000-0003-3862-0988,
к. арх. **Ніколаєнко В.В.,**
ab.Nikolaienko_VV@nupp.edu.ua, ORCID: 0000-0003-3017-6739,
Кобєлєв М.В., maksim027r@gmail.com, ORCID: 0009-0008-2846-4962,
Національний університет «Полтавська політехніка ім. Ю. Кондратюка»

ПРОСТОРОВА ОРГАНІЗАЦІЯ ТА КОМПОЗИЦІЙНІ ОСОБЛИВОСТІ СУЧАСНИХ МЕМОРІАЛЬНИХ КОМПЛЕКСІВ В УМОВАХ ПОВОЄННОЇ ВІДБУДОВИ

Досліджено принципів просторової організації та композиційних особливостей сучасних меморіальних комплексів у контексті повоєнного відновлення України. Проаналізовано світовий досвід архітектурного формування пам'ятних місць та еволюцію засобів виразності у вшануванні загиблих захисників протягом 2014–2026 років. На основі проведеного аналізу визначено перспективні архітектурно-планувальні моделі меморіалів, їхні варіанти інтеграції в урбаністичне середовище та роль як нових композиційних домінант у структурі населених пунктів.

Ключові слова: меморіальний комплекс; просторова організація; архітектурна композиція; повоєнна відбудова; урбаністичний контекст; комеморація; архітектура пам'яті.

Вступ. Нині меморіал переважно розуміють як матеріалізований у просторі об'єкт (наприклад, пам'ятник, споруду, будівлю) або певну нематеріальну комеморативну практику (наприклад, церемонію), що створені або проводяться у пам'ять про окрему померлу людину, або в пам'ять про подію, яка спричинила масову загибель людей [1]. Поняття воєнного меморіалу в сучасній архітектурній науці трактується значно ширше: воно може бути зосереджене на символізації конкретної події (переважно перемоги), або ж — згідно з тенденцією, що переважає з XX століття — являти собою складний архітектурно-ландшафтний ансамбль. Останній тип спрямований на вшанування комбатантів та цивільних осіб, які загинули або постраждали внаслідок бойових дій. Найбільш розповсюдженою формою такої просторової організації є надгробок або архітектурно оформлене місце масового поховання (військовий цвинтар).

У контексті повоєнної відбудови важливо розмежовувати часові та композиційні підходи до створення таких об'єктів. Якщо зведення масштабних

меморіальних комплексів, що маркують історичні події, часто відкладається на післявоєнний період і залежить від фінальних результатів конфлікту, то архітектурна організація місць поховань є критично актуальним завданням безпосередньо під час війни.

Для України, яка з 2014 року перебуває в стані збройної агресії, а з 2022 року — у фазі війни високої інтенсивності, пріоритетним є формування гідного комеморативного простору для вшанування загиблих. Дана стаття фокусується на дослідженні композиційних особливостей саме цього типу військових меморіалів. Водночас у роботі проаналізовано перспективні варіанти розміщення майбутніх меморіальних об'єктів «подієвого» типу, що мають стати новими смисловими та містобудівними акцентами у структурі відновлених населених пунктів.

Постановка проблеми. Постановка проблеми дослідження обумовлена необхідністю масштабної меморіалізації подій російсько-української війни в умовах інтенсивної повоєнної відбудови населених пунктів, що створює гостру містобудівну та соціокультурну дилему щодо гармонійної інтеграції місць пам'яті в нову архітектурну тканину міст. Сучасна криза «форми та місця» виявляється у невідповідності застарілих канонів радянського монументалізму запитам сучасного суспільства на антропоцентричні, ландшафтно-орієнтовані та функціонально насичені простори, що потребує наукового обґрунтування нових принципів просторової організації та композиційних особливостей меморіальних комплексів. Основним проблемним аспектом є пошук балансу між комеморативною сакральністю та потребою в розвитку життєвого середовища, де меморіал виступає не лише як статична споруда, а як багатофункціональний вузол, що поєднує в собі просвітницьку, терапевтичну та рекреаційну складові. Вирішення суперечностей між стихійною меморіалізацією та стратегічним плануванням міст, а також розробка новітньої образно-символічної мови архітектури пам'яті є критично важливими для формування нової ідентичності українського простору та сприяння психологічному відновленню нації у поствоєнний період.

Актуальність У роботі вперше розглянуто трансформацію стихійних форм комеморації у цілісні просторові рішення, що стають частиною стратегій повоєнної відбудови. Окрему увагу приділено переосмисленню існуючого меморіального ландшафту: демонтажу або реконтекстуалізації радянської спадщини згідно з вимогами деколонізації та їх заміні на нові образно-символічні структури.

Визначено основні підходи до формування функціонально-просторової структури комплексів, де композиційне вирішення гармонізує традиційні форми вшанування з сучасними ландшафтними та архітектурними практиками.

Доведено, що в умовах відбудови меморіальний простір має проектуватись як багатофункціональне середовище, яке поєднує комеморативну функцію з просвітницькою та рекреаційною, формуючи нову ідентичність українських міст.

Мета дослідження є наукове обґрунтування принципів просторової організації та виявлення композиційних особливостей сучасних меморіальних комплексів в Україні на основі аналізу світового досвіду комеморації та національних традицій у контексті стратегій повоєнної відбудови

Задачі дослідження полягали в наступному:

- дослідити світовий досвід формування просторової організації та еволюцію композиційних прийомів військових меморіалів у США та Європі протягом кінця XIX – XX століть;
- проаналізувати сучасні українські практики комеморації, що сформувалися з 2014 року, з точки зору їхнього архітектурно-планувального розвитку та пошуку нових образно-символічних рішень;
- вивчити процеси трансформації існуючого меморіального середовища під впливом Законів України «Про засудження комуністичного та націонал-соціалістичного (нацистського) тоталітарних режимів в Україні та заборону пропаганди їхньої символіки» [2] та «Про засудження та заборону пропаганди російської імперської політики в Україні і деколонізацію топонімії» [3] як чинника очищення простору для нових композиційних домінант;
- визначити стратегічні підходи до розміщення та просторової інтеграції меморіальних комплексів у структуру населених пунктів в умовах комплексного повоєнного відновлення.

Наукова новизна дослідження полягає у системному обґрунтуванні принципів просторової організації меморіальних комплексів як ключових елементів містобудівного каркаса в умовах повоєнної відбудови України. Вперше визначено композиційні особливості сучасних меморіалів, що ґрунтуються на переході від статичного монументалізму до створення багатофункціональних архітектурно-ландшафтних ансамблів. Отримали подальший розвиток підходи до стратегічного розміщення об’єктів пам’яті в структурі поселень, що дозволяє гармонізувати комеморативну функцію з новими соціально-урбаністичними запитами. Доведено необхідність формування деколонізованого меморіального середовища через впровадження новітніх образно-символічних структур, що сприяють утвердженню національної ідентичності та психологічній реабілітації суспільства.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Мета дослідження та поставлені задачі обумовили необхідність опрацювання наукових джерел за наступними напрямками:

Для доповнення отриманих висновків опрацьовувались наукові джерела за такими напрямками:

– роботи, в яких аналізується досвід комеморації та зведення і експлуатації військових меморіалів [4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11];

– дослідження впливу політичних та ідеологічних факторів на політику комеморації, пам'яті про певні історичні події та її увічнення у військових меморіалах [12, 13, 14, 15, 16, 17];

– роботи, присвячені впливу війни на збереження пам’яток культурної спадщини (у т.ч. меморіалів) [18, 19];

– законодавчі акти та нормативні документи України, що стосуються питань культурної спадщини, впливу колоніалізму та тоталітарних ідеологій на комеморацію та пам’ять про полеглих у війнах, а також організації поховань [2, 3, 20].

Основна частина. Просторова генеза військових меморіалів має глибоке історичне коріння, що безпосередньо впливає на сучасні принципи їх проектування. За твердженням A. Porter та ін. [12], White Monument у Таль-Банаті (північна Сирія) можна вважати одним із найдавніших прикладів просторової організації військового меморіалу, де ще у 3-му тисячолітті до нашої ери формувалося середовище для регулярних поховань воїнів.

Проте, як зазначає B. Niven [12], композиційні особливості військових меморіалів до Першої світової війни в Європі (та ймовірно до Громадянської війни 1860-х у США [6]) підпорядковувалися ідеї тріумфу правителя, а не пам’яті про індивідуальну жертву. Лише після Першої світової війни в архітектурну практику входить новий тип меморіального простору, орієнтований на вшанування окремих людей — як комбатантів, так і цивільних. Типовим прикладом такої трансформації є один із найбільших меморіальних ансамблів Франції на пагорбі Нотр-Дам-де-Лорет, де композиція підпорядкована ідеї рівності перед смертю [9].

У міжвоєнний період було вироблено фундаментальні планувальні прийоми організації таких об’єктів та їхні ключові компоненти: кладовища з однотипними надгробками, що формують чіткий просторовий ритм на зелених полях, могили Невідомого Солдата (кенотафи), стели з іменами та монументальні споруди. Навіть Вічний вогонь як специфічний композиційний маркер, що пізніше став невід’ємним елементом радянських комплексів, був запозичений із французької меморіальної традиції.

Безперечно, просторова організація військових меморіалів завжди залежала від політичних та ідеологічних факторів [12]. Кожен комплекс, окрім функції збереження пам’яті (remembrance), виконує роль ідеологічного якоря в міському середовищі. На території України перші меморіали міжвоєнного

періоду з'явилися на землях, підконтрольних Польщі; зокрема, «Цвинтар Оборонців Львова» мав чітку ідеологічну спрямованість на утвердження польського характеру міста через архітектурно-символічні засоби. Водночас у Радянському Союзі події Першої світової війни фактично випадали з меморіального ландшафту, що створювало певну «просторову лакуну» в комеморативній практиці того часу.

Ситуація змінилася після Другої світової війни, коли територія України стала місцем масштабної меморіалізації. Структура та планувальні рішення радянських комплексів значною мірою адаптували європейські напрацювання, але з акцентом на монументальну героїзацію. У цей період сформувалися два основні типи об'єктів: меморіали-тріумфи, що виступали композиційними домінантами міст (Меморіал Вічної Слави у Києві, 1957 р.; комплекс у Миколаєві, 1967 р.), та меморіали-некрополі, інтегровані в природний ландшафт (Лохвиця, 1976 р.; «Малинська трагедія»). Часто вони доповнювалися експозиціями військової техніки просто неба, що розширювало функціональний склад комплексів (Меморіал 411-ї батареї в Одесі, 1975 р.; комплекс у Києві, 1974–1981 рр.).

На початок війни у 2014 році Україна володіла розгалуженою, проте ідеологічно застарілою мережею меморіалів. Російська агресія та використання ворогом «культу Великої Перемоги» як інструменту пропаганди змусили Україну переглянути композиційні та змістові підходи до вшанування пам'яті. Державні рішення 2015 року та остаточний перехід до європейської традиції 8 травня у 2023 році заклали підґрунтя для формування нової архітектурної ідентичності місць пам'яті.

Прийняття Закону про декомунізацію [2] дозволило розпочати трансформацію існуючого меморіального простору через зміну статусу або демонтаж радянських монументів. Якщо до 2022 року ці процеси відбувалися мляво і часто обмежувалися лише усуненням постатей комуністичних вождів, то після повномасштабного вторгнення підходи до простової реорганізації стали радикальнішими.

Сучасна практика демонструє різні стратегії поводження з радянською спадщиною в умовах відбудови: від повної реструктуризації простору з ексгумацією та перепохованням, як на Марсовому полі у Львові, до точкової реконтекстуалізації, як-от заміна символіки на щиті «Батьківщини-матері» у Києві. У Полтаві на меморіалі Солдатської Слави спостерігаємо мінімалістичний підхід — корекцію дат та зміну ритуальних елементів. Ці відмінності підкреслюють, що ліквідація забороненої символіки є лише першим етапом; головним викликом повоєнної відбудови залишається створення нових

композиційних домінант, які б органічно поєднували світові архітектурні тренди з національним кодом пам'яті.

Рис. 1. Меморіальний комплекс Солдатської Слави в Полтаві: ліворуч – головний елемент комплексу – пам'ятник воїну-визволителю; праворуч зверху – колишнє місце Вічного вогню у вигляді п'ятикутної зірки (комуністичний символ, заборонений законом), праворуч знизу – гранітна брила зі зміненим роком початку війни (1941 замінено на 1939 – рік початку Другої світової війни). Фото А. Дмитренка, 2025

З 2022 року перехід війни у стадію високої інтенсивності зумовив радикальну трансформацію засобів комеморації в публічному просторі та пошук нових архітектурно-планувальних підходів до організації меморіального середовища. Стихійні громадські ініціативи, зокрема встановлення національних прапорців за кількістю загиблих на центральних площах міст (зокрема на майдані Незалежності в Києві), стали первинною формою просторової комеморації (рис. 5). Цей тип організації пам'ятного місця можна визначити як короткостроковий, проте він є ключовим етапом формування тимчасового меморіального ландшафту в умовах триваючого конфлікту.

Наступним етапом розвитку композиційної структури пам'ятних місць стало впровадження середньострокових рішень, ініційованих органами місцевого самоврядування. Характерним прикладом такої просторової інтеграції є встановлення у 2024 р. двосторонніх меморіальних стендів із портретами та біографіями захисників на бульварній частині вулиці Соборності в Полтаві (рис. 2). З точки зору урбаністики та просторового аналізу, таке рішення суттєво змінює функціональний профіль міського середовища: традиційна рекреаційна зона Каштанової алеї трансформується у меморіально-транзитний простір, що за своїм емоційно-символічним навантаженням наближається до сакральної структури військового некрополя. Попри складність поєднання комеморативної та повсякденної функцій на одній

ділянці, така форма композиційного втручання є необхідним екзистенційним компромісом періоду відбудови. Вона виконує роль перехідної просторової моделі, що забезпечує безперервність пам'яті до моменту реалізації капітальних архітектурних проєктів меморіальних комплексів.

Рис. 2. Стенди з портретами загиблих захисників України на вулиці Соборності в Полтаві. Фото А. Дмитренка, 2025 р.

Проєкт капітального ремонту прилеглої території Алеї Пам'яті Героїв у с. Ляшківка Дніпропетровської області (архітектор Ніколаєнко В.В., реалізація 2025р.) (рис.3.) ілюструє сучасний підхід до просторової організації та реконтекстуалізації меморіального середовища, де через синтез збережених елементів минулого та нових композиційних домінант формується багатошаровий простір пам'яті. Архітектурне рішення базується на збереженні існуючого монумента загиблим у Другій світовій війні із обов'язковим очищенням його від радянської символіки згідно з вимогами деколонізації, що супроводжується радикальною модернізацією інфраструктури — заміною деградованого асфальтового покриття на сучасну бруківку, облаштуванням ландшафтних зон та встановленням малих архітектурних форм для відпочинку й рефлексії.

Композиційне розширення меморіалу за рахунок створення нової Алеї Героїв сучасної російсько-української війни, що включає індивідуалізовані стенди з портретами захисників, флагшток з державним прапором та меморіальний хрест, трансформує локацію з пасивного об'єкта споглядання на активний, багатофункціональний комеморативний простір, який гармонійно інтегрує різні історичні етапи боротьби за незалежність у цілісний архітектурний ансамбль. Принциповою планувальною особливістю проєкту є те, що новий меморіальний сегмент не виносився в окрему, відчужену функціональну зону поселення, а був органічно інтегрований у вже існуючу структуру громадського простору, що забезпечує архітектурну тяглість,

підкреслює живий зв'язок поколінь та посилює соціальну роль об’єкта в щоденному житті громади.

Рис. 3. Алеї Пам’яті Героїв у с. Ляшківка Дніпропетровської області. 1-2 фото до реконструкції, 3-6 варіанти візуалізацій проєктних рішень (арх. Ніколаєнко В.В.)

Висновки. Дослідження підтверджує, що сучасна просторова організація меморіальних комплексів в Україні трансформується від концепції статичного радянського монументалізму до створення динамічних архітурно-ландшафтних ансамблів, інтегрованих у «живе» середовище громадських просторів. Важливим етапом цієї трансформації є деколонізація меморіального ландшафту через вилучення ідеологічних нашарувань минулого та формування нових композиційних домінант, що відображають актуальні національні наративи. Аналіз сучасних практик засвідчив, що тимчасові форми комеморації (стенди, прапорці) на центральних алеях міст виступають необхідним просторовим компромісом, який забезпечує безперервність пам’яті до моменту зведення капітальних споруд у період повоєнної відбудови. Приклад реалізації проєкту в

с. Ляшківка демонструє ефективність стратегії інтеграції нових меморіальних сегментів у вже існуючий функціональний каркас поселення, що підкреслює архітектурну тяглість та зв'язок різних історичних етапів боротьби за незалежність. У підсумку, перспективні моделі меморіальних комплексів мають проєктуватись як багатофункціональні середовища, що поєднують комеморативну сакральність із просвітницькою та терапевтичною функціями, сприяючи психологічному відновленню суспільства.

Список літератури

1. Memorial Definition & Meaning | Britannica Dictionary. URL: https://www.britannica.com/dictionary/memorial

2. Про засудження комуністичного та націонал-соціалістичного (нацистського) тоталітарних режимів в Україні та заборону пропаганди їхньої символіки: Закон України від 09.04.2015 № 317-VIII. URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/317-19#Text

3. Про засудження та заборону пропаганди російської імперської політики в Україні і деколонізацію топонімії: Закон України від 21.03.2023 № 3005-IX. URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/3005-20#Text

4. A. Borg, War memorials: from antiquity to the present, Leo Cooper, London, 1991.

5. War and Remembrance in the Twentieth Century, (Editors: J. Winter, E. Sivan), Cambridge University Press, Cambridge, 1999.

6. J.R. Neff, Honoring the Civil War Dead: Commemoration and the Problem of Reconciliation (Modern War Studies) (first edition), University Press of Kansas, Lawrence, 2005.

7. A. Whitmarsh, "We Will Remember Them". Memory and Commemoration in War Museums, Journal of Conservation and Museum Studies, 7, 2001, pp. 11-15, DOI:10.5334/jcms.7013

8. J.M. Mayo, *War Memorials as Political Memory,* Geographical Review, 78(1), 1988, pp. 62-75, DOI: 10.2307/214306.

9. B. Niven, *War memorials at the intersection of politics, culture and memory,* Journal of War & Culture Studies, 1(1), 2007, pp. 39-45, DOI:10.1386/jwcs.1.1.39_0.

10. P. Spiridon-Ursu, I.-G. Breabăn, I. Sandu, *Geopolitical changes and cultural vulnerability: analyzing the influence on community resilience and heritage sites,* Present Environment and Sustainable Development, 17(2), 2023, pp. 279-291, DOI: 10.47743/pesd2023172020.

11. DBN B 2.2-1:2008. Cemeteries, crematoriums and columbaria. Design standards, Ministry of Regional Development and Construction of Ukraine, Kyiv, 2008. (Original language: ДБН Б 2.2-1:2008. Кладовища, крематорії та колумбарії. Норми проектування, Міністерство регіонального розвитку та будівництва, Київ, 2008.)

12. A. Porter, T. McClellan, S. Wilhelm, J. Weber, A. Baldwin, J. Colley, B. Enriquez, M. Jahrles, B. Lanois, V. Malinov, S. Ragavan, A. Robins, Z. Safi, *"Their corpses will reach the base*

of heaven": a third-millennium BC war memorial in northern Mesopotamia? Antiquity, 95(382), 2021, pp. 900-918. DOI: 10.15184/aqy.2021.58.

13. Про заходи щодо вшанування пам'яті Героїв Небесної Сотні: Указ Президента України від 11.02.2015 № 69/2015. URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/169/2015#Text

14. Про внесення змін до деяких законів України щодо встановлення обмежень на використання символіки, пов'язаної з агресією російської федерації: Закон України від 22.05.2023 № 3107-IX. URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/3107-20#Text

15. На Марсовому полі у Львові завершили демонтаж центральної алеї | Варіанти: новини Львова. URL: https://varianty.lviv.ua/publikatsiyi/na-marsovomu-poli-u-lvovi-zavershyly-demontazh-tsentralnoi-alei

16. На монументі «Батьківщина-мати» встановили Тризуб (фотогалерея) | Радіо Свобода. URL: https://www.radiosvoboda.org/a/foto-na-batkivshchyni-maty-vstanovyly-tryzub/32536528.html

17. У Полтаві створили правила для поховання захисників у почесному секторі | ЗМІСТ. URL: https://zmist.pl.ua/news/u-poltavi-stvoryly-pravyla-dlya-pohovannya-zahysnykiv-u-pochesnomu-sektori

18. Деякі питання створення Національного військового меморіального кладовища: Постанова Кабінету Міністрів України від 04.10.2022 № 1115. URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1115-2022-%D0%BF#Text

19. Про реалізацію експериментального проекту щодо проектування Національного військового меморіального кладовища: Постанова Кабінету Міністрів України від 19.08.2022 № 935. URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/935-2022-%D0%BF#n8

20. ДБН Б.2.2-12:2019. Планування та забудова територій, Міністерство регіонального розвитку, будівництва та житлово-комунального господарства України, Київ, 2019.).

Dr. of Science, Professor **Volodymyr Nikolaenko,**
PhD, Associate Professor **Volodymyr Nikolaenko,**
postgraduate student, **Maksim KOBELYOV,**
National University "Poltava Polytechnic named after Yu. Kondratyuk"

SPATIAL ORGANIZATION AND COMPOSITION FEATURES OF MODERN MEMORIAL COMPLEXES IN THE CONDITIONS OF POST-WAR RECONSTRUCTION

The article is devoted to the study of the principles of spatial organization and compositional features of modern memorial complexes in the context of the post-war reconstruction of Ukraine. The world experience of architectural formation of memorial sites and the evolution of means of expression in honoring the fallen defenders during 2014–2026 is analyzed. Based on the analysis, promising

architectural and planning models of memorials, their options for integration into the urban environment and their role as new compositional dominants in the structure of settlements are identified.

Relevance The paper first considers the transformation of spontaneous forms of commemoration into holistic spatial solutions that become part of post-war reconstruction strategies. Special attention is paid to the rethinking of the existing memorial landscape: dismantling or recontextualization of the Soviet heritage in accordance with the requirements of decolonization and their replacement with new figurative and symbolic structures.

The main approaches to the formation of the functional-spatial structure of complexes are determined, where the compositional solution harmonizes traditional forms of commemoration with modern landscape and architectural practices. It is proven that in the conditions of reconstruction, the memorial space should be designed as a multifunctional environment that combines the commemorative function with educational and recreational, forming a new identity of Ukrainian cities.

The purpose of the study is to scientifically substantiate the principles of spatial organization and identify the compositional features of modern memorial complexes in Ukraine based on the analysis of the world experience of commemoration and national traditions in the context of post-war reconstruction strategies

The objectives of the study were as follows:

- to investigate the world experience of the formation of spatial organization and the evolution of compositional techniques of military memorials in the USA and Europe during the late 19th and 20th centuries;
- to analyze modern Ukrainian practices of commemoration that have been formed since 2014, from the point of view of their architectural and planning development and the search for new figurative and symbolic solutions;
- to study the processes of transformation of the existing memorial environment under the influence of the Laws of Ukraine “On the condemnation of the communist and national socialist (Nazi) totalitarian regimes in Ukraine and the prohibition of the propaganda of their symbols”and “On the condemnation and prohibition of the propaganda of the Russian imperial policy in Ukraine and the decolonization of toponymy” as a factor in clearing space for new compositional dominants;
- to determine strategic approaches to the placement and spatial integration of memorial complexes into the structure of settlements in the context of comprehensive post-war reconstruction.

The scientific novelty of the study lies in the systematic substantiation of the principles of spatial organization of memorial complexes as key elements of the urban planning framework in the context of the post-war reconstruction of Ukraine.

For the first time, the compositional features of modern memorials, based on the transition from static monumentalism to the creation of multifunctional architectural and landscape ensembles, have been identified. Approaches to the strategic placement of memorial objects in the structure of settlements have been further developed, which allows harmonizing the commemorative function with new socio-urban needs. The need to form a decolonized memorial environment through the introduction of new figurative and symbolic structures that contribute to the affirmation of national identity and the psychological rehabilitation of society has been proven.

Keywords: memorial complex; spatial organization; architectural composition; post-war reconstruction; urban context; commemoration; architecture of memory.

REFERENCES

1. Memorial Definition & Meaning | Britannica Dictionary. URL: https://www.britannica.com/dictionary/memorial. {in English}

2. "On the condemnation of the communist and national socialist (Nazi) totalitarian regimes in Ukraine and the prohibition of propaganda of their symbols": Law of Ukraine dated 09.04.2015 No. 317-VIII. URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/317-19#Text. {in Ukrainen}

3. "On the condemnation and prohibition of propaganda of Russian imperial policy in Ukraine and the decolonization of toponymy": Law of Ukraine dated 21.03.2023 No. 3005-IX. URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/3005-20#Text. {in Ukrainen}

4. A. Borg, War memorials: from antiquity to the present, Leo Cooper, London, 1991. {in English}

5. War and Remembrance in the Twentieth Century, (Editors: J. Winter, E. Sivan), Cambridge University Press, Cambridge, 1999. {in English}

6. J.R. Neff, Honoring the Civil War Dead: Commemoration and the Problem of Reconciliation (Modern War Studies) (first edition), University Press of Kansas, Lawrence, 2005. {in English}

7. A. Whitmarsh, “We Will Remember Them”. Memory and Commemoration in War Museums, Journal of Conservation and Museum Studies, 7, 2001, pp. 11-15, DOI:10.5334/jcms.7013. {in English}

8. J.M. Mayo, War Memorials as Political Memory, Geographical Review, 78(1), 1988, pp. 62-75, DOI: 10.2307/214306. {in English}

9. B. Niven, War memorials at the intersection of politics, culture and memory, Journal of War & Culture Studies, 1(1), 2007, pp. 39-45, DOI:10.1386/jwcs.1.1.39_0. {in English}

10. P. Spiridon-Ursu, I.-G. Breabăn, I. Sandu, Geopolitical changes and cultural vulnerability: analyzing the influence on community resilience and heritage sites, Present Environment and Sustainable Development, 17(2), 2023, pp. 279-291, DOI: 10.47743/pesd2023172020. {in English}

11. DBN B 2.2-1:2008. Cemeteries, crematoriums and columbaria. Design standards, Ministry of Regional Development and Construction of Ukraine, Kyiv, 2008. {in Ukrainen}

12. A. Porter, T. McClellan, S. Wilhelm, J. Weber, A. Baldwin, J. Colley, B. Enriquez, M. Jahrles, B. Lanois, V. Malinov, S. Ragavan, A. Robins, Z. Safi, "Their corpses will reach the base of heaven": a third-millennium BC war memorial in northern Mesopotamia? Antiquity, 95(382), 2021, pp. 900-918. DOI:10.15184/aqy.2021.58. {in English}

13. "On measures to honor the memory of the Heroes of the Heavenly Hundred": Decree of the President of Ukraine dated 11.02.2015 No. 69/2015. URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/169/2015#Text. {in Ukrainian}

14. "On amendments to certain laws of Ukraine regarding the establishment of restrictions on the use of symbols associated with the aggression of the Russian Federation": Law of Ukraine dated 22.05.2023 No. 3107-IX. URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/3107-20#Text. {in Ukrainian}

15. Dismantling of the central alley completed on the Mars Field in Lviv | Varianty: Lviv news. URL: https://varianty.lviv.ua/publikatsiyi/na-marsovomu-poli-u-lvovi-zavershyly-demontazh-tsentralnoi-alei. {in Ukrainian}

16. Trident installed on the Motherland Monument (photo gallery) | Radio Liberty. URL: https://www.radiosvoboda.org/a/foto-na-batkivshchyni-maty-vstanovyly-tryzub/32536528.html. {in Ukrainian}

17. Rules for the burial of defenders in the honorary sector created in Poltava | ZMIST. URL: https://zmist.pl.ua/news/u-poltavi-stvoryly-pravyla-dlya-pohovannya-zahysnykiv-u-pochesnomu-sektori. {in Ukrainian}

18. "Some issues of creating the National Military Memorial Cemetery": Resolution of the Cabinet of Ministers of Ukraine dated 04.10.2022 No. 1115. URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1115-2022-%D0%BF#Text. {in Ukrainian}

19. "On the implementation of an experimental project regarding the design of the National Military Memorial Cemetery": Resolution of the Cabinet of Ministers of Ukraine dated 19.08.2022 No. 935. URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/935-2022-%D0%BF#n8. {in Ukrainian}

20. DBN B.2.2-12:2019. Planning and development of territories, Ministry of Regional Development, Construction, Housing and Communal Services of Ukraine, Kyiv, 2019. {in Ukrainian}

DOI: 10.32347/2076-815X.2026.92.245-253
УДК 711.7

Овсянкін О.П.,
metrika2003@gmail.com, ORCID: 0009-0002-6131-3062,
Збройні Сили України,
Носаль С.С.,
nosalstepan58@gmail.com, ORCID: 0009-0001-6904-7611,
Одеська Державна Академія Будівництва та Архітектури

«ТРАНСПОРТНІ ХАБИ НОВОГО ПОКОЛІННЯ В ОДЕСІ: МОДЕРНІЗАЦІЯ, ІНТЕГРАЦІЯ ПАСАЖИРСЬКИХ ПЕРЕВЕЗЕНЬ ТА МІСТОБУДІВНІ ПЕРСПЕКТИВИ»

Розглядається концепція транспортного хаба нового покоління як інструменту об'єднання, координації та оптимізації транспортних потоків в Одесі. Особлива увага приділяється питанням реконструкції існуючого залізничного вокзалу Одеса-Головна та альтернативному підходу через створення мережі транзитних транспортно-пересадочних вузлів (ТПВ), що формують розподілену систему мобільності міста. Автори аналізують сучасний стан транспортної інфраструктури, проблеми навантаження центральних транспортних артерій, а також виклики інтеграції різних видів транспорту – залізничного, міського громадського, автомобільного, легкорейкового та пішохідного. Окремо розглядаються можливості впровадження цифрових технологій управління мобільністю, систем інтелектуального транспорту та концепції Mobility as a Service (MaaS), що дозволяє об'єднати різноманітні транспортні сервіси у єдину зручну для користувача систему. У роботі також проаналізовано міжнародний досвід створення мультимодальних транспортних вузлів та їх вплив на формування нових міських центрів активності, підвищення доступності територій та розвиток довколишніх районів. Наводяться приклади реалізації подібних рішень у європейських містах та обґрунтовується вибір потенційних локацій трьох основних транспортних хабів Одеси з урахуванням центральної, південної та північної частин міської агломерації. Запропонована концепція спрямована на формування збалансованої транспортної системи, що дозволяє рівномірно розподілити пасажирські потоки, знизити навантаження на історичний центр міста та забезпечити стійку, гнучку та екологічно орієнтовану систему міської мобільності.

Ключові слова: транспортний хаб; мультимодальний транспорт; Одеса; транспортно-пересадочний вузол (ТПВ); Mobility as a Service (MaaS); інтеграція

транспортних потоків; урбаністична мобільність; стале транспортне планування.

Постановка проблеми. Місто Одеса як важливий портовий та логістичний центр півдня України потребує сучасної транспортної інфраструктури. Існуюча система залізничного та міського транспорту не інтегрована, має тупикову структуру вокзалу «Одеса-Головна» та відсутність сучасного легкорейкового сполучення. Щільна історична забудова центру та розрізненість транспортних потоків ускладнюють реконструкцію. Перед містом постає завдання: забезпечити стійку, мультимодальну та ефективну систему мобільності шляхом модернізації існуючого вокзалу або створення мережі транзитних транспортно-пересадочних вузлів (ТПВ).

Основний матеріал і результати дослідження. Транспортний хаб нового покоління: концепція об'єднання та оптимізації транспортних потоків. Город Одесса є центром стабільного розвитку і гостро потребує сучасної транспортної інфраструктури. Особливо актуальною ця проблема стане у період післявоєнного відновлення міста як великого порту та логістичного центру півдня України. Одним із перспективних рішень є формування мережі транспортно-пересадочних вузлів, які забезпечать ефективне сполучення центральних районів міста з віддаленими житловими масивами.

Використання існуючої транспортної інфраструктури, що дісталася у спадок від Російської імперії і була розвинена в радянський період, ставить питання щодо її відповідності сучасним стандартам [1]. Перед містом-мільйонником постає стратегічна дилема: реконструювати та модернізувати наявну систему чи створювати нові транспортно-пересадочні вузли, відповідно до сучасних стандартів мобільності та сталого розвитку [2].

Сучасна структура з тупиковим залізничним вокзалом, а також незгода систем авіаційного, залізничного та морського транспорту у поєднанні з відсутністю сучасного легкорейкового сполучення актуалізує необхідність створення сучасних транспортних хабів. Їх формування дозволить інтегрувати різні види транспорту, підвищити мобільність населення та зміцнити статус Одеси як ключового логістичного вузла півдня України.

Сучасний транспортний хаб: мультифункціональна модель.Транспортний хаб нового покоління — це багатофункціональний інфраструктурний комплекс, який забезпечує інтеграцію різних видів транспорту (залізничного, автомобільного, громадського, вело- та пішохідного) з метою створення зручної, швидкої та сталої мобільності. Основна особливість хабу полягає не лише у фізичному з'єднанні транспортних засобів, а й в оптимізації логістичних,

пасажирських та сервісних потоків за допомогою цифрових технологій, аналітики даних і принципів сталого розвитку.

Ключові принципи сучасного хабу:

1. Інтеграція: взаємозв'язок усіх видів транспорту з принципом «безшовної пересадки» (seamless transfer) для мінімізації часу очікування.
2. Цифровізація: інтелектуальні транспортні системи, мобільні застосунки та електронний квиток для управління потоками та персоналізованих маршрутів.
3. Мультимодальність і MaaS: можливість планувати маршрут, оплачувати поїздку та пересуватися між різними видами транспорту через єдину платформу [3].
4. Сталий розвиток та урбаністична інтеграція: екологічний транспорт, доступність для всіх категорій населення, інтеграція з громадськими, рекреаційними та культурними зонами [4].

Приклади реалізації. Utrecht Centraal Station (Нідерланди) — інтеграція велоінфраструктури, зони спільної роботи, торговельних функцій і транспортної аналітики. Helsinki Mobility Hub — реалізація концепції MaaS, де користувач планує та здійснює подорож усіма видами транспорту через один застосунок. Stuttgart 21 (Німеччина) — реконструкція залізничного вокзалу у підземний мультимодальний хаб із включенням міського транспорту, інноваційних логістичних схем і просторів громадського призначення [5, 8].

Проблеми реконструкції Одеса-Головна. Основним рішенням для Одеси наразі вважається реконструкція тупикового залізничного вокзалу Одеса-Головна [9].Проте реалізація цього проєкту стикається з рядом викликів: щільна історична забудова, відсутність зручних зв'язків із внутрішнім міським транспортом, складнощі інтеграції з наземним метро або легкорейковим транспортом, що потребує масштабних робіт і значних фінансових ресурсів.

Вокзал розташований на перетині головних транспортних осей міста, тому масштабна реконструкція може призвести до транспортного колапсу. Подібна ситуація вже виникала у Європі на прикладі Stuttgart 21, де складні інженерні рішення та втручання у міську тканину спричинили протести та значні затримки. Додатковою проблемою є тупикова схема вокзалу, яка обмежує можливості для організації дальнього та транзитного сполучення, що стримує розвиток Одеси як ключового транспортного вузла.

Логічним рішенням може стати відмова від використання вокзалу Одеса-Головна як ключового мультимодального комплексу. Замість цього доцільно розглядати створення декількох транзитних транспортно-пересадочних вузлів (ТПУ) у найбільших районах міста.

Вибір місця для транспортних хабів. Одеса складається з трьох великих агломерацій: центральної частини міста, житлового масиву Черемушки–Таїрово на півдні та Котовського на півночі. Логічним рішенням є формування трьох основних транспортних хабів, з'єднаних між собою рельсовим сполученням, а саме:

- Центральний хаб — забезпечує інтеграцію з морським транспортом Одеського порту та внутрішньою мережею громадського транспорту, виступаючи ключовим транзитним вузлом міста.
- Південний хаб — пов'язаний із існуючим аеропортом та житловими масивами Черемушки–Таїрове, забезпечує пасажирські потоки у південному напрямку міста.
- Північний хаб — орієнтований на транспортне та інфраструктурне обслуговування району Селища Котовського та прилеглих активно зростаючих територій, зокрема Полів зрошення та приморських зон Пересипу. Цей хаб також може стати основою для перенесення або створення нового аеропорту на території Гідропорту, сприяючи інтеграції різних видів транспорту та забезпечуючи гнучку масштабованість системи відповідно до майбутнього розвитку міста.

Окрім того, доцільно розглянути можливість створення єдиного інтегрованого транспортного хабу, який би об'єднував обслуговування центрального та північного районів міста. Оптимальним місцем для його розміщення може бути район Пересипу (рис. 1). Вибір цієї локації обґрунтовується відносно низькою щільністю забудови, що створює умови для масштабного розвитку інфраструктури без необхідності значних знесень існуючих об'єктів. Наявність залізничних колій формує сприятливі передумови для інтеграції хабу в міську транспортну систему, забезпечуючи ефективну логістику та зручне сполучення з іншими районами. Географічне положення Пересипу, а також близькість до демографічного центру Одеси, роблять його стратегічно вигідним для обслуговування максимальної кількості населення. Крім того, дана локація відкриває можливість організації транзитного доступу поїздів далекого прямування в місто без необхідності тупикового заїзду. Це дозволить суттєво скоротити час відправлення, уникнути перетинів із наявною дорожньою мережею та забезпечити комплексне обслуговування поїздів далекого сполучення, приміських поїздів і ліній легкорейкового транспорту на одних і тих самих коліях. Завдяки цьому пасажири матимуть змогу здійснювати пересадки в межах одного транспортного вузла без додаткового переміщення між станціями.

Варто також нагадати, що Пересип уже виступала місцем розташування пасажирського вокзалу «Одеса-Бахмач», будівля якого й досі збереглася у

провулку Павла Кравцова (1-й Заливний провулок), виконуючи нині адміністративні функції [10].

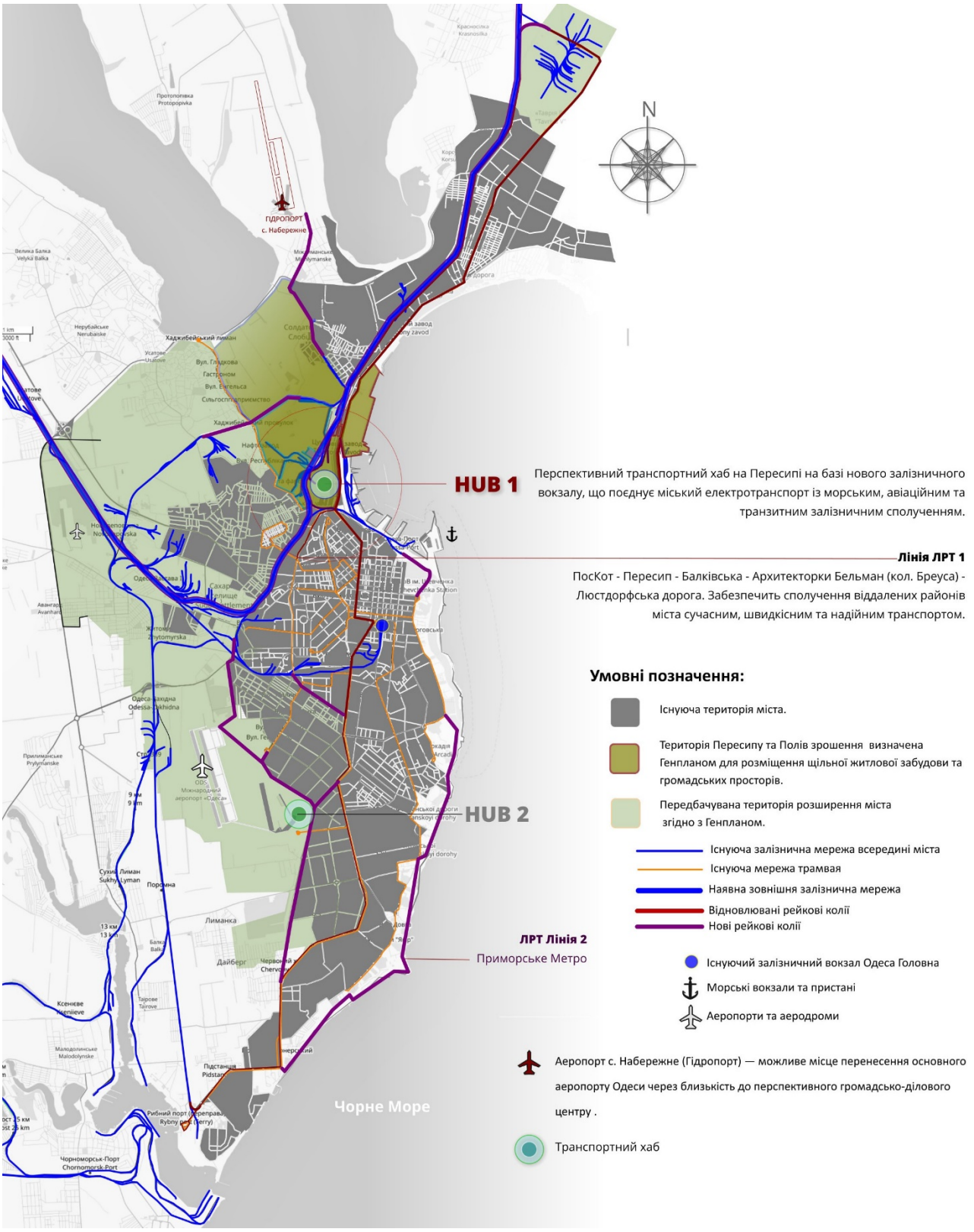


Рис. 1. Схема розміщення нових транзитних мультимодальних транспортних хабів на базі нових залізничних вокзалів міста Одеси. Автор: Архітектор Олександр Овсянкін. Одеса 2025р.

Райони Пересип і Поля зрошення, а також території Морського порту та аеродрому Гідропорт (с. Набережне) можуть розглядатися як перспективні зони для оптимізації транспортної інфраструктури та подальшого розвитку в рамках Генерального плану міста .Включення цих територій до зон розвитку передбачає можливість створення нових ділових, громадських і транспортних центрів, а також інтеграцію перспективних об'єктів авіаційної інфраструктури, зокрема аеропорту та аеродрому малої авіації.

При цьому створення єдиного хабу не вимагатиме зупинки діяльності існуючих транспортно-пересадочних вузлів, що дозволяє поєднувати модернізацію та розширення транспортної інфраструктури з безперервним обслуговуванням населення та міських районів. Такий підхід забезпечує комплексний розвиток транспортної системи міста, оптимізацію логістичних потоків і підвищення ефективності міської мобільності, що є важливим елементом стратегії сталого урбаністичного розвитку Одеси.

Стратегічна дилема. Місто стоїть перед вибором між реконструкцією існуючого вокзалу та створенням нової мережі транспортно-пересадочних вузлів (ТПВ), що забезпечить мультимодальну, стійку та ефективну систему мобільності.

Концепція сучасного хабу. Транспортний хаб нового покоління передбачає інтеграцію різних видів транспорту, цифровізацію, мультимодальність (MaaS) та сталий розвиток. Його реалізація дозволяє оптимізувати пасажирські та логістичні потоки, підвищити ефективність міської мобільності та інтегрувати транспорт у міське середовище.

Проблеми реконструкції «Одеса-Головна». Щільна історична забудова, відсутність зручних зв’язків із міським транспортом та тупикова схема вокзалу обмежують ефективність модернізації. Масштабна реконструкція може призвести до транспортних колапсів та значних фінансових витрат.

Рекомендована стратегія. Створення мережі ТПВ у центральному, південному та північному районах міста забезпечить рівномірний розподіл пасажирських потоків, інтеграцію залізничного, автомобільного, громадського та легкорейкового транспорту, а також гнучку масштабованість системи.

Перспектива єдиного хабу Пересипу. Локація обрана через низьку щільність забудови, наявність існуючих залізничних колій та близькість до демографічного центру міста. Створення хабу не потребує зупинки роботи існуючих ТПВ та дозволяє поєднати модернізацію інфраструктури з безперервним обслуговуванням населення. Значення для розвитку міста: Запропонована конфігурація транспортних хабів сприяє підвищенню мобільності населення, оптимізації логістики, інтеграції різних видів транспорту

та зміцненню статусу Одеси як стратегічного логістичного центру півдня України.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Rebuilding connections: Ukraine's transport infrastructure and the road to EU integration. Ispi Online URL: https://www.ispionline.it/en/publication/rebuilding-connections-ukraines-transport-infrastructure-and-the-road-to-eu-integration-210910?utm_source=chatgpt.com

2. European Commission (EC). Strategy for the EU integration of the Ukrainian and Moldovan rail system. 11 лип. 2023. URL: https://transport.ec.europa.eu/system/files/2023-07/Integration_of_the_UAMD_railway_system_into_the_EU_transport_system.pdf (дата звернення: 07.01.2024).

3. IRU. Mobility as a Service. URL: https://www.iru.org/global-search?text=Mobility+as+a+Service. (дата звернення: 10.01.2024).

4. WIIW. Rebuilding Ukraine's infrastructure after the war. URL: https://wiiw.ac.at/rebuilding-ukraine-s-infrastructure-after-the-war-p-6621.html?utm_source=chatgpt.com (дата звернення: 07.01.2024).

5. Овсянкін О.П. До питання можливості реконструкції території Одеського залізничного вокзалу / О.П. Овсянкін // Просторовий розвиток. — 2024. — № 7. — С. 102–113. — DOI: 10.32347/2786-7269.2024.7.102-113

6. Ovsyankin O.P. Historical Features of Formation Odessa Stations / O.P. Ovsiankin // Regional problems of architecture and urban planning. — 2023-10-17. — С. 75–90. — DOI: 10.31650/2707-403X-2023-17-75-90

7. Офіційний сайт Одеської міської ради. Генеральний план міста Одеси. URL: https://omr.gov.ua/ua/city/departments/uag/generalniy-plan-g-odessi (дата звернення: 28.11.2023).

8. European Commission. Transport in the European Union: Overview and Policy. URL: https://transport.ec.europa.eu/ (дата звернення: 03.05.2024).

9. UITP. Urban Mobility Report 2022. International Association of Public Transport. URL: https://www.uitp.org/publications/urban-mobility-report-2022 (дата звернення: 13.06.2024)

10. European Railway Agency. Rail Infrastructure and Intermodal Transport in Europe, 2021. URL: https://www.era.europa.eu (дата звернення: 18.08.2024)

Ovsyankin Oleksandr,
Armed Forces of Ukraine,
Nosal Stepan,
Odessa State Academy of Construction and Architecture

«NEW GENERATION TRANSPORT HUBS IN ODESSA: MODERNIZATION, INTEGRATION OF PASSENGER TRANSPORTATION AND URBAN PLANNING PROSPECTS»

This article examines the concept of a next-generation transport hub as a tool for unifying, coordinating, and optimizing traffic flows in Odessa. Particular attention is given to the reconstruction of the existing Odessa-Holovna railway station and an alternative approach through the creation of a network of transit transport interchange hubs (TTHs) that will form a distributed urban mobility system. The authors analyze the current state of transport infrastructure, the problems of congestion on central transport arteries, and the challenges of integrating various modes of transport—rail, public transport, automobiles, light rail, and pedestrians. The paper also examines the potential for implementing digital mobility management technologies, intelligent transport systems, and the Mobility as a Service (MaaS) concept, which enables the integration of various transport services into a single, user-friendly system. The paper also analyzes international experience in creating multimodal transport hubs and their impact on the formation of new urban activity centers, improving accessibility, and developing nearby neighborhoods. Examples of similar solutions implemented in European cities are provided, and the selection of potential locations for three main transport hubs in Odesa is justified, taking into account the central, southern, and northern parts of the urban agglomeration. The proposed concept aims to create a balanced transport system that will evenly distribute passenger flows, reduce the burden on the historic city center, and ensure a sustainable, flexible, and environmentally oriented urban mobility system.

Key words: transport hub; multimodal transport; Odesa; transport interchange hub (TIH); Mobility as a Service (MaaS); transport flow integration; urban mobility; sustainable transport planning.

REFERENCES

1. Rebuilding connections: Ukraine’s transport infrastructure and the road to EU integration. Ispi Online URL: https://www.ispionline.it/en/publication/rebuilding-connections-ukraines-transport-infrastructure-and-the-road-to-eu-integration-210910?utm_source=chatgpt.com {In English}

2. European Commission (EC). Strategy for the EU integration of the Ukrainian and Moldovan rail system. 11 лип. 2023. URL: https://transport.ec.europa.eu/system/files/2023-07/Integration_of_the_UAMD_railway_system_into_the_EU_transport_system.pdf (дата звернення: 07.01.2024). {In English}

3. IRU. Mobility as a Service. URL: https://www.iru.org/global-search?text=Mobility+as+a+Service. (дата звернення: 10.01.2024). {In English}

4. WIIW. Rebuilding Ukraine's infrastructure after the war. URL: https://wiiw.ac.at/rebuilding-ukraine-s-infrastructure-after-the-war-p-6621.html?utm_source=chatgpt.com (дата звернення: 07.01.2024). {In English}

5. Ovsiankin O.P. Do pytannia mozhlyvosti rekonstruktsii terytorii Odeskoho zaliznychnoho vokzalu / O.P. Ovsiankin // Prostorovyi rozvytok. - 2024. - № 7. - S. 102–113. — DOI: 10.32347/2786-7269.2024.7.102-113 {In Ukrainian}

6. Ovsyankin O.P. Historical Features of Formation Odessa Stations / O.P. Ovsiankin // Regional problems of architecture and urban planning. - 2023-10-17. - C. 75–90. — DOI: 10.31650/2707-403X-2023-17-75-90 {In Ukrainian}

7. Ofitsiinyi sait Odeskoi miskoi rady. Heneralnyi plan mista Odesy. URL: https://omr.gov.ua/ua/city/departments/uag/generalniy-plan-g-odessi (data zvernennia: 28.11.2023).8. European Commission. Transport in the European Union: Overview and Policy. URL: https://transport.ec.europa.eu/ (дата звернення: 03.05.2024). {In Ukrainian}

9. UITP. Urban Mobility Report 2022. International Association of Public Transport. URL: https://www.uitp.org/publications/urban-mobility-report-2022 (дата звернення: 13.06.2024). {In English}

10. European Railway Agency. Rail Infrastructure and Intermodal Transport in Europe, 2021. URL: https://www.era.europa.eu (дата звернення: 18.08.2024). {In English}

DOI: 10.32347/2076-815X.2026.92.254-263
УДК 72.01:711.4:7
д.арх., професор **Тімохін В.О.,**
timokhin:vo.@knuba.edu,ua, ORCID: 0000-0002-0559-4384,
к.арх., доцент **Праслова В.О.,**
praslova.vo@knuba.edu.ua, ORCID: 0000-0002-9342-6996,
Київського національного університету будівництва і архітектури,

МЕТОДИКИ ГАРМОНІЗАЦІЇ ТА ОБРАЗОТВОРЕННЯ ФОРМУВАННЯ АРТОБ'ЄКТІВ В МІСЬКОМУ СЕРЕДОВИЩІ

Наведено теоретичне обґрунтування методик гармонізації та образотворення як інструментів подолання наявних дефіцитів середовища та формування артоб'єктів у місті. Базисом дослідження виступає алгоритм поетапної перетворення дефіцитарного стану простору в повноцінний художній наратив. Для методики гармонізації виокремлено системний, біонічний, композиційний і світоглядний блоки методів. Відповідно, специфіка методики образотворення розкривається через генеративний, семіотичний, трансформаційний та сугестивний блоки. Робота містить аналіз методів та їх ролі у загальній структурі запропонованих методик.

Ключові слова: художнє проєктування; артоб'єкт; методика формування артоб'єктів; гармонізація; образотворення; міське середовище.

Постановка проблеми. Дослідження досвіду просторового мистецтва демонструє наявність конфлікту між здебільшого ізольованим функціонуванням артоб'єктів та реальними соціально-просторовими запитами сучасного міста. У сучасних дослідженнях наголошується на необхідності відродження художнього статусу архітектури та містобудування, який почав нівелюватися ще з XIX століття [1]. Базуючись на попередніх дослідженнях авторки щодо тенденцій формування артоб'єктів [2], а також практика їх формування та роль в сучасному місті [3; 4], артикулюється потреба у науковому переосмисленні механізмів їх інтеграції на макро та мега рівнях. Містобудівні фактори формування артоб'єктів спираються на рівні теорії містобудівних систем В. Тімохіна (урбантканина, каркас, ландшафт і оболонка) [5]. На макро рівні урбанландшафту спостерігається очевидний композиційно-стилістичний дисонанс у взаємодії урбанізованого середовища з природою. Це зумовлює втрату морфологічної єдності [6], що потребує активації процесів лендморфінгу за допомогою інтеграції артоб'єктів. Паралельно, на мегарівні урбаноболонки, критичною проблемою постає семантична порожнеча, нівелювати яку можливо шляхом метаморфоз фізичних кордонів художнього твору. З огляду на це, артоб'єкт

розглядається як інструмент просторового перетворення [7]. Оскільки міське середовище є складною та відкритою ієрархічною системою [8], виникає необхідність у конструюванні нових методик формування, здатних перевести простір зі стану дефіциту до стану синергії та цілісності.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Фундаментом наукової розвідки слугує ієрархічно-середовищний підхід художного проєктування міста. Засадниче значення мають дослідження механізмів створення цілісного міського образу на основі символізації І. Булах [8], образів міста та методології середовища В. Тімохіна [9; 10], концепція гармонізації простору Н. Шебек [11], міфопоетика архітектури С. Шубович [12] та інші. Дослідницький інтерес автора сфокусований на створенні методологічної бази, що поділяється на два стратегічні напрями: методи гармонізації та методи образотворення, як подальший логічний розвиток досліджених авторкою методик локалізації та гуманізації [13]. Теорія гармонізації архітектурного середовища визначає гармонію як першочергову умову сталого розвитку простору [7]. В межах екстраполяції цієї теорії на художнє проєктування, розроблена методика спирається на три етапи методологічної моделі Н. Шебек [11], доповнюючи їх етапом дефіцитарного аналізу. Структурування середовища увібрало методи пропорціювання (за «Модулором» Ле Корбюзьє) та стилізації (Ч. Дженкс). Здобуття цілісності спирається на метод систематизації (К. Александер). Екоінтеграція артоб'єкта з ландшафтом пояснюється через філософію симбіозу К. Курокави та гібридизацію С. Холла. Метод інсталяції отримав теоретичне обґрунтування у працях К. Бішопа, а прогностичний метод утопії розроблявся А. Россі. Метод інтеграції базується на підходах Я. Гейла. Верифікація технологічних рішень відбувається через метод моделювання Г. Саймона та сучасні BIM-технології (Ч. Істман). Натомість методики образотворення покликані трансформувати урбаноболонку. Залучення евристики (Д. Пойя), синектики (В. Гордон) та новітніх ШІ-технологій уможливлює генерацію безпрецедентних інтелектуальних програм. Формування художнього образу спирається на методи символізації (У. Еко), алегоризації (А. Флетчер) та метафоризації, дослідженої С. Шубович [12]. Ініціація глядацької уваги здійснюється через метод відсторонення (В. Шкловський). Розгортання просторового сценарію гарантують методи трансформації (С. Калатрава) та метаморфізації (Л. Спюбрук). Психологічний резонанс артоб'єкта формується завдяки методу емпатії (Ю. Палласмаа).

Мета публікації сформувати та науково обґрунтувати методики гармонізації (для урбанландшафту) та образотворення (для урбаноболонки) в контексті формування артоб'єктів - від ідентифікації дефіциту до створення художнього наративу, деталізувати відповідні блоки методів.

Основна частина. Методологічний апарат сформовано із застосуванням комплексу загальнонаукових методів, серед яких ключове місце посідають теоретичний аналіз літератури та якісно-кількісна оцінка реалізованих мистецьких інтервенцій. Використання методів синтезу відкритих даних у поєднанні зі статистичним індуктивним висновком дало змогу систематизувати накопичений емпіричний досвід і вибудувати чітку поетапну структуру розроблених методик.

Дія методів гармонізації спрямована на вивчення та оптимізацію зв'язків між урбанізованими та природними компонентами. Процедура розпочинається зі стадії дефіцитарного аналізу, де активується системний блок методів. У контексті дослідження систематизація трактується як дієвий засіб упорядкування розрізнених складових ландшафту в інтегровану логічну систему, що слугує основою для генерування просторових «художніх маршрутів». Прагматичний вимір цього методу розкривається через здатність модерувати фокус уваги реципієнта завдяки тактичному дублюванню ритмічних структур, ключових колірних домінант чи специфічних морфологічних маркерів у межах значних територій. Такий підхід гарантує глибинну семантичну зв'язність середовища, трансформуючи сукупність відокремлених артоб’єктів у гнучкий, мінливий та живий просторовий організм. Симбіоз традиційного моделювання з інноваційними BIM-інструментами уможливлює прорахунок взаємодії об’єкта з середовищем. Наукові дослідження підтверджують, що для досягнення цілей сталого розвитку архітектурне втручання мусить комплексно враховувати кліматичні, енергетичні та інфраструктурні аспекти [14].

Наступний етап передбачає формування артоб’єктів через біонічний блок методів. Застосування цієї групи методів зводиться до проєктування артоб’єктів, пластика яких розчиняється в природному оточенні, позбавляючись статусу антропогенної домінанти. У площині практичної реалізації метод симбіозу втілюється шляхом залучення біологічної флори в ролі повноцінного тектонічного чи скульптурного компонента, завдяки чому мистецький твір еволюціонує у самодостатню функціонуючу екосистему. Відповідно, гібридизація позиціонується як форма етичної співпраці людини та ландшафту, при чому мистецтво виходить за межі пасивного споглядання природи, натомість виступаючи активним донором її біорізноманіття. Своєю чергою, просторова інтеграція фокусується на гранично глибокому «імплантуванні» художнього твору в геометрію рельєфу чи інфраструктуру. На практиці це втілюється у використанні біомімікрії, інтеграції флори в конструкцію, тощо.

Матеріалізацію художньої ідеї забезпечує композиційний блок методів. У фаховому дискурсі він переплітається з візуальною екологією, яка констатує проблему надлишку агресивних і монотонних візуальних полів у містах.

Важливість візуальної екології сьогодні закріплена на світовому рівні через включення параметрів естетики до сертифікаційних екологічних стандартів, таких як LEED, BREEAM та DGNB [15]. На цій фазі домінує метод пропорціювання. Залучення математичних констант гармонійно підпорядковує габарити артоб’єкта відкритому урбанландшафту. Естетичний баланс антропогенного та природного середовищ формується завдяки стилізації — художній трансформації органічних чи історичних мотивів. Втілення біоморфних патернів у сучасних матеріалах перетворює об'єкт на стилістичний місток між ландшафтом та архітектурою. Кульмінацією композиційної взаємодії є синтез мистецтв, що набуває поліфункціональності. Така синергія експлуатаційних сценаріїв дозволяє втілити принципи лендморфінгу, де фізичні межі між земною поверхнею та художньою структурою стираються.

Фінальна стадія зосереджена на цілісності простору за допомогою світоглядного блоку, що зосереджений на досягненні стану екорезонансу. Метод утопії слугує інструментом моделювання альтернативних реальностей та ідеалізованих проєкцій майбутнього. У відкритому ландшафті такий артоб’єкт діє як візуальний маніфест — висловлювання про стан цивілізації, що перетворює локацію на простір філософської рефлексії. Практична матеріалізація візій відбувається завдяки методу інсталяції. На противагу автономній класичній скульптурі, інсталяційний підхід радикально змінює сприйняття місця. Він активно взаємодіє з усім об'ємом середовища, візуально «кадруючи» панорами та акцентуючи увагу на раніше непомітних природних домінантах. Синтез утопічного наративу та інсталяційної просторової гри генерує фінальний стан «контрасту-екорезонансу». Завдяки цьому артоб’єкт легітимізується в міській структурі як ціннісний маркер, що гармонійно зв'язує антропогенні форми з природою.

Методика образотворення покликана компенсувати символіко-естетичний дефіцит. Процес ініціюється генеративним блоком методів. Сьогодні художнє проєктування переживає парадигмальний зсув через імплементацію генеративного штучного інтелекту (GenAI) [16]. Дифузійні моделі та генеративно-змагальні мережі (GANs) стали повноцінними співавторами при розробці концепцій фасадів та об'ємів [17]. Комплексний промпт-інжиніринг стимулює пошук унікальних форм, тоді як алгоритмічні надбудови на кшталт ControlNet та Lora забезпечують жорсткий контроль над просторовою геометрією артоб’єкта [18]. Симбіоз евристики (методів синектики та мозкового штурму) з інноваційними ШІ-технологіями ефективно руйнує традиційні проєктні патерни. Синектика стимулює пошук неочевидних асоціацій, дозволяючи архітектору генерувати безпрецедентні форми та пропонувати нові сценарії просторової взаємодії. Потужним каталізатором цього процесу виступає

Generative AI, який діє як повноцінний інтелектуальний співавтор. Завдяки здатності миттєво аналізувати колосальні обсяги Big Data та міських культурних кодів, штучний інтелект синтезує об'єкти, що поєднують футуристичність із контекстуальністю. На рівні урбаноболонки це втілюється у створенні імерсивних середовищ, здатних реагувати на динаміку міських потоків у режимі реального часу. Зрештою, синергія людської інтуїції та обчислювальної потужності алгоритмів перетворює артоб’єкт на складний «цифровий медіум». Завершується етап досягненням стану новизни, що кристалізує інтелектуальну програму твору як унікального носія коду з виразним художнім образом.

Етап програмування ілюзії реалізується через семіотичний блок. Метафоризація забезпечує трансляцію властивостей між явищами, формуючи багатошаровий просторовий образ і провокуючи глядача на активне декодування прихованих смислів. Більш розгорнутий наратив пропонує алегоризація, яка розгортає перед реципієнтом цілісну історію, виражаючи складні абстрактні концепції через конкретні форми. Символізація підносить артоб’єкт до рівня універсального знака, що акумулює розмаїття культурних кодів і перетворює матеріальну конструкцію на абстрактну ідею — візуальну ікону міста. Таке смислове кодування наділяє об'єкт властивістю інформативності.

Далі діє трансформаційний блок методів. В основі методів трансформації та метаморфізації лежить здатність художньої форми до просторової та візуальної динаміки. Завдяки інтеграції кінетичних систем та інтелектуальних медіафасадів артоб’єкт гнучко реагує на зовнішні тригери (час, погоду, поведінку глядачів), функціонуючи як безперервно еволюціонуючий організм. Це нівелює жорстку монументальність забудови, генеруючи стан перетворення. Синхронно з технологічною мінливістю діє метод відсторонення, головна мета якого — зруйнувати автоматизм людського сприйняття. Він базується на переосмисленні буденних речей через нетиповий масштаб, ракурс чи контекст. Залучення оптичних ефектів і медіатехнологій продукує ілюзорну метафору змінності. Такий підхід дозволяє подолати статичність урбаноболонки, перетворюючи міське середовище на відкритий полігон динамічних експериментів.

Стан синергії досягається завдяки сугестивному блоку методів. Емпатія функціонує як потужний тригер емоційного резонансу. Як підтверджують дослідження [19], маніпуляції з освітленням, колористикою та фактурою матеріалів генерують неповторну феноменологію простору. Завдяки актуалізації тілесного та сенсорного досвіду, артоб'єкт стає транслятором глибинних почуттів. У цьому діалозі урбаноболонка перетворюється на чутливий медіум, що віддзеркалює психологічний стан реципієнта. Інтелектуальний вимір середовища поглиблюється через фантазійні методи, які базуються на цілеспрямованій відмові від реалізму на користь сюрреалістичних та

ірраціональних візій. Подібні об'єкти наділяють місто здатністю «мріяти», виводячи глядача за рамки рутини та перетворюють локацію на генератор інноваційного мислення. Специфічну сугестивну дію забезпечує несподіваний синтез кічу та нововведень. Апеляція до естетики кічу працює як інструмент іронічної комунікації, що робить складний мистецький концепт зрозумілим для масового споживача. Водночас інтеграція радикальних технологій (як-от 3D-друк металом, наноструктури чи прозорий бетон) маніфестує візуальний образ майбутнього. Зрештою, злиття емпатійного відгуку, ірраціональної фантазії та технологій кристалізує фінальний стан синергії. Відбувається еволюція урбаноболонки до рівня цілісного ментального конструкту, в якому матеріальна форма, цифрові алгоритми та людська свідомість інтегруються в єдину гармонійну систему сталого міського середовища.

Висновки. Таким чином, розробка методик гармонізації та образотворення артоб’єктів на макро та мега рівнях (урбанландшафт і урбаноболонка) є об'єктивною необхідністю для сучасного міста. Виявлено, що в структурі методики гармонізації системний блок забезпечує точний аналіз взаємозв'язків об'єкта з природним фоном. Застосування біонічних методів реалізує стратегію подолання конфліктів між антропогенними та природними середовищами. Композиційний блок гарантує пластичну трансформацію локації, спираючись на критерії візуальної екології та міжнародної зеленої сертифікації. Завершує алгоритм світоглядний блок, що фіксує територію у стані екорезонансу. У межах методики образотворення вирішальну роль на етапі оцінки дефіциту відіграє генеративний блок, потужність якого посилюється ШІ-технологіями. На фазі вивчення структури домінує семіотичний блок, що наділяє простір інтелектуальними смислами. Трансформаційний блок відповідає за синтез фізичної оболонки з ілюзорним сприйняттям. Сугестивний блок дозволяє досягти синергії між артоб’єктом як інформаційним медіумом та свідомістю міського жителя.

Список джерел

1. Bulakh I., Timokhin V., Kovalska G., Merylova I., Tretiak Y. The use of various materials in the formation of the urban environment as a phenomenon of architectural aesthetics. *AIP Conference Proceedings*. 2023. Vol. 2490. 060007. DOI: https://doi.org/10.1063/5.0122747.

2. Praslova V., Timokhin V. Contemporary Trends in the Formation of Art Objects in the Urban Environment. *International Scientific and Practical Conference "Urban Planning and Territorial Planning"*. Kharkiv: O.M. Beketov NUUE, 2026. URL: https://mistobud.kname.edu.ua/conference-agenda/#tab-16823 (дата звернення: 17.02.2026).

3. Праслова В.О. Практика формування артоб'єктів у сучасному місті. *Архітектурний вісник КНУБА*. 2025. № 34. С. 91–98. URL: http://av.knuba.edu.ua/article/view/348863 (дата звернення: 26.02.2026).

4. Praslova V. The Role of Street Art in Artistic Design Citizen Experience in the City. *Architecture Civil Engineering Environment*. 2025. Vol. 18, no. 1. P. 75–86. DOI: https://doi.org/10.2478/acee-2025-0006

5. Тімохін В.О. Архітектура міського розвитку: Сім книг з теорії містобудування. Київ: КНУБА, 2008. 629 с. ISBN 978-966-477-019-1.

6. Bulakh I. Artistic and Aesthetic Formation and Evolution of Architectural and Urban Planning Space. *Science and Innovation*. 2019. Vol. 15, no. 5. P. 57–66. DOI: http://dx.doi.org/10.15407/scine15.05.057

7. Shebek N., Timokhin V., Tretiak Y., Olkhovets O. Sustainable development and harmonization of the architectural environment of cities. *E3S Web of Conferences*. 2020. Vol. 166. 09001. DOI: https://doi.org/10.1051/e3sconf/202016609001

8. Bulakh I., Kashchenko T., Harbar M., Praslova V., Riabets Y., Divak V. The Integrity of the Artistic Image of the City Based on Symbolization (the Case of Modern Architecture of Dnipro, Ukraine). *Civil Engineering and Architecture*. 2022. Vol. 10(3). P. 874–887. DOI: https://doi.org/10.13189/cea.2022.100310

9. Тімохін В.О. Образи міста в пластичних мистецтвах. *Досвід та перспективи розвитку міст України*. Київ: Діпромісто, 2011. Вип. 20. С. 25–34.

10. Тімохін В.О. Методологія проектування архітектурного середовища: конспект лекцій. Київ: КНУБА, 2006.

11. Шебек Н.М. Теоретичні основи гармонізації архітектурного середовища: дис. … д-ра архітектури: 18.00.01. Київ: КНУБА, 2013. 340 с.

12. Шубович С.О. Міфопоетична культура в естетиці міста (наукові основи – мистецтво – архітектура): навч. посібник. Харків: ХДАМГ, 2002. 146 с.

13. Праслова В.О. Методики локалізації та гуманізації формування артоб'єктів в урбансередовищі. *Архітектурний вісник КНУБА*. 2026. Вип. 35. С. 91–98.

14. Clerici Maestosi P., Andreucci M. B., Civiero P. Sustainable Urban Areas for 2030 in a Post-COVID-19 Scenario: Focus on Innovative Research and Funding Frameworks to Boost Transition towards 100 Positive Energy Districts and 100 Climate-Neutral Cities. *Energies*. 2021. Vol. 14, no. 1. 216. DOI: https://doi.org/10.3390/en14010216

15. Holius V., Danylov S. Analysis of BREEAM, LEED, WELL, DGNB green building rating systems in the context of visual quality consideration. *Theory and Practice of Design*. 2025. Iss. 37. DOI: https://doi.org/10.32782/2415-8151.2025.37.6

16. Shi M., Seo J., Cha S. H., Xiao B., Chi H.-L. Generative AI-powered architectural exterior conceptual design based on the design intent. *Journal of Computational Design and Engineering*. 2024. Vol. 11, no. 5. P. 125–142. DOI: https://doi.org/10.1093/jcde/qwae077

17. Li C., Zhang T., Du X., Zhang Y., Xie H. Generative AI for Architectural Design: A Literature Review. *arXiv preprint arXiv:2404.01335*. 2024. URL: https://arxiv.org/html/2404.01335v1

18. Праслова В.О. Художнє проєктування архітектурного та міського середовища: навч. посіб.: у 2 ч. Ч. 2: Основи художнього проєктування архітектурного та міського середовища. Київ: КНУБА, 2024. 132 с. ISBN 978-966-627-267-9.

PhD of Architecture, Associate Professor **Valentyna Praslova,**
Dr. of Science, Professor **Timokhin Victor,**
Kiev National University of Construction and Architecture

METHODS OF HARMONIZATION AND IMAGE CREATION ART OBJECTS IN URBAN ENVIRONMENT

The article is devoted to one of the problems of urban planning — overcoming the pronounced deficit of urbanized territories. The aim of the study is to scientifically substantiate and develop methods of harmonization and image creation as effective tools for forming art objects in the urban environment, aimed at overcoming the compositional, stylistic, and semantic deficits of modern buildings.

The study is based on the principles of an environmental-hierarchical approach to the artistic design of a modern city. The developed methodologies are based on an algorithm for the phased transformation of space, which includes four logical stages of environmental transformation, and two complementary methodologies are revealed. The harmonization methodology is focused on the macro level of the network of art objects in accordance with the urban landscape and aims to achieve aesthetic balance between the natural and artificial components of the city. It is implemented through a systematic (systematization, modeling, BIM technologies), bionic (symbiosis, hybridization, integration), compositional (proportioning, stylization taking into account the principles of visual ecology, synthesis of arts) and worldview (utopia, installation) blocks of methods, which ultimately forms a state of eco-resonance.

The image creation methodology focuses on the mega level of the network of art objects of the corresponding level of the urban environment and is aimed at overcoming the semantic emptiness of space. This process is ensured by generative (using artificial intelligence technologies, heuristics, synectics, brainstorming), semiotic (metaphorization, allegorization, symbolization), transformational (transformation, metamorphosis, distancing), and suggestive (empathy, fantasy, kitsch, innovation) blocks of methods, which allows achieving a state of synergy between the art object and the recipient's consciousness.

It has been proven that the systematic implementation of the developed

methodologies allows art objects to be used as active tools for managing urban space. The proposed algorithms ensure the transformation of a scarce resource environment into a complete artistic narrative, satisfying the needs of the community and the environment.

Keywords: artistic design; art object; methodology of forming art objects; harmonization; image creation; urban environment.

REFERENCES

1. Bulakh, I., Timokhin, V., Kovalska, G., Merylova, I., & Tretiak, Y. (2023). The use of various materials in the formation of the urban environment as a phenomenon of architectural aesthetics. *AIP Conference Proceedings*, 2490, 060007. DOI: https://doi.org/10.1063/5.0122747 {in English}.
2. Praslova, V., & Timokhin, V. (2026). Contemporary Trends in the Formation of Art Objects in the Urban Environment. *International Scientific and Practical Conference "Urban Planning and Territorial Planning"*. Kharkiv: O.M. Beketov NUUE. URL: https://mistobud.kname.edu.ua/conference-agenda/#tab-16823 application date: 17.02.2026). {in English}.
3. Praslova, V. (2025). Praktyka formuvannia artobiektiv u suchasnomu misti [Practice of forming art objects in a modern city]. *Arkhitekturnyi visnyk KNUCA*, (34), S. 91–98. URL: http://av.knuba.edu.ua/article/view/348863 (application date: 26.02.2026). {in Ukrainian}.
4. Praslova, V. (2025). The Role of Street Art in Artistic Design Citizen Experience in the City. Architecture Civil Engineering Environment, 18(1), 75–86. DOI: https://doi.org/10.2478/acee-2025-0006 {in English}.
5. Timokhin, V. O. (2008). Arkhitektura miskoho rozvytku: Sim knyh z teorii mistobuduvannia [Architecture of urban development: Seven books on the theory of urban planning]. Kyiv: KNUCA. ISBN 978-966-477-019-1. {in Ukrainian}.
6. Bulakh, I. (2019). Artistic and Aesthetic Formation and Evolution of Architectural and Urban Planning Space. *Science and Innovation*, 15(5), 57–66. DOI: http://dx.doi.org/10.15407/scine15.05.057 {in English}.
7. Shebek, N., Timokhin, V., Tretiak, Y., & Olkhovets, O. (2020). Sustainable development and harmonization of the architectural environment of cities. *E3S Web of Conferences*, 166, 09001. DOI: https://doi.org/10.1051/e3sconf/202016609001 {in English}.
8. Bulakh, I., Kashchenko, T., Harbar, M., Praslova, V., Riabets, Y., & Divak, V. (2022). The Integrity of the Artistic Image of the City Based on Symbolization (the Case of Modern Architecture of Dnipro, Ukraine). Civil Engineering and Architecture, 10(3), 874–887. DOI: 10.13189/cea.2022.100310. {in English}.
9. Timokhin, V.O. (2011). Obrazy mista v plastychnykh mystetstvakh [City

Images in Plastic Arts]. *Dosvid ta perspektyvy rozvytku mist Ukrainy* [Experience and prospects of development of cities of Ukraine]. Kyiv: Dipromisto, (20), P. 25–34. {in Ukrainian}.

10. Timokhin, V.O. (2006). Metodolohiia proektuvannia arkhitekturnoho seredovyshcha: konspekt lektsii [Methodology of architectural environment design: lecture notes]. Kyiv: KNUCA. {in Ukrainian}.

11. Shebek, N.M. (2013). Teoretychni osnovy harmonizatsii arkhitekturnoho seredovyshcha [Theoretical foundations of the harmonization of the architectural environment] (Doctoral dissertation). Kyiv: KNUCA. 340 p. {in Ukrainian}.

12. Shubovych, S.O. (2002). Mifopoetychna kultura v estetytsi mista (naukovi osnovy – mystetstvo – arkhitektura) [Mythopoetic culture in city aesthetics (scientific foundations – art – architecture)]: manual. Kharkiv: KSAME. 146 p. {in Ukrainian}.

13. Praslova, V.O. (2026). Metodyky lokalizatsii ta humanizatsii formuvannia artobiektiv v urbanseredovyshchi [Methodologies of localization and humanization of art objects formation in the urban environment]. Arkhitekturnyi visnyk KNUCA, (35), P. 91–98.

14. Clerici Maestosi, P., Andreucci, M. B., & Civiero, P. (2021). Sustainable Urban Areas for 2030 in a Post-COVID-19 Scenario: Focus on Innovative Research and Funding Frameworks to Boost Transition towards 100 Positive Energy Districts and 100 Climate-Neutral Cities. Energies, 14(1), 216. DOI: https://doi.org/10.3390/en14010216 {in English}.

15. Holius, V., & Danylov, S. (2025). Analysis of BREEAM, LEED, WELL, DGNB green building rating systems in the context of visual quality consideration. *Theory and Practice of Design*, (37). DOI: https://doi.org/10.32782/2415-8151.2025.37.6 {in English}.

16. Shi, M., Seo, J., Cha, S. H., Xiao, B., & Chi, H.-L. (2024). Generative AI-powered architectural exterior conceptual design based on the design intent. *Journal of Computational Design and Engineering*, 11(5), 125–142. DOI: https://doi.org/10.1093/jcde/qwae077 {in English}.

17. Li, C., Zhang, T., Du, X., Zhang, Y., & Xie, H. (2024). Generative AI for Architectural Design: A Literature Review. *arXiv preprint arXiv:2404.01335*. URL: https://arxiv.org/html/2404.01335v1 {in English}.

18. Praslova, V.O. (2024). Khudozhnie proiektuvannia arkhitekturnoho ta miskoho seredovyshcha [Artistic design of the architectural and urban environment]: manual. Pt. 2: Osnovy khudozhnoho proiektuvannia arkhitekturnoho ta miskoho seredovyshcha [Basics of artistic design of the architectural and urban environment]. Kyiv: KNUCA. 132 p. ISBN 978-966-627-267-9. {in Ukrainian}.

DOI: 10.32347/2076-815X.2026.92.264-280
УДК 728:004.896
к.арх., доцент **Топорков В.Г.,**
ab.Toporkov_VH@nupp.edu.ua, ORCID: 0000-0002-7408-2403
Національний університет «Полтавська політехніка
імені Юрія Кондратюка»

ГУМАНОЇДНІ РОБОТИ У ЖИТЛОВОМУ СЕРЕДОВИЩІ: АРХІТЕКТУРНІ ВИКЛИКИ ТА ПЕРСПЕКТИВИ

Розглянуто проблеми та перспективи інтеграції роботів гуманоїдного типу у житлове середовище індивідуальних і багатоквартирних будинків. Інтенсивний розвиток людиноподібної робототехніки у світі та зростання інвестицій свідчать про високу ймовірність поступового впровадження роботів у сферу побуту та обслуговування. Поточна динаміка розвитку цієї галузі дозволяє прогнозувати появу масового ринку побутових роботів у найближчі десятиліття.

Зазначено, що інтеграція гуманоїдних роботів у житловий простір може призвести до трансформації традиційної антропоцентричної моделі житла у багатоагентну систему взаємодії людини та техногенних мобільних агентів. У зв'язку з цим виникає потреба у розробці принципів архітектурної адаптації житлового середовища до експлуатації роботів гуманоїдного типу та їх інтеграції у систему «розумного будинку».

У роботі запропоновано застосування сценарного моделювання просторових процесів взаємодії людини і робота у житлі, а також введення системи параметрів просторової сумісності. Розглядається можливість формування стандартизованих параметрів гуманоїдних роботів (Standard Humanoid Unit – SHU) для забезпечення сумісності архітектурного середовища та роботизованих систем. Запропонований підхід дозволяє розглядати житлове середовище як перспективну платформу для інтеграції роботизованих агентів та формування нових принципів та підходів до проєктування роботосумісного житла та для подальшого розвитку нормативної бази у сфері архітектури житлового середовища.

Ключові слова: роботосумісне житло; гуманоїдний робот; архітектурна адаптація; сценарне моделювання; нормативна сумісність; житловий простір.

Постановка проблеми. Інтенсивний розвиток гуманоїдної робототехніки та зростання інвестицій у її виробництво свідчать про значні перспективи впровадження роботів в сферу побуту [14 - 17]. На відміну від традиційного побутового обладнання, гуманоїдний робот є динамічним мобільним агентом,

який активно переміщується в межах житлового простору, взаємодіє з людиною, меблями та інженерними системами. Важливими стають і естетичні питання пов'язані із появою роботів гуманоїдного типу у побуті. Поточна ситуація характеризується тим, що є можливість передбачити наслідки роботизації житла. Не зважаючи значну кількість технологічних досліджень у сфері робототехніки, просторово-архітектурні аспекти інтеграції гуманоїдних роботів у житлове середовище залишаються недостатньо розробленими. Відсутність системного підходу до оцінки просторової сумісності житла з техногенними агентами створює ризики майбутніх функціональних, ергономічних та безпекових конфліктів. Таким чином, виникає потреба у формуванні нової концепції проєктування – роботосумісного житла.

Для формування нової концепції проєктування житла доцільно задіяти певний набір методів: метод сценарного моделювання, антропометричний аналіз, порівняльний аналіз існуючих просторових стандартів, експериментальне моделювання та інші. Дослідження має прогнозний характер, оскільки масове використання гуманоїдних роботів у житловому середовищі лише формується.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Житловій архітектурі дослідники постійно приділяють достатню увагу. Питання експлуатації та естетики архітектурного середовища розглянуті в роботах А.П. Мардера, Ю.М. Євреїнова, О.А. Пламеницької, Криворучко Ольги, В.О. Тимохіна, Н.М. Шебек, Т.В. Малік та ін., Тимофієнко В.І. [1– 4]. У статті Kóczi, Dávid, Sárosi, József проведено огляд безпеки гуманоїдних роботів у повсякденних середовищах, включно з житловим простором. Розглядаються фізична безпека при взаємодії з людьми, кібербезпека, надійність програмного забезпечення, стандарти та етичні аспекти. Робиться акцент на недостатність інтегрованих підходів до забезпечення безпеки роботів, що працюють разом із мешканцями у домашніх умовах [12]. Питання інтеграції роботів у житлове середовище розглядається у сучасних робототехнічних дослідженнях. Стаття Kim, Hakpyeong; Kong, Minjin; Jung, Seunghoon; Jeoung, Jaewon прсвячена систематичному огляду технологічних застосувань соціальних роботів (частина з яких є гуманоїдними) у «розумному» домашньому середовищі. Виділяються теми сприйняття, адаптації до індивідуальних потреб, інтеграції з «розумними» системами будинку та потенційні ризики приватності й безпеки [11]. У статі Zhao, Xiyuan зроблено огляд сучасного стану гуманоїдної робототехніки з акцентом на додатках, включно з побутовими сценаріями (побутові задачі, допомога в домі, робота з людьми). Обговорюється синтез штучного інтелекту, комп'ютерного зору та адаптації до умов людського простор [13]. У публікації Yuxuan Hu, Kuangji Zuo та ін. WaveMan: mmWave-Based Room-Scale Human Interaction

Perception for Humanoid Robots запропонована система просторового сприйняття з використанням mmWave для забезпечення надійної взаємодії людини та гуманоїдного робота в житлових приміщеннях, із збереженням приватності [9]. У роботі Wei Cui та ін. представлено мульти-модальну систему сприйняття для гуманоїдних роботів, що забезпечує глибоке розуміння навколишнього середовища для навігації та планування завдань у реальних умовах [6]. У дослідженні Yu Bai та ін. викладено підхід щодо інтеграції візуально-мовних моделей для планування дій та виконання задач гуманоїдними роботами в реальних та багатофункціональних середовищах [5]. У роботі Cunha, ICKO та ін. зроблено огляд досліджень щодо ролі гуманоїдних роботів у сфері догляду, включно з контекстами, що частково можна корелювати з допомогою в житлових умовах [7]. У дослідженні узагальнено досвід реалізації програми фізичної підготовки під керівництвом гуманоїдного робота для літніх людей, які проживають вдома [8]. У роботі Human–Robot Companionship: Current trends and future research agendas зроблено огляд стану сучасних досліджень у комунікації між людиною та соціальними роботами, важливо для побутових humanoid-асистентів [10]. Сучасні дослідження у сфері гуманоїдної робототехніки переважно зосереджені на: безпеці взаємодії людини та робота, системах сприйняття та навігації, інтеграції у «розумні» будинки, соціальній робототехніці та догляді за літніми людьми, розвитку візуально-мовних моделей для планування дій. Дослідження в галузі робототехніки в цілому сконцентровані на технологічних питаннях, просторові аспекти проєктування житла залишаються недостатньо вивченими. Питання поступової адаптації житлового простору до функціональних та ергономічних особливостей роботів гуманоїдного типу вивчено також не достатньо. Естетична інтеграція роботів у інтер'єр також залишається поза межами системних наукових розробок. Питання архітектурної параметризації житлового середовища з урахуванням кінематики, габаритів і просторової поведінки гуманоїдних роботів досліджені фрагментарно. Ретельне вивчення та увага до функціювання роботів у житлі дозволить розробити принципові підходи до їх адаптації у архітектурне середовище з метою підвищення функціональних та естетичних якостей житла. Дослідження показує, що типологія житла повинна розвиватися у напрямку гибридних людино-роботних экосистем, впроваджуючи нові стандарти планування та нормативні вимоги.

Метою дослідження є формування принципових засад архітектурної адаптації житлового середовища до експлуатації роботів гуманоїдного типу та визначення параметрів просторової сумісності людини і техногенного мобільного агента. Для досягнення мети поставлено такі завдання:

1. проаналізувати функціонально-конструктивні особливості гуманоїдних роботів у контексті їх використання у житлі;
2. визначити ключові параметри просторової сумісності роботів та житлового середовища;
3. розробити підхід до сценарного моделювання взаємодії людини і робота у житловому просторі;
4. сформувати передумови для подальшого оновлення нормативної бази проєктування житла.

Об'єкт дослідження – житлове середовище в умовах експлуатації гуманоїдних роботів. Предмет дослідження – функціональні, просторові та естетичні характеристики житлового простору в умовах інтеграції техногенного мобільного агента.

Методика дослідження базується на таких методах: аналіз літературних першоджерел та практичного досвіду, систематизація, абстрагування та синтез, побудова прогнозних моделей. Сценарне моделювання базується на аналізі типових побутових процесів у житловому середовищі, що включають переміщення у коридорі, роботу на кухні, спільне перебування людини та робота у приміщенні, а також повернення робота до зарядної станції. Об'єкт дослідження: житлове середовище в умовах експлуатації гуманоїдних роботів. Предмет дослідження: функціональні та естетичні характеристики житлового простору за умов інтеграції техногенного мобільного агента.

Основна частина. Еволюція робототехніки демонструє перехід від промислових до побутових сценаріїв застосування. Цьому сприяла наявність значної кількості важких та шкідливих виробництв де виникала потреба усунути ручну працю людей замінивши їх на роботів. Впровадження роботів у виробничий процес відбувається і по теперішній час. Вирішуючи проблеми у промисловості, розробники робототехніки звертають увагу на значний ринок реалізації своїх продуктів – сферу послуг, торгівлю та побут. На ринку побутових роботів можна реалізувати десятки мільйонів роботів. А якщо припустити, що кожна сім'я забажає мати робота того чи іншого типу, як це сталося із іншою побутовою технікою, то потенційна ємність ринку побутових роботів є значною з огляду на масштаби домогосподарств. На ринку спостерігається зростання конкуренції між виробниками, що стимулює прискорення темпів розробки побутових гуманоїдних систем [14]. Розробників стає все більше, а це породжує конкуренцію та бажання як найшвидше захопити частину майбутнього величезного світового ринку. Так компанія Ілона Маска Tesla, Inc. планує розпочати у 2026 – 2027 роках масовий випуск робота гуманоїдного типу Optimus для виробничих та побутових задач. Виробництво оновленої моделі з покращеними характеристиками (самонавчання та інше)

Tesla Optimus Gen 3 може бути доведено до 1 млн. штук на рік, а реалізацію споживачам планується розпочати наприкінці 2027 року [15]. В перспективних планах компанії випуск моделі Optimus 4 у кількості 10 млн. на рік. Робот Atlas, розроблений компанією Boston Dynamics, демонструє високий рівень рухової адаптації до людського середовища. Компанія готується до масового виробництва робота Atlas 3, у планах випуск 3 млн. штук на рік у 2030 році [16]. Не менш амбітні плани і у великої кількості Китайських розробників [17]. У Китайському місті Шеньчжень вже відкрився магазин побутових роботів різного типу. Спостереження за сферою розробки побутових роботів показує поступове формування двох основних напрямків їх застосування – спеціалізоване та універсальне. Спеціалізовані роботи помітно простіші за конструкцією та програмним забезпеченням, бо мають обмежений набор функцій. Часто вони не розраховані на можливість пересування у просторі приміщення і значною мірою нагадують промислові роботи, для виконання окремих повторюваних технологічних операцій. Серед цієї групи є і такі, що переміщуються по приміщенню, однак набір їх функцій не великий – робот офіціант, робот-довідник та інші (Рис.1). Враховуючи функціональні можливості таких роботів, застосування їх у побуті може бути обмеженим. Другий напрямок – розробка універсальних роботів які за своїми можливостями нагадують людину. З цієї причини їх зовнішній вигляд та фізичні параметри наближені до людських. Гуманоїдна морфологія обрана розробниками з огляду на адаптацію до антропометрично сформованого штучного середовища, створеного людиною для власних потреб. Подібність до людини обрана не випадково, бо структура тіла людини відшліфована десятками тисяч років еволюції у конкретному фізичному середовищі планети. Не менш важливим є і те, що все штучне середовище створено людьми для себе і під себе, а роботам гуманоїдного типу прийдеться пристосовуватись до нього. Маючи конструкцію та фізичні параметри наближені до людських їм буде простіше це зробити. Побутовий робот гуманоїдного типу із самого початку розроблявся для оптимального пристосування до характеристик сучасного житлового простору, його ергономіки. Таким чином, у разі придбання робота гуманоїдного типу, поруч із людьми у будинку чи квартирі з’явиться ще один «мешканець» зі своїми специфічними потребами та завданнями (Рис. 2). В результаті житловий простір трансформується з антропоцентричного у багатоагентну систему, в якій поряд із людиною функціонує автономний техногенний агент. Подібність фізичних параметрів гуманоїдного робота до розмірів тіла людини значно полегшить їх спілкування та взаємодію у обмеженому просторі помешкання (Рис. 3). Для фахівців виникає завдання параметризації гуманоїдних роботів для житлового простору: загальна висота, ширина у плечах, довжина кроку, мінімальний радіус

повороту, маса тіла, енергоспоживання. Введення певних вимог до фізичних та інших параметрів роботів-гуманоїдів «Standard Humanoid Unit (SHU)» дозволить уникнути архітекторам та дизайнерам інтер'єрів залежності від конкретних виробників роботів. Крім того застосування SHU дозволяє адаптувати антропометричний метод до аналізу техногенного агента.

Для повноцінної адаптації роботів гуманоїдного типу у житловий простір доцільно застосувати метод моделювання просторових сценаріїв (Scenario-based spatial simulation) який дозволить удосконалювати програмне забезпечення для роботів, їх фізичні параметри та уточнювати характеристики середовища. Попередньо можна визначити 4 базових сценаріїв перебування робота у житлі: робота на кухні, спільне перебування людини і робота у приміщенні, переміщення по коридору, повернення до зарядної станції. Аналіз результатів моделювання сценаріїв по таких характеристиках як конфлікт габаритів, конфлікт траєкторій, зони перетину, ризик блокування дозволить виявити ризики та проблеми експлуатації роботів-гуманоїдів. По результатах моделювання та аналізу з'являється можливість визначити як загальну кількість нормативних параметрів, так виявити ти з них, що створюють проблеми та незручності – Robot Compatibility Index (RCI). Параметри можуть бути ранжирувані за важливістю: крітичні (безпека), функціональні, комфортні.

Загальний рух у розробці роботів показує формування двох основних груп компаній, що займаються їх розробкою. Ті компанії, які достатньо успішно вирішують конструктивні та програмні питання по роботах гуманоїдного типу, все більше звертають свою увагу на їх зовнішній вигляд, намагаючись надати їм привабливості в межах розуміння проблеми сучасним промисловим дизайном (Рис. 4).

Компанії, які ще на початку шляху вирішення технічних питань адаптації роботів до середовища людей, не мають можливості переключити увагу на дизайн зовнішності і тому їх роботи візуально виглядають менш привабливо.

Рис. 1. Робот Onero з обмеженим набором функцій [14]

Рис. 2. Робот гуманоїдного типу на кухні [15]

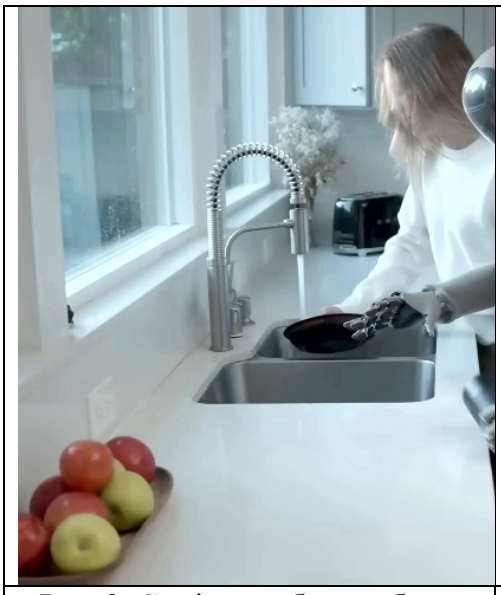


Рис. 3. Сумісна робота робота-гуманоїда NEO та людини у побуті (Норвєгія) [14]

Рис. 4. Пошуки зовнішнього вигляду робота-гуманоїда [15]

Хоча образ життя людей надзвичайно різноманітний, тем не менш не складно спрогнозувати мету придбання робота гуманоїдного типу в залежності від персональних потреб покупця. Найбільш поширеною метою придбання робота-гуманоїда буде сприйняття його як помічника у побуті. Перелік функцій де поміч робота буде доцільна може бути таким: різні види прибирання у приміщеннях індивідуального будинку чи квартири (рис. 5), приготування їжі (рис. 6), догляд за речами (прання, прасування). Окреме питання поміч роботів-гуманоїдів людям похилого віку, інвалідам та іншим маломобільним групам населення [8, 10]. Надання в експлуатацію робота гуманоїдного типу цім категоріям людей може відбуватися за рахунок держави.

Рис. 5. Робот-гуманоїд NEO прибирає підлогу у житловому приміщенні (Норвєгія) [14]

Рис. 6. Робот гуманоїдного типу готує страву на кухні у квартирі (ФРН) [14]

В комплексі із пральною машиною робот забезпечить процес прання та розвішування білизни (рис. 7 – 8), а взаємодіючі із роботом пилососом буде здійснювати прибирання підлоги.

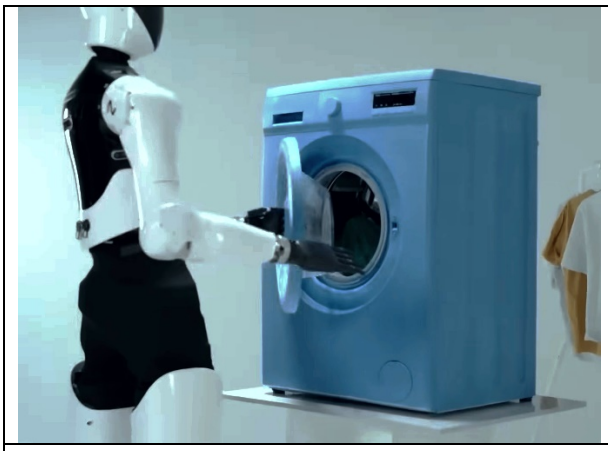


Рис. 7. Робот-гуманоїд завантажує білизну у пральну машину (ФРН) [15]

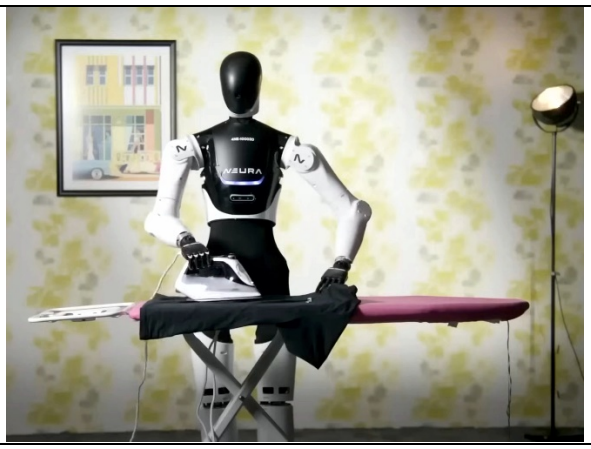


Рис.8. Робот-гуманоїд прасує білизну (ФРН) [15]

На відміну від роботів гуманоїдного типу, по роботах пилососах вже накопичено певний досвід експлуатації. Цей досвід показує важливість взаємної узгодженості фізичних параметрів меблів із новими пристроями, що постійно з'являється у побуті. Поява таких побутових пристроїв як роботи-гуманоїди поставить нові завдання перед дизайнерами меблів. Узгодженість фізичних параметрів та ергономіки меблів із роботами – запорука ефективного використання останніх і неушкодженість меблевих виробів. Вже відмічалось, що ідея створити робота структурно людиноподібним та з такими же фізичними параметрами може себе виправдати як раз при його експлуатації у житлі (Рис. 9, 10).

Рис. 9. Робот гуманоїдного типу Optimus від фірми Tesla, Inc. ергономічно адаптований до кухонного обладнання [14]

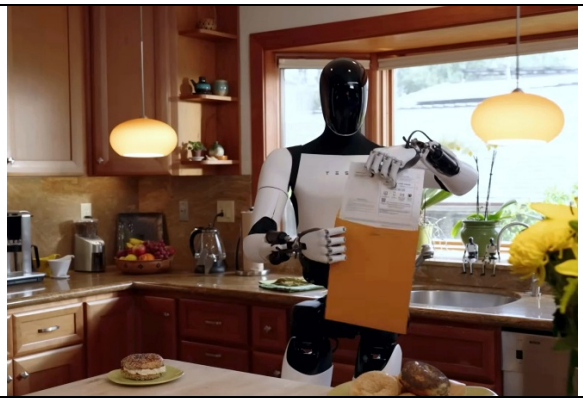


Рис. 10. Робот-гуманоїд Optimus ергономічно адаптований до кухонного обладнання [14]

Взаємна узгодженість параметрів роботів та житлового простору повинна відбуватися з обох боків. З одного боку працюють інженери та програмісти з робототехніки, а з іншого архітектори та дизайнери по житлу. Для узгодження та оцінки результатів їх зусиль доцільно сформувати систему комплексної оцінки сумісності архітектурних роботів із житловим середовищем (ARCA). Ця система

могла б включати такі складові: просторово-планувальні, інженерно-технічні, ергономічні, соціально-поведінкові та безпекові. В цій системі завданням архітекторів стане формування просторових вимог для гуманоїдних роботів. Наприклад визначення таких важливих для житла параметрів як потрібна ширина проходів та радіус повороту роботів, характеристики зон взаємодії людей та роботів. Формування критеріїв та вимог від архітекторів до роботів, в свою чергу, спрямує зусилля інженерів робототехніки на виконання цих вимог та сертифікації роботів гуманоїдного типу для безпечного використання у житлі. По результатах розробок архітекторів будуть вноситись зміни у ДБН, сформовані вимоги по таких питаннях як безбар'єрність, кібербезпека, приватність. Напрацювання архітекторів та інженерів дозволять створити концептуальну модель роботосумісного житла яка буде включати трі рівня: планувальний, інженерний та соціально-адаптивний. Закріплені у ДБН вимоги до роботосумісних житлових приміщень почнуть впроваджуватись архітекторами у проєктну практику покращуючи експлуатаційні якості житла.

Гуманоїдний робот потребує організованого місця зберігання та заряджання. Доцільним є передбачення у житлі спеціалізованих комор площею 1–2 м² із відповідним інженерним оснащенням. Особливої уваги потребують такі питання: ризики фізичного контакту людини і робота, захист дітей і маломобільних осіб, матеріали зовнішнього покриття, кібербезпека та приватність.

Крім того, треба мати на увазі, що рухомі частини робота виготовляється з металу і зіткнення з іншими предметами у приміщенні можуть приводити до їх пошкодженнями. З цієї причини, демонстрація роботів розробниками у невеликих приміщеннях, як правило, відбувається в уповільненому темпі, на відміну від виставкових залів де вони рухаються надзвичайно швидко. Вирішення проблеми фізичного контакту із металевим роботом окреме завдання для розробників. Діти, люди похилого віку, кімнатні тварини можуть постраждати від різкого контакту із роботом [7]. Розробники вже пропонують певні рішення у вигляді спеціального одягу для тулуба та кінцівок побутового робота (рис. 11). Пропонується взагалі покрити тулуб та кінцівки робота м'яким матеріалом (рис. 12) Безпеку людей, що контактують із роботами гуманоїдного типу можна буде оцінити тільки після початку масового виробництва та експлуатації побутових роботів.

Доцільно вже зараз враховувати перспективи масового поширення роботів гуманоїдного типу у побуті. Наприклад, закладаючи у проєкти помешкань індивідуальних та багатоквартирних будинків окремі комори для розміщення роботів гуманоїдного типу із розетками для підзарядки акумуляторів та іншим обладнанням для їх обслуговування.

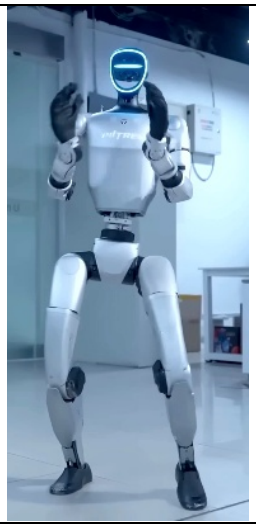
Рис. 11. Захисний одяг на тулубі робота-гуманоїда NEO (Норвегія) [14]

Рис. 12. М'яка оболонка тулуба та кінцівок робота-гуманоїда [17]

У спеціальній коморі для робота можна розташувати і гардероб із одягом для нього. Потреба в одязі для робота обов'язково з'явиться з причини необхідності захисту його поверхонь і конструкцій [12]. Крім того, власники можуть забажати періодично змінювати образ робота в залежності від ситуації та для різноманіття. З часом з'являться і спеціалізовані магазини одягу та аксесуарів для роботів. У разі відсутності робота, комора може використовуватись для зберігання інших речей.

Питання зовнішності роботів гуманоїдного типу стоїть окремо. Поява нових побутових приладів не повинна псувати естетику житла. Безумовно, з'являються періоди функціональної та естетико-композиційної адаптації нових побутових приладів до існуючого архітектурно-дизайнерського середовища, його ергономіки та естетики. Так відбувалося раніше і так буде відбуватися і в подальшому. Завданням для фахівців (архітекторів, дизайнерів, виробників побутової техніки) є створення періоду адаптації як можна коротшим. Сучасний вигляд роботів гуманоїдного типу демонструє широту підходів до їх вигляду – від намагань повністю відтворити зовнішність людини навіть із мімікою обличчя (рис. 13), до фантазійних образів у стилі пригодницьких фільмів про космічні подорожі (рис. 14). Все це говорить про багатогранність технічних рішень та орієнтацію розробників на різноманіття споживацьких смаків. Візуальне включення роботів-гуманоїдів у інтер'єри різної стилістики, питання складне з естетичної точки зору і споживач безумовно буде орієнтуватися на рекомендації фахівців, одночасно враховуючи власні смаки (рис. 15). Чи вирішать прийнятно для споживачів питання зовнішнього вигляду роботів гуманоїдного типу, буде видно по матеріалах розробників інтер'єрів. Може статися так, як з телевізорами із чорними житкокристалічними екранами, які розробники інтер'єрів довго не помічали і не включали у композицію. Можна сподіватися, що з роботами гуманоїдного типу вийде інакше і їх почнуть розміщувати у рекламі житлових інтер'єрів, підкреслюючи прихильність

власників до технічного прогресу та комфорту. Зараз період функціональної та естетичної адаптації до житлового простору відбувається із роботами-пилососами. На теперішній час, візуальні характеристики зарядної станції із ємностями для води та пилу не дозволяють композиційно узгодити її із різноманітною стилістикою інтер'єрів, що часто створює враження захаращеності приміщення. Промислові дизайнери роблять все можливе щоб покращити зовнішній вигляд зарядної станції, однак поточний результат потребує подальше докладання зусиль. Робота-гуманоїда чекає той же шлях. Історичний досвід інтеграції нових побутових приладів свідчить про наявність періоду адаптації. Завданням архітекторів та дизайнерів є мінімізація тривалості цього періоду через системне врахування робототехнічного фактора на етапі проєктування.

	
Рис. 13. Робот-гуманоїд з натуралістичним відтворенням обличчя (Китай) [16]	Рис. 14. Робот-гуманоїд з фантазійним підходом до його зовнішності [14]

Враховуючи темпи загального руху у напрямку роботизації житла доцільним видається ініціювання попереднього створення підгрунтя для перегляду чинної нормативної бази з урахуванням перспектив роботизації житлового середовища (рис. 15 - 16).

Наукова новизна дослідження полягає у розгляді житлового простору як багатоагентної системи взаємодії людини та техногенного мобільного агента — гуманоїдного робота. Запропоновано підхід до оцінки просторової сумісності житлового середовища та роботизованих систем на основі сценарного моделювання, а також введено концепцію стандартизованої антропометричної моделі гуманоїдного робота (Standard Humanoid Unit – SHU), що може бути використана при архітектурному проєктуванні роботосумісного житла.

Рис. 15. Робот-гуманоїд у житловому середовищі [14]

Рис. 16. Робот-гуманоїд на кухні житлового помешкання [15]

Висновки.

Активний розвиток гуманоїдної робототехніки свідчить про високу ймовірність появи у найближчій перспективі масового ринку побутових роботів, що може суттєво вплинути на організацію житлового середовища.

1. Інтеграція гуманоїдних роботів у житло трансформує традиційну антропоцентричну модель житлового простору у багатоагентну систему, в якій поряд із людиною функціонує автономний техногенний агент.
2. Для забезпечення ефективної взаємодії людини і робота у житлі доцільно застосовувати метод сценарного моделювання просторових процесів, що дозволяє виявляти конфлікти габаритів, траєкторій руху та функціональних зон.
3. Запропоновано концепцію стандартизованої антропометричної моделі гуманоїдного робота (Standard Humanoid Unit – SHU), яка може бути використана як базовий параметр при розробці архітектурних рішень роботосумісного житла.
4. Отримані результати можуть стати підґрунтям для подальшого формування нормативних вимог до проєктування житлового середовища з урахуванням перспектив розвитку побутової робототехніки.

Список літератури:

1. Мардер А.П. Архітектура: короткий словник. Київ: Будівельник, 1995. 335 с.
2. Криворучко Ольга. Сучасна архітектура: термінологічний словник. Львів: Видавн. Націон. універ. «Львівська політехніка», 2008. 136 с.
3. Основи дизайну архітектурного середовища: підручник / Тимохін В.О. та ін.; за ред. В.О. Тимохін. Київ, 2010. 400 с.
4. Тимофієнко В.І. Архітектура і монументальне мистецтво: терміни та поняття. Київ: Техніка, 2003. 472 с.

5. Bai Y. et al. EgoActor: Grounding Task Planning into Spatial-aware Egocentric Actions for Humanoid Robots via Visual-Language Models. arXiv preprint. 2026.

6. Cui W. et al. Humanoid Occupancy: Enabling a Generalized Multimodal Occupancy Perception System on Humanoid Robots. arXiv preprint. 2025.

7. Cunha I.C.K.O. et al. Care provided by humanoid robots: a scoping review. 2025. DOI: 10.17533/udea.iee.v43n1e11.

8. Experiences of a Humanoid Robot-Led Physical Training Program for Home-Living Older Persons – A Qualitative Pilot Study. International Journal of Social Robotics. 2025. Vol. 17. P. 781–788. DOI: 10.1007/s12369-025-01212-x.

9. Hu Y., Zuo K. et al. WaveMan: mmWave-Based Room-Scale Human Interaction Perception for Humanoid Robots. arXiv preprint. 2026.

10. Взаимодія людини та робота: сучасні тенденції та майбутні дослідницькі програми. (2024). Спрингер.

11. Kim H., Kong M., Jung S., Jeoung J. Technological applications of social robots to create healthy and comfortable smart home environment. Building and Environment. 2024. Vol. 267. Article 112269. DOI: 10.1016/j.buildenv.2024.112269.

12. Kóczi D., Sárosi J. Safety Engineering for Humanoid Robots in Everyday Life — Scoping Review. Electronics. 2025. Vol. 14, No. 23. DOI: 10.3390/electronics14234734.

13. Zhao X. Research on the application of humanoid robots. Applied and Computational Engineering. 2024. Vol. 75. DOI: 10.54254/2755-2721/75/20240507.

14. Виставка роботів-гуманоїдів. (2025). Відео. YouTube. Доступно за посиланням: https://www.youtube.com/watch?v=3CDSmwKK6Xg (дата звернення: 15.10.2025).

15. Виставка технологій і AI на WAIC 2025 у Китаї : відео. YouTube. 2025. URL: https://www.youtube.com/watch?v=TfOAP1MlzeM (дата звернення: 18.10.2025).

16. Технологічна виставка у Дубаї. (2025): відео. YouTube.. URL: https://www.youtube.com/watch?v=2N4CnhViD-o (дата звернення: 25.10.2025).

17. Міжнародна виставка робототехніки IREX 2026 у Японії : відео. YouTube. URL: https://www.youtube.com/watch?v=Omnopx4m--8 (дата звернення: 01.03.2026).

associate Professor **Volodymyr Toporkov**,
Department of Building Architecture and Design,
National University «Yuri Kondratyuk Poltava Polytechnik», Poltava, Ukraine.

HUMANOID ROBOTS IN A RESIDENTIAL ENVIRONMENT: ARCHITECTURAL CHALLENGES AND PROSPECTS

The article considers the problems and prospects of integrating humanoid robots into the living environment of individual and multi-apartment buildings. The intensive development of humanoid robotics in the world and the growth of investments indicate a high probability of the gradual introduction of robots into the sphere of everyday life and service. The current dynamics of the development of this industry allows us to predict the emergence of a mass market for household robots in the coming decades.

It is noted that the integration of humanoid robots into the living space can lead to the transformation of the traditional anthropocentric model of housing into a multi-agent system of interaction between humans and technogenic mobile agents. In this regard, there is a need to develop principles of architectural adaptation of the living environment to the operation of humanoid robots and their integration into the "smart home" system [11].

The paper proposes the use of scenario modeling of spatial processes of human-robot interaction in housing, as well as the introduction of a system of spatial compatibility parameters. The possibility of forming standardized parameters of humanoid robots (Standard Humanoid Unit – SHU) is considered to ensure the compatibility of the architectural environment and robotic systems. The proposed approach allows considering the residential environment as a promising platform for the integration of robotic agents and the formation of new principles and approaches to the design of robot-compatible housing and for the further development of the regulatory framework in the field of residential environment architecture.

The humanoid morphology was chosen by the developers with a view to adapting to the anthropometrically shaped artificial environment created by man for his own needs. The similarity to a human was not chosen by chance, because the structure of the human body has been honed by tens of thousands of years of evolution in the specific physical environment of the planet. No less important is the fact that the entire artificial environment is created by people for themselves and for themselves, and humanoid robots will have to adapt to it. A humanoid-type household robot was developed from the very beginning to optimally adapt to the characteristics of modern living space and its ergonomics. Thus, in the case of purchasing a humanoid robot, another “resident” with his own specific needs and tasks will appear next to people in

the house or apartment (Fig. 2). As a result, the living space is transformed from an anthropocentric one into a multi-agent system, in which an autonomous technogenic agent functions alongside a person. The similarity of the physical parameters of the humanoid robot to the dimensions of the human body will greatly facilitate their communication and interaction in the limited space of the apartment (Fig. 3). For specialists, the task of parameterizing humanoid robots for residential space arises: total height, shoulder width, stride length, minimum turning radius, body weight, energy consumption. The introduction of certain requirements for the physical and other parameters of humanoid robots "Standard Humanoid Unit (SHU)" will allow architects and interior designers to avoid dependence on specific robot manufacturers. In addition, the use of SHU allows adapting the anthropometric method to the analysis of a man-made agent.

For the full adaptation of humanoid robots to residential space, it is advisable to apply the method of modeling spatial scenarios (Scenario-based spatial simulation), which will allow improving the software for robots, their physical parameters and specifying the characteristics of the environment. It is possible to preliminarily determine 4 basic scenarios for the robot's stay in the home: work in the kitchen, joint stay of a person and work in the room, movement along the corridor, return to the charging station. Analysis of the results of scenario modeling for such characteristics as size conflict, trajectory conflict, intersection zones, and blocking risk will allow identifying risks and problems in the operation of humanoid robots. Based on the results of modeling and analysis, it becomes possible to determine both the total number of regulatory parameters and identify those of them that create problems and inconveniences – Robot Compatibility Index (RCI). Parameters can be ranked by importance: critical (safety), functional, and comfortable.

The mutual coordination of the parameters of robots and living space should occur on both sides. On the one hand, engineers and programmers in robotics work, and on the other, architects and designers in housing. To coordinate and evaluate the results of their efforts, it is advisable to form a system for comprehensive assessment of the compatibility of architectural robots with the living environment (ARCA). This system could include the following components: spatial planning, engineering and technical, ergonomic, socio-behavioral and safety. In this system, the task of architects will be to form spatial requirements for humanoid robots.

It is advisable to take into account the prospects for the mass distribution of humanoid robots in everyday life right now. For example, by including separate storage rooms in the designs of individual and multi-apartment buildings for housing humanoid robots with sockets for recharging batteries and other equipment for their maintenance.

Given the pace of the general movement towards the robotization of housing, it seems appropriate to initiate the preliminary creation of a basis for revising the

current regulatory framework, taking into account the prospects for the robotization of the residential environment (Fig. 15 - 16).

The scientific novelty of the study lies in considering the living space as a multi-agent system of interaction between a person and a technogenic mobile agent - a humanoid robot. An approach to assessing the spatial compatibility of the living environment and robotic systems based on scenario modeling is proposed, and the concept of a standardized anthropometric model of a humanoid robot (Standard Humanoid Unit - SHU) is introduced, which can be used in the architectural design of robot-compatible housing.

Conclusions.

The active development of humanoid robotics indicates a high probability of the emergence of a mass market for household robots in the near future, which can significantly affect the organization of the living environment.

1. The integration of humanoid robots into housing transforms the traditional anthropocentric model of living space into a multi-agent system in which an autonomous technogenic agent functions alongside a person.

2. To ensure effective interaction between a person and a robot in housing, it is advisable to use the method of scenario modeling of spatial processes, which allows you to identify conflicts of dimensions, movement trajectories and functional zones.

3. The concept of a standardized anthropometric model of a humanoid robot (Standard Humanoid Unit – SHU) is proposed, which can be used as a basic parameter in the development of architectural solutions for robot-compatible housing.

4. The results obtained can become the basis for further formation of regulatory requirements for the design of the residential environment, taking into account the prospects for the development of household robotics.

Keywords: robot-compatible housing; humanoid robot; architectural adaptation; scenario modeling; regulatory compatibility; living space.

REFERENCES:

1. Marder A.P. Arkhitektura: a short dictionary. Kyiv: Budivelnyk. 1995. 335 p. {in Ukrainian}

2. Kryvoruchko, O. (2008). Modern architecture: terminological dictionary. Lviv: Publishing House. The nation Univ. "Lviv Polytechnic", 2008. 136 p. {in Ukrainian}

3. Fundamentals of architectural environment design: a textbook / Tymokhin V.O. and others; under the editorship V.O. Timokhin. Kyiv, 2010. 400 p. {in Ukrainian}

4. Tymofiienko, V.I. Architecture and monumental art: Terms and concepts. Kyiv: Technika, 2003. 472 p. {in Ukrainian}

5. Bai, Y., et al. (2026). EgoActor: Grounding task planning into spatial-aware egocentric actions for humanoid robots via visual-language models. *arXiv preprint*. {in English}

6. Cui, W., et al. (2025). Humanoid occupancy: Enabling a generalized multimodal perception system on humanoid robots. *arXiv preprint*. {in English}

7. Cunha, I.C.K.O., et al. (2025). Care provided by humanoid robots: A scoping review. https://doi.org/10.17533/udea.iee.v43n1e11. {in English}

8. Experiences of a Humanoid Robot-Led Physical Training Program for Home-Living Older Persons – A Qualitative Pilot Study. International Journal of Social Robotics. 2025. Vol. 17. P. 781–788. DOI: 10.1007/s12369-025-01212-x. {in English}

9. Hu, Y., Zuo, K., et al. (2026). WaveMan: mmWave-based room-scale human interaction perception for humanoid robots. *arXiv preprint*. {in English}

10. Human–Robot companionship: Current trends and future research agendas. (2024). Springer. {in English}

11. Kim, H., Kong, M., Jung, S., & Jeoung, J. (2024). Technological applications of social robots to create healthy and comfortable smart home environment. *Building and Environment*, 267, 112269. https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2024.112269. {in English}

12. Kóczi, D., & Sárosi, J. (2025). Safety engineering for humanoid robots in everyday life: Scoping review. *Electronics*, 14(23). https://doi.org/10.3390/electronics14234734. {in English}

13. Zhao, X. (2024). Research on the application of humanoid robots. *Applied and Computational Engineering*, 75. https://doi.org/10.54254/2755-2721/75/20240507. {in English}

14. Humanoid robot exhibition. (2025). Video. YouTube. Available at: https://www.youtube.com/watch?v=3CDSmwKK6Xg. {in English}

15. Technology and AI exhibition WAIC 2025. (2025). Video. YouTube. Available at: https://www.youtube.com/watch?v=TfOAP1MlzeM. {in English}

16. Technology exhibition in Dubai. (2025). Video. YouTube. Available at:https://www.youtube.com/watch?v=2N4CnhViD-o. {in English}

17. International Robot Exhibition IREX 2026. (2026). Video. YouTube. Available at:https://www.youtube.com/watch?v=Omnopx4m--8. {in English}

DOI: 10.32347/2076-815X.2026.92.281-295
УДК 712:502/504

д.арх., професор **Устінова І.І.,**
ustinova.ii@knuba.edu.ua, ORCID: 0000-0002-1728-0200,
Пєшкова О.О.,
pieshkova_oo@knuba.edu.ua, ORCID: 0009-0000-0001-2018,
Київський національний університет будівництва і архітектури,

ТЕОРЕТИКО-ПРАВОВІ ЗАСАДИ, СВІТОВІ ТЕНДЕНЦІЇ ТА ДОСВІД ОРГАНІЗАЦІЇ ВЕТЛАНД-ПАРКІВ: УКРАЇНСЬКІ ПЕРСПЕКТИВИ ВІДНОВЛЕННЯ ПОРУШЕНИХ ВІЙНОЮ ТЕРИТОРІЙ

Викладено результати аналізу стану сприйняття світовою спільнотою російської війни в Україні на рівні ООН та ПАРЕ як «екоцид». Акцентовано увагу на появі новітнього різновиду порушених військовою діяльністю територій – белігеративних ландшафтів, які стали результатом цілеспрямованого руйнування гідротехнічних споруд – підрив греблі Каховської ГЕС. Розглянуто вітчизняну правову базу (Постанови КМУ № 730 та № 286) щодо відновлення Каховського водосховища крізь призму відповідності європейському «Регламенту про відновлення природи» та міжнародним зобов'язанням України (Рамсарська та Бернська конвенції). Виявлено світову тенденцію зміни парадигм мислення від «техногенного стримування» водних ресурсів до «екологічного відновлення» природних річкових заплав (досвід Німеччини, Польщі, США, Фінляндії). Особливу увагу приділено феномену високої регенеративної здатності екосистеми водно-болотних угідь Великого Лугу і недоцільності повторного затоплення колиски українського козацтва. У якості дійового засобу повоєнної регенерації цього новітнього белігеративного ландшафту запропоновано розглянути можливість формування на дні Каховського водосховища теренів Рамсарських угідь – «Національного ветланд-парку Великий Луг».

Ключові слова: сталий розвиток; екоцид; порушені території; белігеративні ландшафти; повоєнне відновлення; регенерація ландшафтів; водно-болотні угіддя; ветланд-парки.

Постановка проблеми. Руйнівний вплив війни зазнають всі сфери буття багатовимірного екологічного простору існування людства. Як відомо, наслідки воєн призводять до довготривалих демографічних, екологічних та соціальних катастроф, залишаючи по собі відбиток на психофізичному стані людини та відкриту рану в історії націй. Сучасна російська війна в Україні – це найбільша війна в Європі XXI століття, що стає й унаочненням нових злочинів проти

людства – «екоциду» та «урбіциду». Поняття «екоцид» визначено Статтею 441 у Кримінальному кодексі України (2001) як «масове знищення рослинного або тваринного світу, отруєння атмосфери або водних ресурсів, а також вчинення інших дій, що можуть спричинити екологічну катастрофу» [1]. Термін же «урбіцид», який визначає окрему форму масового насильства над містом та урбаністичним укладом буття людських спільнот, було введено професором Манчестерського університету Мартіном Ковардом (2008) [2, 3]. Як зазначає М. Ковард: «Систематичні та свідомі атаки на культурну спадщину є нічим іншим, як спробою росіян знищити культуру та історію вашої країни. Відрізати ваше коріння, зруйнувати вашу ідентичність» [3].

Наслідки російської війни проти України нині мають характер глобальної кризи. Зокрема, у звіті до Секретаріату ООН Глобальної групи реагування від 8 червня 2022 року зазначається, що «Війна – це завжди людська трагедія, і війна в Україні не є винятком», але наслідки цього «…конфлікту поширюють людські страждання далеко за його межі» і сьогодні в Світі «мільярди людей стикаються з найбільшою кризою вартості життя за останнє покоління» [4].

Глобальні ж екологічні наслідки цієї війни занотовано Парламентською асамблеєю Ради Європи у Резолюції «Вплив збройних конфліктів на довкілля» від 25 січня 2023 року. Зокрема, в Резолюції приділено велику увагу «екоциду під час війни», який завдає шкоди не лише екосистемам, а й здоров'ю людей далеко за межами «простору й часу» бойових дій, порушуючи в такий спосіб права людини на чисте довкілля й життя [5]. За інформацією Державної екологічної інспекції, на жовтень 2025 року шкоду довкіллю України було оцінено майже в 6 трлн грн, що в 3 рази більше за цифри станом на квітень 2024 року – 2 трлн грн [6, 7].

Як відомо, одним із наслідків ведення воєнних дій є поява белігеративних ландшафтів (від лат. *belligerro* – вести війну) [8]. Сучасна російська військова агресія спричинила появу на теренах України новітніх типів белігеративних ландшафтів із глибокими вирвами від керованих авіабомб і балістичних ракет. Але найновітніший з них, утворився 6 червня 2023 року внаслідок цілеспрямованого підриву греблі Каховської ГЕС. Тоді у зоні лиха опинилося близько 16 000 людей, 80 населених пунктів, без водопостачання залишилися зрошувальні системи на площі 5 800 км^2 сільгоспугідь [9], значно постраждали й території, які охороняються Рамсарською конвенцією, біосферний заповідник та щонайменше чотири національні природні парки [10].

Стан вивченості питання. Масштаб найновітніших руйнувань, внаслідок підриву греблі Каховської ГЕС, актуалізує необхідність пошуку ефективних підходів до регенерації порушених війною територій. Теоретико-правові засади вирішення проблем белігеративних ландшафтів сприятимуть й

«Перетворенню нашого світу…» заради досягнення Цілей Сталого Розвитку людства в аспекті «Сталого розвитку міст і громад», що ухвалює необхідність впровадження «комплексних стратегій і планів, які спрямовані на усунення наслідків змін клімату, адаптацію до його зміни та здатність протистояти стихійним лихам» (Ціль 11.b); а також «Збереження екосистем суші», що визначає збереження природного стану земель у всьому світі, щоб «вести боротьбу з опустелюванням, відновити деградовані землі та ґрунти, включаючи землі, що потерпають від опустелювання, засух і повеней» (ціль 15.3) [11].

Реалізація окреслених Цілей Сталого Розвитку пов'язана із міжнародними зобов'язаннями України [12, 13]. Це стосується й «Рамсарської конвенції про водно-болотні угіддя, що мають міжнародне значення, головним чином як середовище існування водоплавних птахів», яка в Україні набула чинності 1997 року і закріплює правовий режим «ветландів» (місць, де вода зустрічається з сушею). За визначенням Конвенції, водно-болотними угіддями (*wetlands*) «є райони маршів, боліт, драговин, торфовищ або водойм – природних або штучних, постійних або тимчасових, стоячих або проточних, прісних, солонкуватих або солоних, – зокрема морські акваторії, глибина яких під час відпливу не перевищує шести метрів», а «водоплавними птахами є птахи, які екологічно залежать від водно-болотних угідь» [13, *ст. 1*].

Сторони – підписанти Рамсарської конвенції визнають «взаємозалежність Людини та її навколишнього середовища»; беруть до уваги «суттєві екологічні функції водно-болотних угідь як регуляторів водного режиму та як таких, що підтримують існування характерної флори й фауни, особливо водоплавних птахів»; переконані в тому, що «водно-болотні угіддя є ресурсом, який має велике економічне, культурне, наукове та рекреаційне значення, утрата якого б була б непоправною»; бажають «припинити дедалі більший наступ на водно-болотні угіддя та їхню втрату нині та в майбутньому»; визнають, що «водоплавні птахи під час своїх сезонних міграцій можуть перетинати державні кордони й, отже, повинні розглядатись як міжнародний ресурс»; впевнені в тому, що «збереження водно-болотних угідь та їхньої флори й фауни може бути забезпечене шляхом поєднання далекоглядної національної політики зі скоординованою міжнародною діяльністю» [13].

За Рамсарською Конвенцією, кожна з країн-учасниць на своїй території сама визначає угіддя, які слід внести до Списку водно-болотних угідь. До цього списку обирають Ветланди, враховуючи їхнє міжнародне значення із екологічного, ботанічного, зоологічного, лімнологічного та гідрологічного погляду та створюють природні резервати, заохочують дослідження, обмін даними і публікаціями стосовно водно-болотних угідь, їхніх флори і фауни (рис. 1) [14].

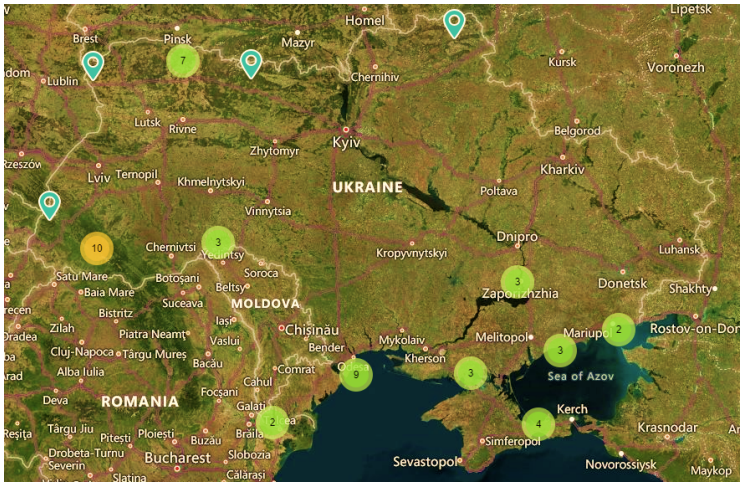


Рис. 1. Мапа Рамсарських угідь України станом на 2024 рік [15]

Щодо світового досвіду збереження й регенерації водно-болотних угідь. Значну увагу цьому питанню приділяє уряд Китаю, який спрямовує розвиток країни до розбудови «Екологічної цивілізації». Це поки єдина країна в світі, яка провела дві національні інвентаризації ветландів із загальним обсягом інвестицій у $65 млн із залученням 22 тис. осіб аудиторів та отриманням 260 млн даних про ветланди. За результатами інвентаризацій було класифіковано водно-болотні угіддя за природними умовами та режимами їх використання [16, 17].

В Китаї на 2024 рік налічувалось 82 «Рамсарські території» (водно-болотні угіддя міжнародного значення), площа поверхні яких становить 7,65 млн. га [15]. При цьому, в країні стрімко більшає кількість Національних ветланд-парків – лише в період із 2005 по 2016 рік їх кількість зросла з 2 до 840 (рис. 2) [17].

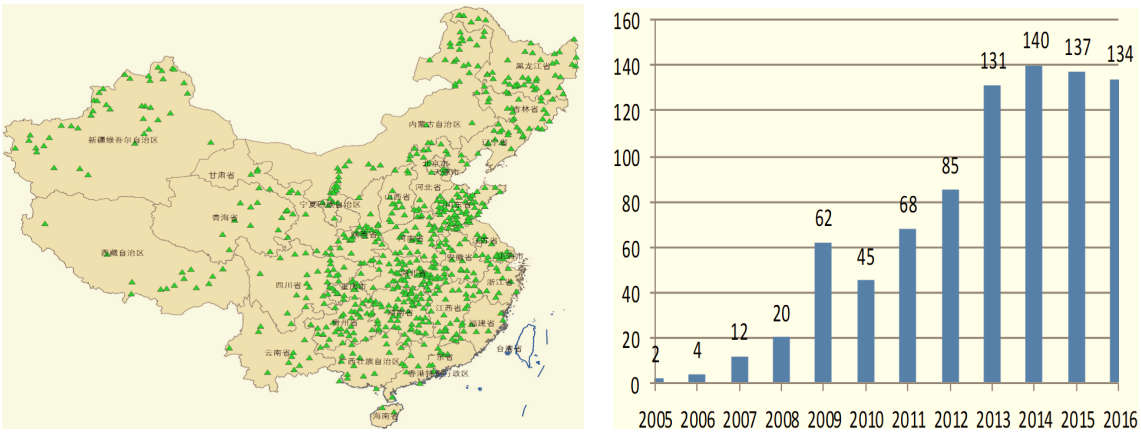


Рис. 2. Розташування та динаміка створення Національних ветланд-парків в Китаї (за Г. Марушевським) [17]

Положенням Рамсарської Конвенції (1971) відповідає Бернська «Конвенція про охорону дикої флори та фауни і природних середовищ існування в Європі», яка під егідою Ради Європи діє із 1979 року. Україна ратифікувала Бернську конвенцію в 1996 р., взявши на себе зобов'язання щодо збереження природних осередків, що є «спадщиною непересічної естетичної, наукової, культурної, рекреаційної та економічної діяльності, яку необхідно передати прийдешнім поколінням» [18].

Положення цієї Конвенції заклали підвалини для виділення територій особливого природоохоронного значення, збереження яких потребує співпраці держав Смарагдової мережі. Самі ж Об'єкти цієї мережі мають визначатись на національному рівні кожною з країн-учасниць Бернської конвенції [19]. Європейським Союзом 18 серпня 2024 року прийнято Закон «Регламент про відновлення природи», що зобов'язує держави-члени ЄС до 2050 року відновити пошкоджені екосистеми, в тому числі водно-болотні угіддя, зміцнюючи біорізноманіття та протидіючі змінам клімату. В аспекті ландшафтно-планувальної організації територій Європейської Смарагдової мережі це означає трансформацію мислення від суто утилітарного освоєння її теренів до природо-орієнтованих управлінських рішень щодо збереження біотопів водно-болотних угідь як важливої частини екологічного каркасу Європи [20].

Збереження та відновлення водно-болотних угідь співпадає з метою забезпечення національних інтересів України щодо її сталого розвитку в аспекті збалансованості економічного, соціального та екологічного вимірів, особливо на етапі повоєнної відбудови країни [21], а також відповідає Законам України:

– «Про природно-заповідний фонд України» (1992), який визначає статус національних парків, як «природоохоронних, рекреаційних, культурно-освітніх та науково-дослідних установ загальнодержавного значення» [22];

– «Про екологічну мережу України» (2004), за яким важливою умовою задоволення соціальних, економічних та екологічних потреб суспільства, є формування, збереження та невиснажливе використання екомережі, яка саме й складається з об'єктів природно-заповідного фонду, водно-болотних угідь та водоохоронних зон [23].

Метою дослідження є виявлення теоретико-правових засад відновлення порушених війною територій, враховуючи сучасні виклики, світовий досвід та необхідність імплементації принципів сталого розвитку країни. Це передбачає визначення науково-методичних підходів і обґрунтування принципів регенерації белігеративних ландшафтів України, що зазнали екоциду з метою їх інтеграції до екологічного каркасу Смарагдової мережі Європи.

Виклад основного матеріалу. Сучасна європейська практика просторового планування базується на усвідомленні високої вартості соціальних та економічних збитків від порушених («*землі, що втратили свою господарську та екологічну цінність через порушення ґрунтового покриву внаслідок природних явищ або діяльності людини*» [24, ст.1]) та деградованих ландшафтів («*землі забруднені хімічними речовинами внаслідок надзвичайних ситуацій або бойових дій*» [24, *ст.51*]). Трагічним прикладом тому є повені в Європі, які лише в липні 2021 року спричинили чисельні людські жертви та збитки на понад 10 млрд. євро. Як встановлено, причиною цієї катастрофи стала надмірна антропогенна трансформація річкових русел, які втратили можливість поглинати надлишок дощової води [25*, с.7*]. У звітах Європейської Комісії зазначається, що вартість превентивного захисту цих територій є значно нижчою за витрати на їх подальше відновлення, що зумовило зміну парадигми «техногенного стримування» води на «відновлення природних функцій» заплав [25, *с.8-9*].

Аналогічні зміни парадигм «техногенного» мислення на «екологічне» відбуваються і в США. Через трагедію навмисного підриву дамби Bird's Point Levee у Міссурі, заради зменшення тиску води та загрози затоплення великого міста Кайро. Тоді постраждало 530 км^2 сільськогосподарських угідь, а потоки води прорізали яри на полях та утворювали кратерні озера біля дамби. Але після цієї трагедії державний інтерес був спрямований на збереження заплавної зони і новоутворених екотопів на місцях вимоїн водно-болотяних угідь [26, *с. 76-122*].

Тому не без підстав Європейська Стратегія збільшення біорізноманіття до 2030 року поставила за мету повернути до вільної течії щонайменше 25 тис. км річок, шляхом *видалення застарілих дамб, відновлення заплав і водно-болотних угідь*. У майбутньому такі заходи допоможуть відновити прісноводні екосистеми, які є природними фільтрами води та захистом від повеней теренів, що мають потужний потенціал «Сталого розвитку міст і громад» [25, *с.15*].

У площині означеного, ймовірно, є сенс переглянути Постанови КМУ:

– № 730 від 18 липня 2023 р. «Про реалізацію експериментального проєкту “Будівництво Каховського гідровузла на р. Дніпро. Відбудова після руйнування Каховської ГЕС та забезпечення сталої роботи Дніпровської ГЕС у період відбудови”», яка передбачає відновлення підірваної російськими військовиками греблі Каховського гідровузла у його попередніх технічних параметрах [27];

– № 286 від 12 березня 2024 р. «Про запобігання нецільовому використанню земель, які займало Каховське водосховище», що забороняє

передачу цих земель під час воєнного стану та на термін 5 років після його завершення у власність або зміну їхнього цільового призначення [28].

Ці оперативні, але недостатньо науково обґрунтовані Постанови 2023/2024 років не враховують перший комплексний Закон: «Регламент про відновлення природи …, що діє на всьому континенті. Він є ключовим елементом Стратегії ЄС щодо біорізноманіття, яка встановлює обов'язкові цілі щодо відновлення деградованих екосистем» [28]; вступають у протиріччя з євроінтеграційним зобов’язаннями України [13, 18]; нехтують світовий досвід свідомого демонтажу застарілих дамб заради відновлення природної течії річок (Німеччина, Польща, США, Фінляндія [28]), залишаючи поза увагою й екологічний феномен швидкого відновлення екосистеми на дні колишнього Каховського водосховища (рис. 3, 4), й культурологічну значущістю результатів цього російського військового злочину – вивільнення на поверхню Великого Лугу, колиски Запорозьких Січей (у XVI–XVIII століттях на ньому знаходились шість із вісьмох Січей [29]).

Щодо феномену відновлення природи Великого Лугу. У червні 2023 року коли спала вода, з оголеного дна Каховського водосховища постав «пустельний ландшафт» з докорінно зміненою природою Великого Лугу за майже же 70 років його перебування під товщою води (рис. 3. а, б). Тоді цій місцевості пророчили стати пустелею, але під час підриву дамби доцвітали верби і по воді вітром було рознесло їх насіння. Завдяки вторинній сукцесії сталося диво зростання верби – за добу більше ніж на 2 см. За даними Інституту ботаніки

НАНУ, вже за 80 днів – на жовтень 2023 верби зросли майже на 3 метри. За словами академіка НАНУ Я. Дідуха: «Отак нічого не росте…» (рис. 3. в, г) [30].

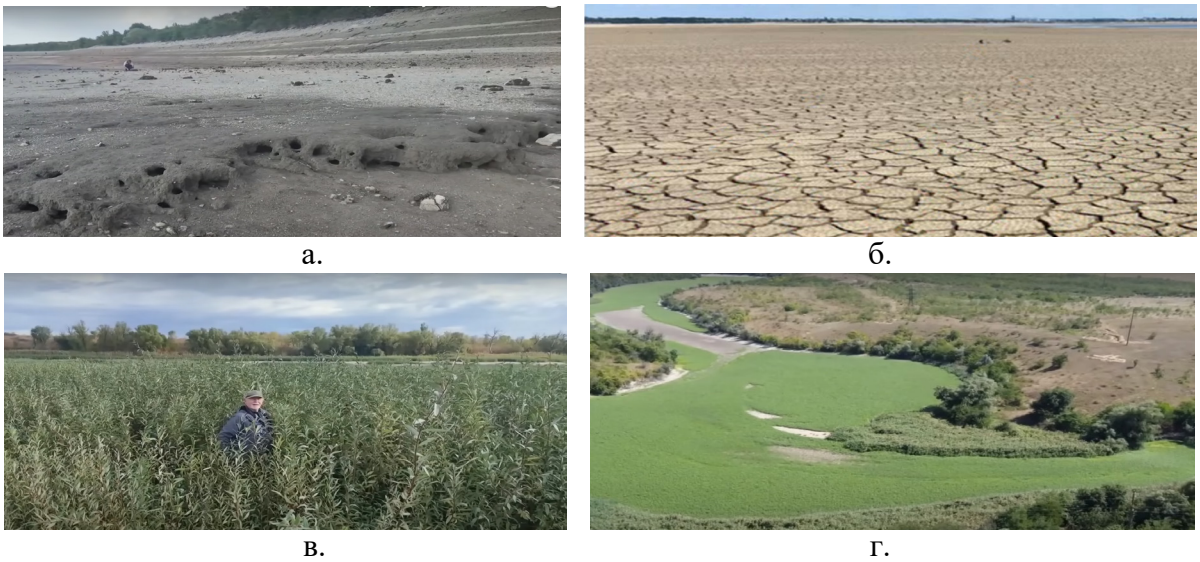


Рис. 3. Червень 2023 : дно знищеного Каховського водосховища (а, б). Жовтень 2023: вивільнений Великий Луг та річка Кам’янка, що продовжує існувати (в, г) [31]

В екологічній площині Великий Луг – це переплетення річок та їх численних притоків, порослих очеретами озер і боліт, луків, заплавних лісів із чагарниками, що на понад 100 км тягнувся зі сходу на захід, а із півночі на південь завширшки був у 20–25 км [31]. І зараз на теренах Великого Лугу вирує життя: тут менш ніж за рік – на квітень 2024, верба виросла на 4,7 м. Цей феномен науковці порівнювали з іншими даними і не знайшли, щоб десь іще була така швидкість зростання [32].

Тут постає питання: чи варто відтворювати гігантське водосховище радянської доби, під водами якого у свій час було поховано колиску українського козацтва; поновлювати водосховище, економічні витрати на утримання якого у довгостроковій перспективі перевершать очікувані енергетичні вигоди, а сама його відбудова генеруватиме шанс нової антропо-техногенної трагедії?

З огляду на регенеративні процеси, що відбуваються на Великому Лузі через його трансформацію на величезний заплавний вербово-тополевий ліс, аналогів якому немає у Європі, та відповідно до положень Бернської конвенції, необхідно не лише сприяти «запобіганню нецільовому використанню земель, які займало Каховське водосховище» [28], але й надати Великому Лугу природоохоронного статусу світового значення через те, що дно Каховського водосховища на супутникових знімках вже нагадує джунглі Амазонії і має потужний потенціал інтеграції у Смарагдову мережу України й Європи заради захисту довкілля та адаптації до змін клімату (рис. 4).

Рис. 4. Квітень 2024. Дно знищеного Каховського водосховища за рік після катастрофи. взято з [33]

Висновки. Воєнні конфлікти мають не лише соціально-економічні, а й глобальні екологічні наслідки, збитки від яких неможливо оцінити в грошовому еквіваленті. Проявом екосистемних втрат є поява порушених територій з глибокими вирвами від керованих авіабомб і ракет. Нова геноциїдальна тактика ведення російської війни в Україні через цілеспрямоване руйнування гідротехнічних споруд заподіяла появу новітніх белігеративних ландшафтів.

Враховуючи масштаб та специфіку порушеного війною ландшафту, що утворився внаслідок свідомого військового злочину – підриву греблі Каховської ГЕС; світовий досвід демонтажу застарілих дамб заради відновлення природної течії річок; феномен швидкого відновлення екосистеми на пустельному дні колишнього водосховища та виняткову культурологічну значущість вивільнення з-під його вод на поверхню Великого Лугу, дійовим засобом повоєнної регенерації белігеративних ландшафтів заради сталого розвитку України в контексті Державного законодавства та Міжнародних угод, може стати надання цій території статусу Рамсарських угідь та формування на цих теренах «Національного ветланд-парку Великий Луг» – важливого складника Національної екомережі та Смарагдової мережі Європи.

Бібліографічний список

1. Стаття 441 Кримінального кодексу України. Екоцид. *Головна 2026*. URL: https://urst.com.ua/kku/st-441 (дата звернення: 02.04.2026).

2. Urbicide | The Politics of Urban Destruction | Martin Coward | Taylor. *Taylor & Francis*. URL: https://doi.org/10.4324/9780203890639 (дата звернення: 27.03.2026).

3. Платонова А. Мартін Ковард Костянтин Мезенцев: Урбіцид це вбивство міста. Форм і видів цього явища на жаль існує чимало. *LB.ua*. URL: https://lb.ua/culture/2022/12/25/540194_martin_kovard_kostyantin_mezentsev.html (дата звернення: 27.03.2026).

4. Unsdg | Global impact of war in Ukraine: Energy Crisis - BRIEF NO.3. *United Nations Sustainable Development Group: Home*. URL: https://unsdg.un.org/resources/global-impact-war-ukraine-energy-crisis-brief-no3 (дата звернення: 02.04.2026).

5. Прийняття ПАРЄ Резолюції «Вплив збройних конфліктів на довкілля» – Екологія Право Людина. *Екологія Право Людина*. URL: http://epl.org.ua/announces/pryjnyattya-parye-rezolyutsiyi-vplyv-zbrojnyh-konfliktiv-na-dovkillya/ (дата звернення: 02.04.2026).

6. Збитки для українського довкілля від агресії Росії зросли у 5 разів — міністр. *Суспільне Новини*. URL: https://suspilne.media/559963-zbitki-dla-ukrainskogo-dovkilla-vid-agresii-rosii-zrosli-u-5-raziv-ministr/ (дата звернення: 27.03.2026).

7. Міністерство захисту довкілля та природних ресурсів України – офіційний сайт. *Міністерство захисту довкілля та природних ресурсів України – офіційний сайт*. URL: https://mepr.gov.ua/svitlana-grynchuk-zbytky-dovkillyu-vid-vijny-vzhe-syagayut-108-mlrd-

yevro-vidnovlennya-ye-pytannyam-ne-lyshe-natsionalnoyi-bezpeky-ale-j-bezpeky-vsogo-kontynentu/ (дата звернення: 27.03.2026).

8. Толстоухов А. Екологічна енциклопедія. Київ : ТОВ «Центр екол. освіти та інформації»., 2007. Т. 2: Є-Н & Т. 3: О-Я

9. Катастрофа Каховського водосховища: свідчать супутникові знімки / Kakhovka reservoir disaster: satellite imagery evidence. За заг. ред. члена-кореспондента НАН України М. Попова. – Київ: ТОВ «Українська Картографічна Група», 2024. – 92 с.

10. Якими є наслідки російського теракту на Каховській ГЕС для дикої природи? - Українська природоохоронна група. *Українська природоохоронна група*. URL: https://uncg.org.ua/iakymy-ie-naslidky-rosijskoho-teraktu-na-kakhovskij-hes-dlia-dykoi-pryrody/ (дата звернення: 27.03.2026).

11. 17 Цілей сталого розвитку | Global Compact. *Global Compact*. URL: https://globalcompact.org.ua/tsili-stijkogo-rozvytku/ (дата звернення: 27.03.2026).

12. УКАЗ ПРЕЗИДЕНТА УКРАЇНИ №722/2019 – Офіційне інтернет-представництво Президента України. *Офіційне інтернет-представництво Президента України*. URL: https://www.president.gov.ua/documents/7222019-29825 (дата звернення: 03.04.2026).

13. Конвенція про водно-болотні угіддя, що мають міжнародне значення, головним чином як середовище існування водоплавних птахів. *Офіційний вебпортал парламенту України*. URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/995_031#Text (дата звернення: 27.03.2026).

14. Малишева Н. Водно-болотні угіддя міжнародного значення. Екологічна енциклопедія. Київ. У 3-х томах. (Т.1). Київ : Всеукр. Екол. Ліга., 2007.

15. The Convention on Wetlands. URL: https://www.ramsar.org/contracting-parties (дата звернення: 27.03.2026).

16. Марушевський Г. Міста і ветланд-парки: досвід Китаю. *Екологічний вісник : науково-популярний екологічний журнал*. № 1. С. 7–9.

17. Марушевський Г. Міста і ветланд-парки: досвід Китаю. *Збалансовані міста: впровадження ідей зеленого планування, проектування та будівництва в Україні* : матеріали Всеукр. конф. Всеукр. Екол. Ліги, м. Київ, 4 груд. 2018 р.

18. Конвенція про охорону дикої флори та фауни і природних середовищ існування в Європі. *Офіційний вебпортал парламенту України*. URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/995_032#Text (дата звернення: 27.03.2026).

19. Emerald Network of Areas of Special Conservation Interest. URL: https://www.coe.int/en/web/bern-convention/emerald-network (дата звернення: 27.03.2026).

20. The EU #NatureRestoration Law. *Environment*. URL: https://environment.ec.europa.eu/topics/nature-and-biodiversity/nature-restoration-regulation_en#implementation (date of access: 27.03.2026).

21. Про Цілі сталого розвитку України на період до 2030 року. *Офіційний вебпортал парламенту України*. URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/722/2019#Text (дата звернення: 27.03.2026).

22. Про природно-заповідний фонд України. *Офіційний вебпортал парламенту України*. URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2456-12#Text (дата звернення: 27.03.2026).

23. Про екологічну мережу України. *Офіційний вебпортал парламенту України*. URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1864-15#Text (дата звернення: 27.03.2026).

24. Про охорону земель. *Офіційний вебпортал парламенту України*. URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/962-15#Text (дата звернення: 03.04.2026).

25. The nature restoration regulation. Publications Office of the European Union, 2025. https://data.europa.eu/doi/10.2779/5842922

26. Olson K., Morton L. Managing Mississippi and Ohio River Landscapes. Soil and Water Conservation Society. 2016. 240 p.

27. Про реалізацію експериментального проекту “Будівництво Каховського гідровузла на р. Дніпро. Відбудова після руйнування Каховської ГЕС та забезпечення сталої роботи Дніпровської ГЕС у період відбудови”. *Офіційний вебпортал парламенту України*. URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/730-2023-п#Text (дата звернення: 27.03.2026).

28. Про запобігання нецільовому використанню земель, які займало Каховське водосховище. *Офіційний вебпортал парламенту України*. URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/286-2024-п#Text (дата звернення: 27.03.2026).

29. Підрив Каховської ГЕС - яка доля чекає на легендарний Великий Луг, новини 1+1. *ТСН.ua*. URL: https://tsn.ua/exclusive/pidriv-kahovskoyi-ges-yaka-dolya-chekaye-na-legendarniy-velikiy-lug-2348743.html (дата звернення: 03.04.2026).

30. Наближаємось до піку – експерт про водопілля на Каховському водосховищі Григорій Коломицев. *Суспільне Дніпро*. URL: https://suspilne.media/dnipro/709128-nablizaemos-do-piku-ekspert-pro-vodopilla-na-kahovskomu-vodoshovisi/#:~:text=На%20Великому%20Лузі%20Каховського%20водосховища,2024-го%20рівень%20води%20підвищився. (дата звернення: 27.03.2026).

31. Вікна-новини. ЗЕМЛІ КАХОВСЬКОЇ ГЕС почали "ОЖИВАТИ"! Екологи ЗАЯВИЛИ про нову..., 2023. *YouTube*. URL: https://www.youtube.com/watch?v=RnEuS3FTKTs (дата звернення: 03.04.2026).

32. Річниця теракту на Каховській ГЕС: у світі немає аналогів вербовим лісам, що виросли на дні осушеного водосховища. *Рубрика*. URL: https://rubryka.com/article/na-dni-osushenogo-vodoshovyshha/ (дата звернення: 03.04.2026).

33. Зелене море з верби: як виглядає Каховське водосховище з космосу. ФОТО. *Економічні новини*. URL: https://enovosty.com/uk/news-ukr/war-ukr/full/2205-zelene-more-z-verbi-yak-viglyadaye-kaxovske-vodosxovishhe-z-kosmosu-foto#google_vignette. (дата звернення: 03.04.2026).

Doctor of Architecture, Professor **Ustinova Iryna,**
Pieshkova Oleksandra,
Kyiv National University of Construction and Architecture

LEGAL FRAMEWORK, GLOBAL TRENDS, AND EXPERIENCE IN WETLAND-PARKS ORGANISATION: UKRAINIAN PROSPECTS FOR RESTORING POST-WAR LANDSCAPES

The article presents a comprehensive analysis of the global community's evolving perception of the Russian war in Ukraine, specifically focusing on the recognition of environmental destruction as "ecocide" at the level of the UN and PACE. Particular attention is focused on the emergence of a new category of territories disrupted by military activity - belligerent landscapes, resulting from the deliberate destruction of hydraulic structures, most notably the catastrophic demolition of the Kakhovka Hydroelectic Power Plant dam. The research critically examines the Ukrainian national legal framework regarding the proposed restoration of the Kakhovka Reservoir. These initiatives are analyzed through the lens of their alignment with the European "Nature Restoration Law" and Ukraine's international commitments (the Ramsar and Bern Conventions). The author identifies a significant global shift in environmental paradigms, moving away from the "technogenic containment" of water resources toward the "ecological restoration" of natural river floodplains, citing successful precedents from Germany, Poland, the USA, and Finland. Particular scientific attention is devoted to the remarkable regenerative capacity of the "Velykyi Luh" wetland ecosystem. The paper argues against the re-flooding of this historic cradle of Ukrainian Cossacks, proposing instead a sustainable post-war recovery strategy. Specifically, it recommends the establishment of the "Velykyi Luh National Wetland Park" on the former reservoir bed to integrate these lands into the international network of Ramsar sites.

Key words: sustainable development; ecocide disturbed territories; belligerent landscapes; post-war recovery; landscape regeneration; wetlands; wetland parks.

REFERENCES

1. Stattia 441 Kryminalnoho kodeksu Ukrainy. Ekotsyd. Holovna 2026. URL: https://urst.com.ua/kku/st-441 (date of access 02.04.2026). {in Ukrainian}
2. Urbicide | The Politics of Urban Destruction | Martin Coward | Taylor. Taylor & Francis. URL: https://doi.org/10.4324/9780203890639 (date of access 27.03.2026). {in English}
3. Platonova A. Martin Kovard Kostiantyn Mezentsev: Urbitsyd tse vbyvstvo mista. Form i vydiv tsoho yavyshcha na zhal isnuie chymalo. LB.ua. URL:

https://lb.ua/culture/2022/12/25/540194_martin_kovard_kostyantin_mezentsev.html (date of access 27.03.2026). {in Ukrainian}

4. Unsdg | Global impact of war in Ukraine: Energy Crisis - BRIEF NO.3. United Nations Sustainable Development Group: Home. URL: https://unsdg.un.org/resources/global-impact-war-ukraine-energy-crisis-brief-no3 (date of access 02.04.2026). {in English}

5. Pryiniattia PARIe Rezoliutsii «Vplyv zbroinykh konfliktiv na dovkillia» – Ekolohiia Pravo Liudyna. Ekolohiia Pravo Liudyna. URL: http://epl.org.ua/announces/pryjnyattya-parye-rezolyutsiyi-vplyv-zbrojnyh-konfliktiv-na-dovkillya/ (date of access 02.04.2026). {in Ukrainian}

6. Zbytky dlia ukrainskoho dovkillia vid ahresii Rosii zrosly u 5 raziv — ministr. Suspilne Novyny. URL: https://suspilne.media/559963-zbitki-dla-ukrainskogo-dovkilla-vid-agresii-rosii-zrosli-u-5-raziv-ministr/ (date of access 27.03.2026). {in Ukrainian}

7. Ministerstvo zakhystu dovkillia ta pryrodnykh resursiv Ukrainy – ofitsiinyi sait. Ministerstvo zakhystu dovkillia ta pryrodnykh resursiv Ukrainy – ofitsiinyi sait. URL: https://mepr.gov.ua/svitlana-grynchuk-zbytky-dovkillyu-vid-vijny-vzhe-syagayut-108-mlrd-yevro-vidnovlennya-ye-pytannyam-ne-lyshe-natsionalnoyi-bezpeky-ale-j-bezpeky-vsogo-kontynentu/ (date of access 27.03.2026). {in Ukrainian}

8. Tolstoukhov A. Ekolohichna entsyklopediia. Kyiv : TOV «Tsentr ekol. osvity ta informatsii»., 2007. T. 2: Ye-N & T. 3: O-Ya {in Ukrainian}

9. Katastrofa Kakhovskoho vodoskhovyshcha: svidchat suputnykovi znimky / Kakhovka reservoir disaster: satellite imagery evidence. Za zah. red. chlena-korespondenta NAN Ukrainy M. Popova. – Kyiv: TOV «Ukrainska Kartohrafichna Hrupa», 2024. – 92 s. {in Ukrainian}

10. Iakymy ye naslidky rosiiskoho teraktu na Kakhovskii HES dlia dykoi pryrody? - Ukrainska pryrodookhoronna hrupa. Ukrainska pryrodookhoronna hrupa. URL: https://uncg.org.ua/iakymy-ie-naslidky-rosijskoho-teraktu-na-kakhovskij-hes-dlia-dykoi-pryrody/ (date of access 27.03.2026). {in Ukrainian}

11. 17 Tsilei staloho rozvytku | Global Compact. Global Compact. URL: https://globalcompact.org.ua/tsili-stijkogo-rozvytku/ (date of access 27.03.2026). {in English}

12. UKAZ PREZYDENTA UKRAINY №722/2019 – Ofitsiine internet-predstavnytstvo Prezydenta Ukrainy. Ofitsiine internet-predstavnytstvo Prezydenta Ukrainy. URL: https://www.president.gov.ua/documents/7222019-29825 (date of access 03.04.2026). {in Ukrainian}

13. Konventsiia pro vodno-bolotni uhiddia, shcho maiut mizhnarodne znachennia, holovnym chynom yak seredovyshche isnuvannia vodoplavnykh ptakhiv. Ofitsiinyi

vebportal parlamentu Ukrainy. URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/995_031#Text (date of access 27.03.2026). {in Ukrainian}

14. Malysheva N. Vodno-bolotni uhiddia mizhnarodnoho znachennia. Ekolohichna entsyklopediia. Kyiv. U 3-kh tomakh. (T.1). Kyiv : Vseukr. Ekol. Liha., 2007. {in Ukrainian}

15. The Convention on Wetlands. URL: https://www.ramsar.org/contracting-parties (date of access 27.03.2026). {in English}

16. Marushevskyi H. Mista i vetland-parky: dosvid Kytaiu. Ekolohichnyi visnyk : naukovo-populiarnyi ekolohichnyi zhurnal. № 1. S. 7–9. {in Ukrainian}

17. Marushevskyi H. Mista i vetland-parky: dosvid Kytaiu. Zbalansovani mista: vprovadzhennia idei zelenoho planuvannia, proektuvannia ta budivnytstva v Ukraini : materialy Vseukr. konf. Vseukr. Ekol. Lihy, m. Kyiv, 4 hrud. 2018 r. {in Ukrainian}

18. Konventsiia pro okhoronu dykoi flory ta fauny i pryrodnykh seredovyshch isnuvannia v Yevropi. Ofitsiinyi vebportal parlamentu Ukrainy. URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/995_032#Text (date of access 27.03.2026). {in Ukrainian}

19. Emerald Network of Areas of Special Conservation Interest. URL: https://www.coe.int/en/web/bern-convention/emerald-network (date of access 27.03.2026). {in English}

20. The EU #NatureRestoration Law. Environment. URL: https://environment.ec.europa.eu/topics/nature-and-biodiversity/nature-restoration-regulation_en#implementation (date of access 27.03.2026). {in English}

21. Pro Tsili staloho rozvytku Ukrainy na period do 2030 roku. Ofitsiinyi vebportal parlamentu Ukrainy. URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/722/2019#Text (date of access 27.03.2026). {in Ukrainian}

22. Pro pryrodno-zapovidnyi fond Ukrainy. Ofitsiinyi vebportal parlamentu Ukrainy. URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2456-12#Text (date of access 27.03.2026). {in Ukrainian}

23.Pro ekolohichnu merezhu Ukrainy. Ofitsiinyi vebportal parlamentu Ukrainy. URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1864-15#Text (date of access 27.03.2026). {in Ukrainian}

24. Pro okhoronu zemel. Ofitsiinyi vebportal parlamentu Ukrainy. URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/962-15#Text (date of access 03.04.2026). {in Ukrainian}

25. The nature restoration regulation. Publications Office of the European Union, 2025. https://data.europa.eu/doi/10.2779/5842922 {in English}

26. Olson K., Morton L. Managing Mississippi and Ohio River Landscapes. Soil and Water Conservation Society. 2016. 240 p. {in English}

27. Pro realizatsiiu eksperymentalnoho proektu “Budivnytstvo Kakhovskoho hidrovuzla na r. Dnipro. Vidbudova pislia ruinuvannia Kakhovskoi HES ta zabezpechennia staloi roboty Dniprovskoi HES u period vidbudovy”. Ofitsiinyi vebportal parlamentu Ukrainy. URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/730-2023-p#Text (date of access 27.03.2026). {in Ukrainian}

28. Pro zapobihannia netsilovomu vykorystanniu zemel, yaki zaimalo Kakhovske vodoskhovyshche. Ofitsiinyi vebportal parlamentu Ukrainy. URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/286-2024-p#Text (date of access 27.03.2026). {in Ukrainian}

29. Pidryv Kakhovskoi HES - yaka dolia chekaie na lehendarnyi Velykyi Luh, novyny 1+1. TSN.ua. URL: https://tsn.ua/exclusive/pidriv-kahovskoyi-ges-yaka-dolya-chekaye-na-legendarniy-velikiy-lug-2348743.html (date of access 03.04.2026). {in Ukrainian}

30. Nablyzhaiemos do piku – ekspert pro vodopillia na Kakhovskomu vodoskhovyshchi Hryhorii Kolomytsev. Suspilne Dnipro. URL: https://suspilne.media/dnipro/709128-nablizaemos-do-piku-ekspert-pro-vodopilla-na-kahovskomu-vodoshovisi/#:~:text=Na%20Velykomu%20Luzi%20Kakhovskoho%20vodoskhovyshcha,2024-ho%20riven%20vody%20pidvyshchyvsia. (date of access 27.03.2026). {in Ukrainian}

31. Vikna-novyny. ZEMLI KAKhOVSKOI HES pochaly "OZhYVATY"! Ekolohy ZAIaVYLY pro novu..., 2023. YouTube. URL: https://www.youtube.com/watch?v=RnEuS3FTKTs (date of access 03.04.2026). {in Ukrainian}

32. Richnytsia teraktu na Kakhovskii HES: u sviti nemaie analohiv verbovym lisam, shcho vyrosly na dni osushenoho vodoskhovyshcha. Rubryka. URL: https://rubryka.com/article/na-dni-osushenogo-vodoshovyshha/ (date of access 03.04.2026). {in Ukrainian}

33. Zelene more z verby: yak vyhliadaie Kakhovske vodoskhovyshche z kosmosu. FOTO. Ekonomichni novyny. URL: https://enovosty.com/uk/news-ukr/war-ukr/full/2205-zelene-more-z-verbi-yak-viglyadaye-kaxovske-vodosxovishhe-z-kosmosu-foto#google_vignette. (date of access 03.04.2026). {in Ukrainian}

DOI: 10.32347/2076-815X.2026.92.296-314
УДК 711.4:504.062
к.т.н., доцент **Харченко К.С.,**
katerinaharchenko75@gmail.com, ORCID ID: 0000-0002-1908-4852,
УДУНТ ННІ Придніпровська державна академія будівництва та архітектури,
д.філософ.н., професор **Рижова І.С.,**
17design2017@gmail.com, ORCID ID: 0000-0002-9562-200X,
Національний університет «Запорізька політехніка»,
д.т.н., професор **Сингаївська О.І.,**
synhaivska.oi@knuba.edu.ua; ORCID ID: 0000-0003-1313-7201,
Київський національний університет будівництва і архітектури,
к.т.н., доцент **Полюшкін С.С.,**
poliushkin.serhii@365.pdaba.edu.ua, ORCID: 0009-0002-4740-7652,
УДУНТ ННІ Придніпровська державна академія будівництва та архітектури,
к.т.н., доцент **Краснюк А.В.,**
a.v.krasnyuk@ust.edu.ua, ORCID 0000-0002-1400-9992,
Український державний університет науки і технологій

РЕВІТАЛІЗАЦІЯ ПРОМИСЛОВИХ ПРИБЕРЕЖНИХ ТЕРИТОРІЙ ЯК ІНСТРУМЕНТ СТАЛОГО РОЗВИТКУ ТА УЩІЛЬНЕННЯ МІСЬКОЇ ЗАБУДОВИ (НА ПРИКЛАДІ МІСТА ДНІПРО)

Розглянуті сучасні тенденції урбаністичного розвитку, орієнтовані на ущільнення міської забудови без розширення адміністративних меж міст, що зумовлює необхідність трансформації внутрішніх занедбаних територій та колишніх промислових зон. В умовах інтенсивної урбанізації та обмеженості територіальних ресурсів особливого значення набувають процеси ревіталізації міських просторів, спрямовані на повторне використання деградованих або функціонально застарілих ділянок. У місті Дніпро значні площі прибережної зони тривалий час використовувалися для промислових і транспортно-складських функцій, що призвело до просторової фрагментації міського середовища, деградації екологічного стану територій та обмеження доступу населення до річкових просторів. Водночас прибережні території мають значний потенціал для формування нових громадських просторів, житлових кварталів і рекреаційних зон, здатних інтегруватися у сучасну міську структуру та підвищити якість міського середовища. У роботі проаналізовано міжнародний досвід ревіталізації колишніх індустріальних територій, зокрема приклади HafenCity у Гамбурзі, King's Cross у Лондоні, а також сучасні українські проєкти трансформації промислових зон. Особливу увагу приділено принципам багатофункціонального використання територій, формуванню

відкритих громадських просторів, розвитку пішохідної інфраструктури та інтеграції природного ландшафту у міське середовище. Висновки. У результаті дослідження встановлено, що ревіталізація промислових прибережних територій є ефективним інструментом підвищення щільності міської забудови та сталого розвитку індустріальних міст. Найбільш перспективними для міста Дніпро є моделі багатофункціональної ревіталізації, що поєднують житлові, громадські, ділові та рекреаційні функції, а також підходи адаптивного використання індустріальної спадщини. Застосування принципів smart densification дозволяє уникнути негативних наслідків надмірного ущільнення, підвищити якість міського середовища та відновити зв'язок міста з річковою акваторією. Адаптація міжнародного досвіду з урахуванням локального контексту може стати основою формування нових міських кластерів і довгострокового сталого розвитку прибережної частини міста Дніпро.

Ключові слова: ревіталізація; промислові території; прибережні території; громадські простори; міське середовище; функціональне зонування; ущільнення міської забудови; сталий розвиток.

Постановка проблеми. Сучасні світові урбаністичні перетворення набули дієвих методів ефективного управління ущільненням міської забудови без розширення їх адміністративних кордонів завдяки змінам цільового використання територій та функціонального призначення будівель та споруд. Європейська практика має досвід переорієнтації міського простору з периферійної експансії на ущільнення внутрішніх занедбаних промислових територій шляхом ревіталізації [3;16]. Для м. Дніпра, така стратегія, має особливе значення через тривале використання територій центральної частини міста в якості промислових (історичний наслідок розвитку та розростання міста індустріальний та постіндустріальні періоди) [2; 4; 7]. Промисловість чередувалась із житловою забудовою і, як логічний наслідок, обмеження розвитку громадських просторів погіршення транспортної інфраструктури та рекреаційних територій загального користування. Зміни цільового призначення та перегляд функціонального зонування нададуть можливість ущільнити забудову центральної частини, створити нові просторові, соціальні та економічні центри, сприятиме формуванню логічної транспортної інфраструктури міста (наземний, підземний, водний та повітряний рух), перетворивши їх у багатофункціональні міські кластери [3; 4; 7].

Аналіз останніх досліджень. Проблематика ревіталізації прибережних промислових територій посідає важливе місце у сучасних урбаністичних дослідженнях. Упродовж останніх десятиліть науковці наголошують, що **waterfront regeneration** є ключовим інструментом підвищення щільності

забудови, формування багатофункціональних просторів та відновлення зв'язку міста з водним середовищем [9; 12; 18].

У міжнародній практиці ревіталізація прибережних територій розглядається як комплексний процес, що поєднує просторове, економічне та соціокультурне оновлення. Papatheochari та Daskalakis розробили інструмент оцінювання потенціалу ревіталізації набережних для підтримки планувальних рішень [18]. Evans підкреслює, що «успішність» трансформації waterfront визначається відповідністю локальному контексту, економічною доцільністю та рівнем соціальної залученості [12]. Avni систематизує сучасні підходи до планування прибережних територій, виділяючи тенденцію до інтеграції змішаного функціонального використання (mixed-use) [9].

Дослідження адаптивного використання промислових зон свідчать, що поєднання збереження історичної спадщини з новими функціями формує стійкіше та привабливіше міське середовище [16]. Den Hartog на прикладі Шанхаю демонструє можливість використання ревіталізованих waterfront як «урбаністичних лабораторій» для апробації нових моделей просторової організації [11].

Соціальні та економічні наслідки ревіталізації прибережних територій широко висвітлюються у наукових публікаціях. Sairinen наголошує на важливості участі місцевих громад у процесах трансформації [20]. Gunay і Dokmeci доводять, що культура-орієнтовані проєкти можуть стимулювати економічний розвиток та посилювати міську ідентичність [13]. Wu та співавтори акцентують на інклюзивності як ключовому принципі сучасної ревіталізації промислових набережних [21].

Сучасні дослідження також пов'язують ревіталізацію waterfront із концепцією **smart densification** («розумного ущільнення»). Brenner та ін. доводять, що контрольована щільність забудови дозволяє стримувати урбан-спрол і сприяти сталому розвитку міст [10]. Zhang та ін. показують, що інтеграція екологічних аспектів у процес ревіталізації індустріальних набережних підвищує якість життя та формує нові публічні простори [22].

Для України ревіталізація промислових територій набуває особливої актуальності в умовах післявоєнного відновлення. Horbliuk аналізує найкращі практики ревіталізації в українських містах до 2022 року та наголошує на необхідності впровадження європейських підходів [15]. Radchenko розглядає потенціал інтеграції smart city концепцій у процеси відновлення міського середовища, зокрема у великих індустріальних центрах, таких як Дніпро [19] (таблиця 1).

Таблиця 1.

Огляд теоретичних аспектів ревіталізації прибережних промислових територій.

Автор(и), рік	**Країна / кейс**	**Основні результати**	**Слушність (доречність) для Дніпра**
Papatheochari & Daskalakis, 2019	ЄС (методологія)	Розроблено інструмент планування для оцінки потенціалу ревіталізації waterfront.	Може бути застосований як методичний інструмент для прибережних територій Дніпра.
Evans, 2022	Велика Британія	Аналізує критерії «успішності» waterfront regeneration: економіка, контекст, участь громади.	Важливо при формуванні стратегій розвитку набережної у Дніпрі.
Avni, 2019	Ізраїль / міжнародний огляд	Систематизація сучасних підходів до планування waterfront, акцент на mixed-use.	Підтримує ідею змішаного використання територій Дніпра.
Keyvanfar et al., 2018	Іран, історичні набережні	Інструмент прийняття рішень для збереження спадщини при модернізації waterfront.	Може застосовуватись у збереженні промислової спадщини Дніпра.
den Hartog, 2021	Китай (Шанхай)	Waterfront як «урбаністична лабораторія» для тестування нових моделей міського розвитку.	Місто Дніпро може апробувати нові урбаністичні підходи на прибережних промзонах.
Zhang et al., 2022	Китай	Ревіталізація парків на базі індустріальної спадщини підвищує якість життя.	Підтримує концепцію створення рекреаційних зон у Дніпрі.
Wu et al., 2023	Китай	Пропонуються інклюзивні моделі редизайну waterfront з урахуванням соціальних груп.	Показує, як зробити прибережні простори доступними для всіх.
Sairinen, 2006	Фінляндія	Досліджує соціальні ефекти waterfront regeneration.	Корисно для оцінки соціальних наслідків ревіталізації у Дніпрі.
Gunay & Dokmeci, 2012	Туреччина (Стамбул)	Культурно-орієнтована ревіталізація стимулює економіку та ідентичність міста.	Показує можливість поєднання культури та економіки у Дніпрі.
Brenner et al., 2024	ЄС (міста Європи)	Аналізує фактори щільності та урбан-спролу; пропонує smart densification.	Теоретична база для «розумного ущільнення» у Дніпрі.
Horbliuk, 2022	Україна	Кращі практики ревіталізації в Україні до 2022 року.	Дає українські приклади, що можна масштабувати на Дніпро.
Radchenko, 2024	Україна	Smart City як модель сталого відновлення після війни.	Актуально для інтеграції смарт-рішень у прибережні зони Дніпра.

Мета дослідження. Проаналізувавши європейський досвід застосування інструмента ревіталізації промислових зон та територій запропонувавши підходи щодо вирішення проблеми занедбаних та депресивних територій міста Дніпро, враховуючи особливості існуючої планувальної структури та історії розвитку міста.

Основна частина. У світі є значний досвід трансформації занедбаних індустріальних набережних у сучасні урбаністичні простори. Відомі приклади: Лондон (Docklands) – перетворення портових доків на діловий район Canary Wharf (фінансовий центр Європи) [9; 12]**;** Гамбург (HafenCity) – проєкт ревіталізації колишніх портових складів у багатофункціональний квартал житла, офісів, музеїв, концертних залів тощо [11; 22]**;** Барселона (портові території) – інтеграція колишніх промислових об'єктів у структуру міста для розвитку туризму та економіки [3; 8]; Нью-Йорк (Brooklyn waterfront) – ревіталізація промислових зон на березі Іст-Рівер у сучасні житлові комплекси з парками, офісами та культурними просторами [1; 6].

Ревіталізація промислових територій міста розглядається не лише як процес створення нових міських кварталів, але й як інструмент удосконалення логістичної інфраструктури та підвищення конкурентоспроможності міста в регіональному й міжнародному контексті [10; 15]**.** Узагальнення основних концепцій ревіталізації промислових прибережних територій представлено (таблиця 2).

Особливості планувальної структури м. Дніпро та передумови ревіталізації. Місто Дніпро історично сформувалося як один із найбільших промислових центрів України, розвиток якого визначався поєднанням вигідного географічного положення на річці Дніпро, транспортної доступності та концентрації важкої промисловості. Упродовж індустріального та постіндустріального періодів прибережна зона міста виконувала функцію промислово-транспортного коридору, в межах якого розміщувалися великі промислові підприємства, складські комплекси, депо, портові та залізничні вузли [7; 4]. (Рис.1.).

Така модель розвитку була характерною для багатьох індустріальних міст Європи та Східної Європи, однак у випадку Дніпра вона набула особливої масштабності. Промислові зони безпосередньо межували з житловими кварталами, що зумовило фрагментарність міської тканини, розрив пішохідних і візуальних зв'язків між житловими районами та річковою акваторією, а також обмеження доступу населення до прибережних територій [3; 7].

Таблиця 2

Світовий досвід. Принципи та схеми ревіталізації промислових прибережних територій.

Назва	Опис	Основні принципи	Планувальне рішення
HafenCity (Гамбург, Німеччина)	Ревіталізація портової промислової території площею понад 157 га на березі р. Ельба.	Забудова з переважанням середньої поверховості (6–8 поверхів). Змішане функціональне використання (житло, офіси, школи, громадські простори). Публічні простори, набережні, бульвари. Активна участь громади та архітектурні конкурси.	Квартальна структура забудови з орієнтацією на набережну. Формування мережі громадських площ, бульварів та пішохідних маршрутів уздовж води. Чітке розділення кварталів на житлові та громадські функції при збереженні змішаного використання перших поверхів.
King's Cross Regeneration (Лондон, Велика Британія)	Ревіталізація територій залізничного вузла й складів біля вокзалу King's Cross.	Перетворення старих складів у лофт-житло, кампуси, культурні об'єкти. Інтеграція новобудов у історичне середовище. Використання принципів екологічного зонування та зелених дахів.	Збереження історичної планувальної структури із включенням нових громадських площ і зелених дворів. Формування пішохідних осей між вокзалами, кампусами та житловими кварталами. Адаптивне використання промислових будівель.
Rybalsky (Київ, Україна)	Трансформація території Рибальського півострова (колишніх промзон) у житлово-офісний район.	Багатофункціональні квартали із вбудованими дитсадками, магазинами, офісами. Створення каналів, зелених дворів, відкритого простору біля води. Концепція «міста пішохідної доступності». Висока щільність і орієнтація на молодих мешканців	Квартально-канальна структура з водними каналами як композиційною віссю. Пішохідні набережні та внутрішні зелені двори. Розміщення громадських функцій на перших поверхах уздовж головних пішохідних маршрутів.
UNIT.City (Київ, Україна)	Ревіталізація території колишнього мотоциклетного заводу на інноваційний парк.	Створення **інноваційного мікрорайону** з житлом, офісами, коворкінгами та кампусом. Високотехнологічні будівлі з LEED-сертифікацією. Принципи «місто у місті»: усе необхідне в межах 10-хвилинної пішохідної доступності.	Кластерна структура забудови з центральною громадською площею. Формування кампусного середовища з пішохідними алеями, внутрішніми дворами та відкритими громадськими просторами для комунікації та інноваційної діяльності.

Індустріальний характер розвитку міста Дніпро зумовив формування прибережної зони річки як промислово-транспортної артерії, в межах якої протягом тривалого часу концентрувалися виробничі підприємства, складські комплекси, депо та транспортні вузли (рис. 2). Така просторово-функціональна організація спричинила ізоляцію значної частини міського населення від річкових просторів, деградацію екологічного стану прибережної смуги, недовикористання територій з високим містобудівним потенціалом, а також фрагментацію транспортної структури та хаотичність забудови прилеглих районів.

Водночас саме ці прибережні промислові території мають стратегічне значення для подальшого розвитку міста. Їх просторовий потенціал визначається розташуванням у безпосередній близькості до водної акваторії, що створює передумови для формування привабливого житлового та рекреаційного середовища. Економічний потенціал ревіталізації полягає у можливості залучення інвестицій, створення нових робочих місць та формування багатофункціональних міських кластерів. Екологічний вимір трансформації пов’язаний із відновленням прибережних ландшафтів, рекультивацією деградованих територій та покращенням екологічного балансу міського середовища. Соціальний аспект полягає у формуванні нових публічних просторів, що сприятимуть інтеграції громади з міським середовищем та підвищенню якості життя населення [3; 7; 8].

За положеннями **Стратегії розвитку м. Дніпро до 2030 року** ключові засади реабілітації промислових територій мають ґрунтуватися на таких підходах:

1. **Поліцентричність і системність просторового розвитку.** Перетворення індустріальних територій слід розглядати як елемент формування поліцентричної функціональної структури міста, де ревіталізаційні рішення інтегруються не лише в межах окремих промислових ділянок, а й у загальноміську просторову модель.

2. **Стратегічний масштаб ревіталізаційної політики.** Ефективність трансформації залежить від переходу від набору розрізнених проєктів до комплексної програми, що визначає пріоритети розвитку всього міста та узгоджує інвестиційні, транспортні й соціально-просторові рішення.

3. **Поєднання короткострокових інтервенцій із довгостроковими цілями.** Досягнення стійких результатів забезпечується реалізацією “швидких” проєктів-стимулів, які підвищують інвестиційну привабливість територій, за умови концептуального прийняття індустріального минулого без ідеалізації та без його заперечення.

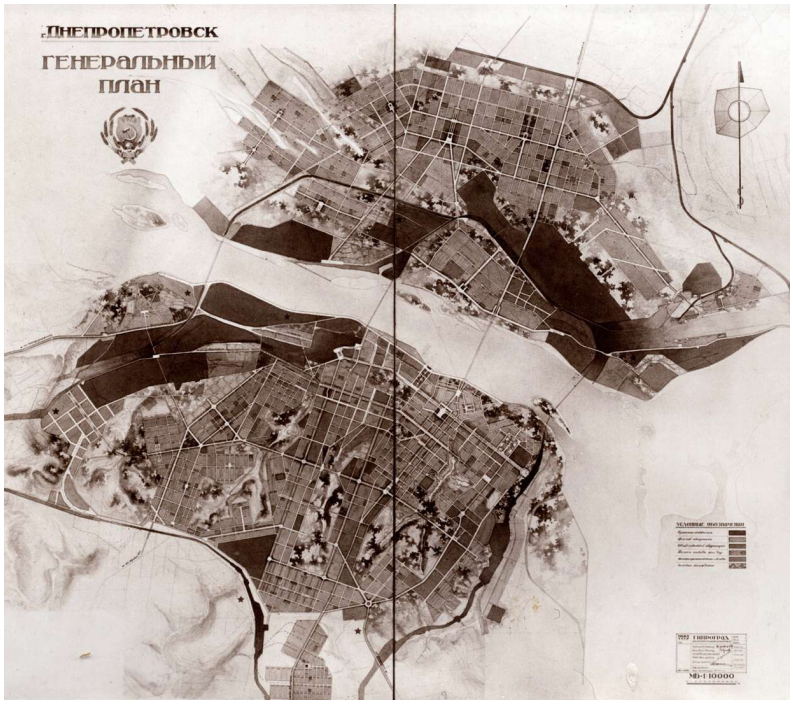


Рис 1. Генеральний проєкт реконструкції міста Дніпропетровська 1940 р. (архівні матеріали містобудівної документації.)

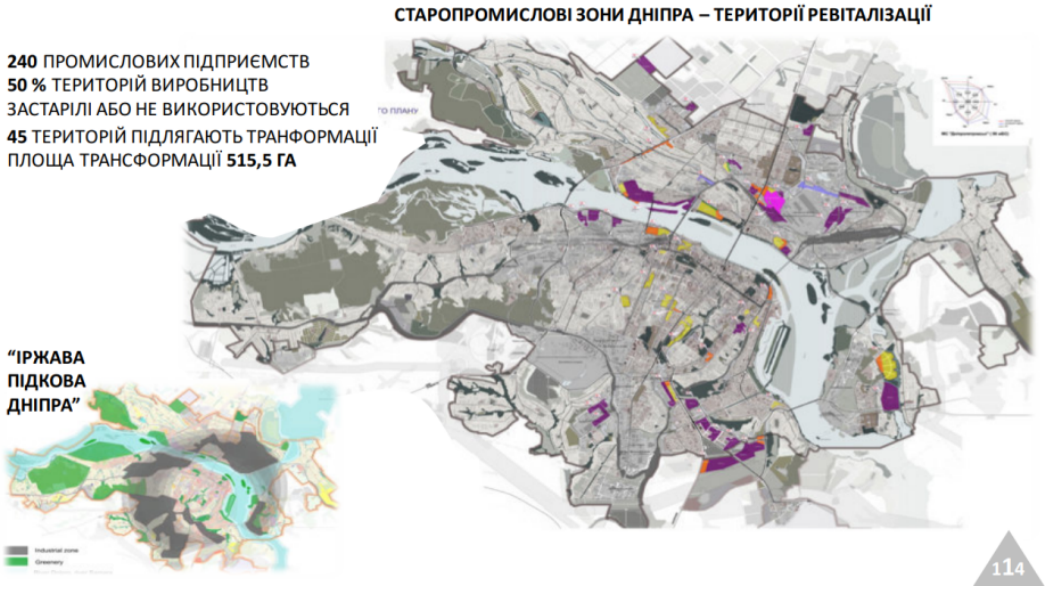


Рис. 2 . Схема старопромислових зон м. Дніпро (Стратегія Дніпра 2030) [7]

4. **Цілісність і ландшафтно-екологічна узгодженість.** Промислова спадщина має розглядатися як ресурс розвитку, сумісний із природним каркасом міста; трансформації повинні забезпечувати гармонізацію штучних і природних компонентів середовища та враховувати спосіб життя, історичну пам'ять і ціннісні орієнтири локальних спільнот.

У межах зазначеної стратегії трансформація старопромислових зон може реалізовуватися за двома базовими траєкторіями:

1. **Деіндустріалізація (зміна функціонального призначення).** Передбачає перегляд цільового використання земельних ділянок із подальшим освоєнням під житлову, громадську або рекреаційну забудову. У документах містобудівного планування станом на березень 2020 року визначено понад **500 га** територій, потенційно придатних для такої трансформації.

2. **Реновація та модернізація промислових функцій.** Охоплює реконструкцію діючих підприємств і оновлення виробничих територій із можливим новим будівництвом. Попри загальносвітову тенденцію деіндустріалізації великих міст, потреба у виробничих і складських функціях для життєзабезпечення міської системи зберігається; зокрема, попит з боку малого та середнього бізнесу на площі в промислових зонах залишається стабільно високим. Як один із ефективних інструментів пропонується формування **індустріальних парків** як формату рентної (орендної) нерухомості; у Дніпрі реалізовано індустріальний парк **«INNOVATION FORPOST»** [7].

Аналіз міжнародних і національних практик ревіталізації промислових та прибережних територій свідчить про універсальність окремих урбаністичних підходів, водночас їх безпосереднє застосування потребує адаптації до локальних просторових, економічних і соціокультурних умов. Місто Дніпро характеризується специфічною структурою розвитку, сформованою індустріальним минулим, лінійною конфігурацією вздовж річки та домінуванням великих промислових кластерів у прибережній зоні, що зумовлює необхідність комплексного та поетапного підходу до ревіталізації [3; 7; 15]**.**

Досвід Docklands (Лондон) демонструє ефективність ділової (business-led) моделі ревіталізації для територій із високою транспортною доступністю та значним інвестиційним потенціалом. Для міста Дніпро дана модель може бути частково застосована у зонах, наближених до центральних районів та ключових транспортних вузлів, де доцільним є формування ділових і адміністративних кластерів з підвищеною щільністю забудови. Водночас повне копіювання цієї моделі є недоцільним через відмінності у масштабах фінансового ринку та соціально-економічних умов [9; 12].

Проєкт HafenCity (Гамбург) є одним із найбільш релевантних прикладів для умов Дніпра, оскільки ґрунтується на принципах багатофункціонального розвитку (mixed-use), інтеграції житлової, ділової, культурної та рекреаційної функцій. Адаптація цього підходу дозволяє формувати нові міські квартали вздовж річки з високою щільністю забудови, забезпечуючи доступність публічних просторів і збереження візуального контакту з водною акваторією.

Особливо важливим є принцип поетапної реалізації, що дає змогу мінімізувати ризики різких просторових і соціальних трансформацій [11; 22].

Кейс King's Cross Regeneration (Лондон) демонструє потенціал адаптивного використання індустріальної та транспортної спадщини. Для міста Дніпро, де зосереджена значна кількість промислових будівель і інфраструктурних об'єктів уздовж набережної, цей підхід відкриває можливості збереження історичної ідентичності територій із наданням їм нових функцій — освітніх, культурних, офісних або інноваційних. Такий підхід сприяє підвищенню щільності забудови без втрати історико-просторової цінності міського середовища [11].

Українські приклади — Rybalsky та UNIT.City (Київ) — підтверджують можливість адаптації міжнародних моделей ревіталізації у вітчизняних умовах. Проєкт Rybalsky ілюструє трансформацію прибережної промислової території у житлово-громадський район, водночас виявляючи ризики фрагментарної ревіталізації без достатньої інтеграції в міську інфраструктуру. UNIT.City, у свою чергу, демонструє потенціал формування інноваційних кластерів на базі колишніх промислових об'єктів, що є перспективним напрямом і для міста Дніпро з огляду на його науково-промисловий потенціал [7; 15]. Міжнародний та український досвід ревіталізації промислових прибережних територій та його значення для міста Дніпро розглянуто наведено в таблиці 3.

Аналіз негативних і суперечливих наслідків ревіталізації прибережних промислових територій. У наукових і прикладних дослідженнях з урбаністики міжнародні кейси ревіталізації прибережних промислових територій, зокрема Docklands у Лондоні, HafenCity у Гамбурзі та та King's Cross Regeneration, здебільшого подаються як успішні приклади трансформації індустріальних зон у високоякісні багатофункціональні міські простори. Водночас у сучасній науковій літературі дедалі частіше наголошується на необхідності критичного переосмислення таких проєктів, оскільки поряд із позитивними просторовими та економічними ефектами вони супроводжуються низкою суперечливих соціальних наслідків [9; 12; 18].

Однією з ключових проблем є **соціальна сегрегація**, що виникає внаслідок ринково орієнтованих моделей ревіталізації. У випадку Docklands пріоритет було надано формуванню фінансово-ділового кластера глобального рівня, що забезпечило значне зростання інвестиційної привабливості території, але водночас призвело до формування соціально замкненого простору, орієнтованого переважно на високооплачуваних працівників фінансового сектору. Така модель сприяла посиленню просторової поляризації між новими престижними районами та прилеглими кварталами, де зберігалися соціально-економічні проблеми. У цьому контексті ревіталізація виступає не стільки

інструментом інтеграції міського простору, скільки механізмом селективного розвитку [9; 10].

Тісно пов'язаним із соціальною сегрегацією є процес **джентрифікації**, який у масштабних проєктах waterfront regeneration часто має інституційно підтриманий характер. Досвід King's Cross Regeneration демонструє, що адаптивне використання індустріальної спадщини та розвиток культурно-освітніх функцій можуть супроводжуватися різким зростанням вартості землі та житла. У результаті змінюється соціальний склад населення, а частина мешканців і малого локального бізнесу витісняється з території через зростання орендних ставок. Навіть за наявності програм «соціального повернення» мешканців у нові житлові комплекси, дослідники фіксують втрату локальних соціальних зв'язків і зміну ідентичності районів [12; 13; 20].

Таблиця 3.

Міжнародний та український досвід ревіталізації промислових прибережних територій та його значення для міста Дніпро

Місто / країна	**Первинна функція території**	**Модель ревіталізації**	**Ключові просторово-функціональні трансформації**	**Основні результати для міського розвитку**	**Слушність (доречність) для Дніпра**
1	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**
Київ, Україна (Rybalsky /Рибальський острів)	Суднобудування, промисловість	Житлово-громадська ревіталізація	Житлові комплекси, набережні, офіси, рекреація	Часткова інтеграція індустріальної території в міське середовище	Приклад трансформації прибережної промзони у житлово-громадський район
Київ, Україна (UNIT.City)	Завод «Київ-млин» (промислова територія)	Інноваційно-технологічна ревіталізація	Коворкінги, офіси, освітні та громадські простори	Формування інноваційного хабу та нової економіки	Потенціал створення інноваційних кластерів у Дніпрі
Лондон, Велика Британія (Docklands – Canary Wharf)	Портові доки, логістика, індустрія	Ділова (business-led)	Високощільна офісна забудова, транспортні хаби, громадські простори	Формування одного з провідних фінансових центрів Європи ; зростання інвестиційної привабливості	Можливість трансформації частини прибережних промислових територій Дніпра у ділові та адміністративні кластери з високою щільністю забудови

1	2	3	4	5	6
Лондон, Велика Британія (King's Cross Regeneration	Залізничні депо, склади, індустріальні об'єкти	Комплекс на mixed-use ревіталізація	Адаптивне використання індустріальної спадщини, житло, офіси, освіта, культура	Створення одного з найуспішніших міських районів Європи	Модель збереження історичної ідентичності територій із наданням їм нових функцій — освітніх, культурних, офісних або інноваційних у структурі міста Дніпро.
Гамбург, Німеччина (HafenCity)	Портові склади	Культурно-туристична функція Mixed-use ревіталізація	Житло, офіси, музеї, культурні та рекреаційні простори	Інтеграція набережної в міську структуру, підвищення щільності.	Доцільність створення у Дніпрі багатофункціональних кварталів на основі колишніх промислових, портових і складських територій
Барселона, Іспанія (портові території)	Промислові портові об'єкти	Культурно-туристична	Інтеграція промислових об'єктів у структуру міста через культурні, рекреаційні та комерційні функції	Стимулювання туристичної галузі та економічного розвитку міста	Потенціал використання прибережних зон Дніпра для розвитку туризму, культурних та громадських просторів
Нью-Йорк, США (Brooklyn Waterfront, Іст-Рівер)	Промислові набережні та виробничі території	Житлово-рекреаційна	Перетворення індустріальних зон на житлові комплекси з парками, офісами та культурними об'єктами	Підвищення якості житлового середовища, створення доступних громадських просторів	Можливість формування житлових кварталів уздовж Дніпра з інтегрованими зеленими зонами та публічними просторами

Ще одним суперечливим аспектом є **обмежена доступність житла** в ревіталізованих прибережних зонах. Хоча концепція mixed-use development передбачає функціональне різноманіття, вона не гарантує соціального різноманіття. У багатьох випадках декларуване «соціальне змішування»

залишається на рівні риторики, тоді як фактична структура житлового фонду зміщується у бік середнього та преміального сегментів. Це особливо характерно для проєктів, реалізованих у партнерстві з великими девелоперами без жорстких вимог щодо частки доступного або соціального житла [9; 14].

Проєкт HafenCity у Гамбурзі часто наводиться як приклад більш збалансованого підходу, однак і в цьому випадку соціальна сталість не була автоматичним результатом просторових рішень. Значна частина досліджень підкреслює, що забезпечення соціальної інклюзивності вимагало активної ролі муніципалітету, регуляторних інструментів і поетапної реалізації з урахуванням соціальних наслідків. Це свідчить про те, що навіть «успішні» європейські кейси потребують складних управлінських механізмів для мінімізації негативних ефектів ревіталізації [11; 22].

Таким чином, міжнародний досвід демонструє, що ревіталізація прибережних промислових територій є не лише архітектурно-планувальним завданням, а й **соціально-політичним процесом**, пов'язаним із перерозподілом міських ресурсів. Для міста Дніпро це означає необхідність врахування потенційних ризиків джентрифікації, соціальної сегрегації та втрати доступності житла ще на етапі стратегічного планування. Інтеграція міжнародного досвіду має супроводжуватися запровадженням механізмів соціального моніторингу, участі громади та регулювання ринку нерухомості, що дозволить трансформувати прибережні промислові території не лише у просторово привабливі, а й соціально збалансовані міські середовища [10; 15; 18; 22].

Сучасна урбаністика активно використовує концепцію smart densification («розумне ущільнення»), сутність якої полягає не у безконтрольному збільшенні поверховості, а у створенні збалансованого багатофункціонального середовища з високою якістю міського життя [10;14]. Для міста Дніпро це передбачає:

- ✓ розвиток торговельно-розважальних комплексів у поєднанні з офісними та рекреаційними функціями;
- ✓ формування житлових комплексів зі змішаним функціональним використанням (mixed-use development);
- ✓ інтеграцію зелених зон у структуру нових кварталів;
- ✓ оптимізацію транспортної інфраструктури з урахуванням автомобільної, пішохідної, велосипедної та громадської мобільності;
- ✓ впровадження сучасних технологій управління енергією та ресурсами (smart city technologies).

Таким чином, ревіталізація промислових прибережних територій може розглядатися як ключовий інструмент підвищення щільності міської забудови без негативних наслідків для екології та комфорту мешканців [10; 18; 22].

Соціально-економічні ефекти ревіталізації. Ревіталізація прибережних промислових зон у місті Дніпро здатна забезпечити комплекс позитивних ефектів у контексті сталого розвитку:

- ✓ **економічні** — зростання вартості землі, залучення інвестицій, створення нових робочих місць у сфері будівництва, послуг і культурних індустрій [22; 13];
- ✓ **соціальні** — формування сучасних публічних просторів, підвищення якості життя населення, зростання туристичної привабливості міста [9; 20];
- ✓ **екологічні** — рекультивація деградованих територій, створення парків і зелених зон уздовж набережної, поліпшення стану водного середовища [16; 21].

Досвід європейських міст підтверджує, що ревіталізовані прибережні території стають важливими елементами міської ідентичності та приваблюють як мешканців, так і туристів, виступаючи каталізаторами довгострокового сталого розвитку.

Висновки. Ревіталізація промислових територій прибережної частини міста Дніпро розглядається як стратегічний інструмент сучасного містобудівного розвитку, спрямований на підвищення щільності міської забудови без розширення адміністративних меж міста. Проведений аналіз міжнародного та українського досвіду підтверджує, що трансформація занедбаних індустріальних зон дозволяє ефективно поєднувати просторові, соціальні, економічні та екологічні чинники розвитку міського середовища [10; 15; 18; 22].

Дослідження показало, що найбільш ефективними для прибережних промислових територій є моделі багатофункціональної ревіталізації (mixed-use development), які передбачають інтеграцію житлової, ділової, культурної та рекреаційної функцій. Такий підхід сприяє формуванню нових міських кластерів, активізації прибережних зон та відновленню зв’язку міста з водним середовищем [9; 11; 12].

Особливості планувальної структури міста Дніпро, сформованої під впливом індустріального розвитку, зумовили концентрацію промислових і транспортно-складських територій у центральній та прибережній частинах міста. Водночас саме ці території мають високий містобудівний потенціал, що дозволяє розглядати їх як резерви просторового розвитку. Їх ревіталізація здатна забезпечити формування нових публічних просторів, покращення екологічного стану прибережної смуги та оптимізацію транспортної інфраструктури [3,7,9].

Важливим теоретичним підґрунтям трансформації прибережних промислових зон є концепція «розумного ущільнення» (smart densification), яка

передбачає не механічне збільшення поверховості, а створення збалансованого багатофункціонального середовища з високою якістю міського життя . Для міста Дніпро це означає доцільність розвитку змішаних функціональних кварталів, інтеграції зелених зон та впровадження сучасних підходів до управління міськими ресурсами.

Таким чином, адаптація міжнародного досвіду ревіталізації до умов міста Дніпро має ґрунтуватися на принципах багатофункціональності, поетапної реалізації проєктів, адаптивного використання індустріальної спадщини та інтеграції прибережних територій у загальну просторову структуру міста. Реалізація зазначених підходів дозволить не лише вирішити проблему занедбаних промислових територій, але й перетворити прибережну зону Дніпра на каталізатор сталого міського розвитку в довгостроковій перспективі.

Список джерел

1. Джейкобс Дж. Смерть і життя великих американських міст / пер. з англ. – Київ : Основи, 2021. – 528 с.

2. Поважний О.С., Пілюшенко В.Л., Чечель А.О., Тібекін Я.О., Марова С.Ф. Ревіталізація промислових вугільних територій : монографія. – Донецьк : ТОВ «Східний видавничий дім», 2013. – 308 с.

3. Ревіталізація міст – досвід Європейського Союзу для України : навч. посібник / О.А. Сич, Н.С. Ситник, А.В. Стасишин, В.В. Круглякова ; за заг. ред. О.А. Сич. – Львів : ЛНУ ім. Івана Франка, 2023. – 312 с. URL: https://financial.lnu.edu.ua/wp-content/uploads/2024/01/Revitalizatsiia-mist.pdf

4. Реновація промислової забудови та її адаптація до сучасного міського середовища : монографія / Ю.І. Гайко, Є.Ю. Гнатченко, О.В. Завальний, Е.А. Шишкін; за заг. ред. Ю.І. Гайка, Е.А. Шишкіна. – Харків : ХНУМГ ім. О.М. Бекетова, 2021. – 353 с.

5. Семко О.В., Воскобійник Є.П. Основні принципи та прийоми реконструкції промислових об’єктів під будівлі громадського призначення [Електронний ресурс] // Збірник наукових праць УкрДУЗТ. – 2015. – Вип. 157. – С. 5–13. – URL: http://csw.kart.edu.ua/article/view/61644 (дата звернення: 26.01.2026).

6. Сеньковська Я.Т. Функціонально-планувальна реструктуризація територій промислових об’єктів міста (на прикладі м. Львова) : дис. … канд. архітектури. – Львів, 2017. – URL: https://lpnu.ua/spetsrady/d-3505211/senkovska-yaryna-tarasivna

7. Стратегія Дніпра 2030 [Електронний ресурс]. – URL: https://dniprorada.gov.ua/upload/editor/prezentaciya_strategii_dnipra_2030.pdf .

8. Харченко К.С., Краснюк А.В. Ландшафтно-екологічні основи гуманізації архітектурно-містобудівної інфраструктури міського середовища // Український журнал будівництва та архітектури. – 2022. – № 3. – С. 102–110. DOI: 10.30838/J.BPSACEA.2312.050722.102.870

9. Avni N. Urban Waterfronts: Contemporary Streams of Planning // *Journal of Urbanism*. – 2019. – DOI: https://doi.org/10.1177/0885412219850891.

10. Brenner A.K. et al. What drives densification and sprawl in cities? A spatially explicit assessment // *Land Use Policy*. – 2024. DOI: https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2023.107037.

11. den Hartog H. Shanghai’s Regenerated Industrial Waterfronts: Urban Lab Approaches // *Urban Planning*. – 2021. – Vol. 6(3). DOI: https://doi.org/10.17645/up.v6i3.4194.

12. Evans C. What does it mean for a transitioning urban waterfront to “work”?: Reviewing the planning approaches to sustainable urban waterfronts // *International Planning Studies*. – 2022. DOI: https://doi.org/10.1080/17549175.2022.2142648.

13. Gunay Z., Dokmeci V. Culture-led regeneration of Istanbul waterfront: Golden Horn Cultural Valley Project // *Cities*. – 2012. – Vol. 29(4). – P. 213–222. DOI: https://doi.org/10.1016/j.cities.2011.08.010.

14. Gehl J. *Cities for People*. – Washington, DC : Island Press, 2010.

15. Horbliuk S. Best urban revitalisation projects in Ukraine before the Russian invasion in 2022 // *Studies of the Industrial Geography Commission of the Polish Geographical Society*. – 2022. – Vol. 36(2). – P. 65–75. DOI: https://doi.org/10.24917/20801653.362.5.

16. Keyvanfar A., Sýkora L., Rezvani S., Memarian G. A Sustainable Historic Waterfront Revitalization Decision Support Tool // *Sustainability*. – 2018. – Vol. 10(2). – Art. 215. DOI: https://doi.org/10.3390/su10020215.

17. 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). – P. 93–111. DOI: https://doi.org/10.3390/smartcities4010006.

18. Papatheochari T., Daskalakis K. Development of a waterfront regeneration tool to support planning decisions // *Cities*. – 2019. – Vol. 95. – P. 102–115. DOI: https://doi.org/10.1016/j.cities.2019.05.009.

19. Radchenko K. Is Smart City model promising for sustainable post-war recovery? // *Proceedings of the ACM (SIGCHI)*. – 2024. DOI: https://doi.org/10.1145/3670243.3672438.

20. Sairinen R. Assessing social impacts in urban waterfront regeneration // *Ocean & Coastal Management*. – 2006. – URL: https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0195925505000764 (дата звернення: 26.01.2026).

21. Wu Y. et al. Transforming Industrial Waterfronts into Inclusive Urban Landscapes: Sustainable Design Approaches // *Sustainability*. – 2023. – Vol. 15(6). – Art. 5060. – DOI: https://doi.org/10.3390/su15065060.

22. Zhang Q. et al. Revitalization of the Waterfront Park Based on Industrial Heritage: Case Studies in Shanghai // *International Journal of Environmental Research and Public Health*. – 2022. – Vol. 19(15). – Art. 9107. – DOI: https://doi.org/10.3390/ijerph19159107.

PhD, Associate Professor **Katerina Kharchenko**,
Prydniprovska State Academy of Civil Engineering and Architecture,
Doctor of Philosophical Sciences, Professor **Iuyna Ryzova**,
National University «Zaporizhzhia Polytechnic»,
Doctor of Technical Sciences, Professor **Oleksandra Synhaivska**,
Kyiv National University of Construction and Architecture,
PhD, Associate Professor **Serhii Poliushkin**,
Prydniprovska State Academy of Civil Engineering and Architecture,
PhD, Associate Professor **Andrii Krasnyuk,**
Ukrainian State University of Science and Technologies

REVITALIZATION OF INDUSTRIAL COASTAL AREAS AS A TOOL FOR SUSTAINABLE DEVELOPMENT AND URBAN DENTAL CONSOLIDATION (USING THE EXAMPLE OF THE CITY OF DNIPR)

The article considers modern trends in urban development, focused on the densification of urban development without expanding the administrative boundaries of cities, which necessitates the transformation of internal neglected territories and former industrial zones. In conditions of intensive urbanization and limited territorial resources, the processes of revitalization of urban spaces, aimed at the reuse of degraded or functionally obsolete areas, are of particular importance. In the city of Dnipro, significant areas of the coastal zone have long been used for industrial and transport and warehouse functions, which led to the spatial fragmentation of the urban environment, the degradation of the ecological state of the territories and the restriction of population access to river spaces. At the same time, coastal areas have significant potential for the formation of new public spaces, residential quarters and recreational zones that can integrate into the modern urban structure and improve the quality of the urban environment. The paper analyzes international experience in revitalizing former industrial areas, including examples of HafenCity in Hamburg, King's Cross in London, as well as modern Ukrainian projects for the transformation of industrial zones. Particular attention is paid to the principles of multifunctional use of territories, the formation of open public spaces, the development of pedestrian infrastructure and the integration of the natural landscape into the urban environment. Conclusions. The study found that the revitalization of industrial coastal areas is an effective tool for increasing the density of urban development and sustainable development of industrial cities. The most promising models for the city of Dnipro are multifunctional revitalization models that combine residential, public, business and recreational functions, as well as approaches to the adaptive use of industrial heritage. The application of smart densification principles allows avoiding the negative consequences of excessive densification, improving the quality of the urban environment and restoring the city's connection with the river basin. Adapting international experience, taking into account the local context, can become the basis for the formation of new urban clusters and long-term sustainable development of the coastal part of the city of Dnipro.

Keywords: revitalization; industrial areas; urban development, public spaces; urban environment; functional zoning; coastal areas; urban densification; sustainable development.

REFERENCES

1. Jacobs, J. (2021). *The Death and Life of Great American Cities*. Kyiv: Osnovy. 528 p.

2. Povazhnyi, O.S., Piliushenko, V.L., Chechel, A.O., Tibekin, Ya.O., Marova, S. F. (2013). *Revitalization of Industrial Coal Territories*. Donetsk: Eastern Publishing House. 308 p.

3. Sych, O.A., Sytnyk, N.S., Stasyshyn, A.V., Kruhliakova, V.V. (2023). *Urban Revitalization: European Union Experience for Ukraine*. Lviv: Ivan Franko National University of Lviv. 312 p.

URL: https://financial.lnu.edu.ua/wp-content/uploads/2024/01/Revitalizatsiia-mist.pdf.

4. Haiko, Yu.I., Hnatchenko, Ye.Yu., Zavalnyi, O.V., Shyshkin, E.A. (2021). *Renovation of Industrial Development and Its Adaptation to the Contemporary Urban Environment*. Kharkiv: O.M. Beketov National University of Urban Economy. 353 p.

5. Semko, O.V., Voskobiinyk, Ye.P. (2015). Principles and methods of industrial buildings reconstruction for public use. *Collection of Scientific Works of Ukrainian State University of Railway Transport*, 157, 5–13. URL: http://csw.kart.edu.ua/article/view/61644.

6. Senkovska, Ya.T. (2017). *Functional and Planning Restructuring of Industrial Territories (Case of Lviv)*. PhD thesis. Lviv. URL: https://lpnu.ua/spetsrady/d-3505211/senkovska-yaryna-tarasivna (accessed: 26.01.2026).

7. Dnipro City Council. (2020). *Dnipro Strategy 2030*. URL: https://dniprorada.gov.ua/upload/editor/prezentaciya_strategii_dnipra_2030.pdf.

8. Kharchenko, K.S., Krasniuk, A.V. (2022). Landscape and ecological foundations of humanization of urban architectural environment. *Ukrainian Journal of Construction and Architecture*, 3, 102–110. DOI: https://doi.org/10.30838/J.BPSACEA.2312.050722.102.870.

9. Avni, N. (2019). Urban waterfronts: Contemporary streams of planning. *Journal of Urbanism*. DOI: https://doi.org/10.1177/0885412219850891.

10. Brenner, A.K., et al. (2024). What drives densification and sprawl in cities? A spatially explicit assessment. *Land Use Policy*. DOI: https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2023.107037.

11. den Hartog, H. (2021). Shanghai's regenerated industrial waterfronts: Urban lab approaches. *Urban Planning*, 6(3). DOI: https://doi.org/10.17645/up.v6i3.4194.

12. Evans, C. (2022). What does it mean for a transitioning urban waterfront to "work"?: Reviewing planning approaches. *International Planning Studies*. DOI: https://doi.org/10.1080/17549175.2022.2142648.

13. Gunay, Z., Dokmeci, V. (2012). Culture-led regeneration of Istanbul waterfront: Golden Horn Cultural Valley Project. *Cities*, 29(4), 213–222. DOI: https://doi.org/10.1016/j.cities.2011.08.010.

14. Gehl, J. (2010). *Cities for People*. Washington, DC: Island Press.

15. Horbliuk, S. (2022). Best urban revitalisation projects in Ukraine before the Russian invasion in 2022. *Studies of the Industrial Geography Commission of the*

Polish Geographical Society, 36(2), 65–75. DOI: https://doi.org/10.24917/20801653.362.5.

16. Keyvanfar, A., Sýkora, L., Rezvani, S., Memarian, G. (2018). A sustainable historic waterfront revitalization decision support tool. *Sustainability*, 10(2), 215. DOI: https://doi.org/10.3390/su10020215.

17. Moreno, C., Allam, Z., Chabaud, D., Gall, C., Pratlong, F. (2021). Introducing the "15-minute city". *Smart Cities*, 4(1), 93–111.

DOI: https://doi.org/10.3390/smartcities4010006.

18. Papatheochari, T., Daskalakis, K. (2019). Development of a waterfront regeneration tool to support planning decisions. *Cities*, 95, 102–115.

DOI: https://doi.org/10.1016/j.cities.2019.05.009.

19. Radchenko, K. (2024). Is Smart City model promising for sustainable post-war recovery? *Proceedings of the ACM (SIGCHI)*.

DOI: https://doi.org/10.1145/3670243.3672438.

20. Sairinen, R. (2006). Assessing social impacts in urban waterfront regeneration. *Ocean & Coastal Management*. URL: https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0195925505000764.

21. Wu, Y., et al. (2023). Transforming industrial waterfronts into inclusive urban landscapes. *Sustainability*, 15(6), 5060. DOI: https://doi.org/10.3390/su15065060.

22. Zhang, Q., et al. (2022). Revitalization of waterfront parks based on industrial heritage. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 19(15), 9107. DOI: https://doi.org/10.3390/ijerph19159107.

DOI: 10.32347/2076-815X.2026.92.315-335
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 5,
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 1)

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 різних історичних етапах. Ретроспективний аналіз дозволив виявити зміни уявлень щодо оздоровчого потенціалу ландшафтних об'єктів та їх структурно-функціональної організації, що є віддзеркаленням впливу різних чинників протягом історії існування людства. Визначено типи ландшафтних об'єктів з цілющою функцією за відповідними ландшафтними та структурно-функціональними характеристиками. В роботі задіяні методи: термінологічного іконографічного аналізу, абстрагування та порівняння, аналізу історичних джерел, структурно-функціонального аналізу. Дослідження складається з двох частин, зміст яких відповідає двом періодам: історичному (до початку XX ст.) та сучасному (з початку XX ст. й донині).

Ключові слова: сталий розвиток; еволюційний підхід; цілющі властивості; ландшафтний об'єкт; оздоровчий потенціал; структурно-функціональні характеристики.

Постановка проблеми. Серед сформульованих у Резолюції ООН 17 глобальних цілей сталого розвитку (Sustainable Development goals, SDG) однією

з пріоритетних є ціль 3 – Міцне здоров'я та благополуччя (Good health and well-being) [1], яка передбачає забезпечення здорового способу життя та сприяння благополуччю для всіх людей будь-якого віку. Підтримка Україною цього напрямку знайшла своє підтвердження в Національній доповіді «Цілі Сталого Розвитку: Україна» та окреслених можливостей імплементації положень SDG в Україні [2]. Ціль 3 набула особливої актуальності та гостроти в країні за період війни, відколи українська нація була позбавлена спокійного щоденного життя, добробуту та благополуччя. Натомість до щоденних буднів додалися участь значної частки населення у бойових діях, життєдіяльність мирного населення України під прицілом ворога, у постійних тривогах, хвилювання за рідних і близьких. Все це негативно позначилося на фізичному, психологічному та ментальному здоров'ю кожного українця. Отримані показники загальнонаціонального репрезентативного опитування, проведеного у травні 2025 року [3], майже в шість разів перевищують довоєнні оцінки населення щодо тривожності та депресивного стану. Ці зміни відбуваються на тлі погіршення демографічної ситуації, збільшення кількості осіб, котрим необхідна реабілітація, відновлення та оздоровлення. Ця когорта включає як учасників бойових дій, що повертаються з фронту, так і громадського населення в тилу. Серед людей зростає психологічна втомлюваність, фізичне та розумове навантаження, з'являється феномен «інформаційного шуму» та «психологічного вигорання».

Не зважаючи на те, що питання оздоровлення та реабілітації окреслені у відповідних законодавчих актах України [4, 5, 6], пошук дієвої допомоги є актуальним серед представників різних науково-практичних сфер. В якості допомоги задіяно низку наявних ресурсів, серед яких – реабілітаційні та оздоровчі центри. Теоретичні напрацювання науковців пов'язані у тому числі і з пошуком нових об'єктів, які стануть ефективними для оздоровлення населення України. Автори досліджують один із таких потенційних об'єктів – відкриті міські озеленені простори, які здатні забезпечити процеси оздоровлення за рахунок їх ландшафтної та структурно-функціональної організації.

Аналіз останніх досліджень і публікацій свідчить про зацікавленість як науковців різних сфер, так і пересічних громадян, вирішенням проблем, пов'язаних із нераціональним використанням природного середовища, недооцінюванням його потенціалу як вагомого помічника у формуванні комфортного життєзабезпечення людини. Зважаючи на це, важливими кроками у цьому напрямку є публікації щодо формування міських озеленених просторів для оздоровлення населення. Серед них варті уваги роботи по формуванню сенсорних, реабілітаційних та терапевтичних садів [7, 8, 9]. Важливими є

напрацювання науковців щодо профілактики та збереження ментального здоров'я молодого покоління країни шляхом запровадження природотерапії та гарденотерапії [10, 11, 12, 13]. Автори статті мають вагомий досвід у дослідженні ландшафтних об'єктів та їх складових елементів [14, 15, 16, 17]. Серед їхніх останніх напрацювань – роботи з формування оздоровчих ландшафтних об'єктів [18, 19].

Значне різноманіття досліджень, де розглядаються оздоровчі ефекти ландшафтної архітектури та дизайну, доводять значущість даного питання, однак, 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. На даному етапі об'єктами дослідження є терапевтичні, оздоровчі, лікарняні, цілющі ландшафтні об'єкти різних епох.

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 в ході історичного розвитку ландшафтних об'єктів різних епох та країн;
- окреслити історичні етапи становлення особливих типів ландшафтних об'єктів з оздоровлюючою функцією під впливом різних світоглядів;
- визначення різних типів ландшафтних об'єктів з оздоровлюючою функцією за ознакою їх ландшафтної та структурно-функціональної організації;
- дослідити еволюцію формування уявлень про ландшафтний об'єкт як ресурс для оздоровлення.

Методика дослідження спирається на еволюційний підхід, що передбачає розгляд об'єкту як такого, що поступово змінюється з часом під впливом низки факторів. Досліджуються зміни ландшафтної та структурно-функціональної організації об'єктів у контексті посилення їх оздоровлюючого потенціалу згідно уявлень про цілющі властивості природи в різні історичні періоди, де панували різні світогляди. В роботі використано методи: термінологічного та іконографічного аналізу, абстрагування, узагальнення, логіко-аналітичного аналізу, типологізації.

Результати дослідження та їх обґрунтування. Залучати ресурси природи для свого оздоровлення людина почала ще з початку розвитку людської цивілізації. З часом, особливого значення стали набувати природні елементи, розташовані в структурі поселень, або поруч, які упорядковувались для використання їх людиною. Це були перші *творіння ландшафтної*

архітектури, що перебували в структурі палаців, громадських та релігійних комплексів.

Уявлення про ландшафтний об'єкт, як особливий ресурс для оздоровлення, змінювались протягом еволюції людського суспільства у більш ніж вісім тисячоліть. На тлі зміни світоглядів різних епох змінювалось уявлення про ландшафтні об'єкти та їх корисні властивості, в тому числі – оздоровчі. З'ясовано, що ці зміни відбувалися під впливом різних чинників – релігійних канонів та інквізиційних цькувань, філософських думок і постулатів, попереднього історичного досвіду, взаємин між людиною і природним середовищем, технічного прогресу у медичній науковій сфері, економічних пріоритетів, тощо.

Аналіз історичних документів дозволив визначити, що в ході зміни світоглядів, накопичення знань про цілющі властивості природи, змінювалися і уявлення про ландшафтні об'єкти, як особливі ресурси оздоровлення людини. На основі пануючих у різні часи уявлень про цілющі властивості ландшафту дослідженням виділено п'ять етапів їх історичного розвитку. На кожному з етапів формувався певний тип ландшафтних об'єктів з цілющою функцією та з відповідними ландшафтними та структурно-функціональними характеристиками:

- *I етап – IV-VI ст. до н. е. – II-III ст. н.е.*, в основі якого лежить *міфологічний тип* світогляду;
- *II етап – III ст. – V-XV ст.,* в основі якого переважає релігійний тип світогляду;
- *III етап – XV ст. – XIX ст.*, в основі якого лежить ренесансний тип світогляду;
- *IV етап – XIX ст. – XX ст.* з домінуванням науково-філософського типу світогляду;
- *V етап – XX ст. – XXI ст.,* який ґрунтується на поєднанні наукових теорій, екологічній свідомості та гуманістичних цінностей.

Хронологічний поділ етапів є певною мірою умовним і віддзеркалює *переважаючі* погляди, переконання та ціннісні орієнтири щодо оздоровчого ресурсу ландшафтних об'єктів. З початком нашої ери прослідковується нерівнозначне співіснування декількох світоглядів, що свідчить про впливи на їх формування розвитку суспільства, передових думок, знань, суспільних трансформацій тощо.

Перший етап історичного розвитку цілющих ландшафтів означувався первісним, *міфологічним типом світогляду*. Уявлення суспільства про цілющі властивості природного середовища були тісно пов'язані з поклонінням богам, які, згідно міфам, «створили світ і керували ним». Підтвердженням цього була

віра в грецького бога зцілення Asclepius, храми якого стали першими прадавніми центрами зцілення в ландшафтному середовищі. Одним із перших місць зцілення, про яке збереглися свідчення, було святилище (asclepieia) Epidaurus в Стародавній Греції (IV ст. до н.е. – VI ст. н.е.), рис. 1. Його територія являла собою синтез архітектурних об'єктів та природного ландшафту з джерелами й свіжим повітрям. Храм був відновлювальним центром зцілення, найвідомішим з 200 храмів грецького бога зцілення Asclepius [20], де разом співіснували архітектурні, гідротерапевтичні та хірургічні елементи. Хворі здійснювали паломництво до святилища для лікування уві сні (шляхом сновидінь за участю богів зцілення), дієтами, фізичними вправами, ходьбою босоніж, природною джерельною водою (очисні ритуали, [21, с. 6]) та спортивними заходами [22, с. 156]. Місце для розташування святилищ обиралося з урахуванням доступу до чистих джерел води, схилів пагорбів та лісових територій, які створювали ідеальні умови для зцілення [21, с. 6].

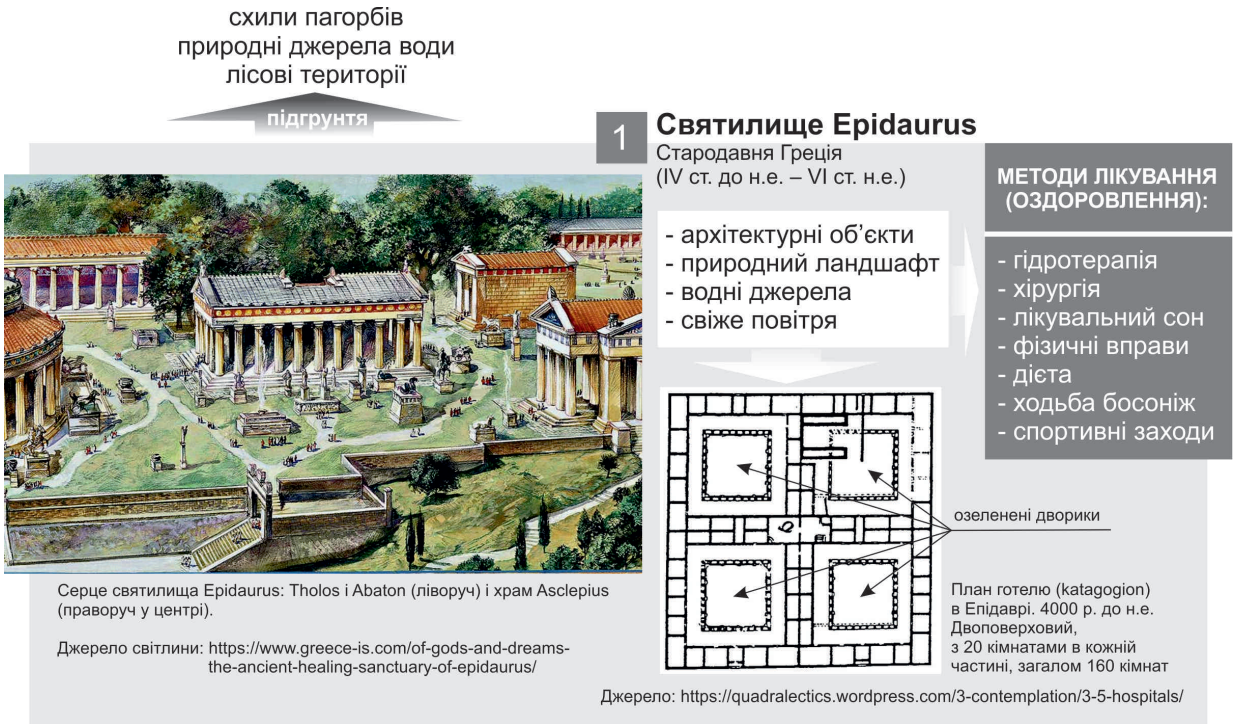


Рис. 1. Святилище Epidaurus – одне з перших місць зцілення, IV ст. до н.е. – VI ст. н.е. (Стародавня Греція), яке уособлює міфологічний тип світогляду. Рисунок Шевченко Л.С. Джерела світлин та планів: https://www.greece-is.com/of-gods-and-dreams-the-ancient-healing-sanctuary-of-epidaurus/ та https://quadralectics.wordpress.com/3-contemplation/3-5-hospitals/

Подібні святилища з'явилися і в інших містах – Kos, Athens, Corinth, Pergamon, Corinth, Sicyon, Tegea, Megalopolis, Argos, Sparta, Messene (Стародавня Греція), Alexandria (Єгипет), Cyrene (Лівія) [20]. Така система лікування була заснована на вірі, поклонінні, жертвопринесенні грецьким богам здоров'я Apollo, Artemis, Asclepius, Hygieia. Історик медицини L. Edelstein,

досліджуючи раціональні та магічні елементи культу asclepieia, доводить співіснування взаємодії різних рівнів духовного й наукового знання [22, с. 149]. На той час така система лікування була традиційною і існувала разом з практичними, науково обґрунтованими методами лікування Hippocratic, котрі в тому числі включали й лікарські трави. З поширенням культу Asclepius такі святилища являли собою як заклади охорони здоров'я, так і центри медичного навчання [20].

Разом з тим, у Стародавній Греції було вперше ґрунтовно досліджено й науково описано водолікування на кшталт сучасного курортного, використання природних ресурсів для зміцнення здоров'я [23, с. 24]. На думку Hippocratic, купання – це здоров'я («In balneis salus»), а цілющі грязі – це сприятливий вплив на здоров'я людини (трактат «Про повітря, води і місцевості») [23, с. 25]. Це свідчить про існування переважаючого на той час міфологічного типу світогляду та появу первісного наукового, заснованого на активній діяльності «батька сучасної медицини» Hippocratic.

У рабовласницький період Греція розпочала формування громадських закладів та міських просторів для простого люду, серед яких були і громадські сади, призначені для фізичного виховання молоді [24, с. 31], прототипи сучасних ландшафтних об'єктів загального користування. Як свідчать джерела, одними з перших типів таких садів були священні гаї героїв (герони), святилища з плодовими деревами (німфея). Рослинність у таких святилищах була представлена кращими декоративними сортами дерев: платаном, чорною тополею, кипарисом, вільхою, миртом, лавром, пальмою [24, с. 31].

У свій час жреці Давнього Єгипту, шукаючи шляхи боротьби із захворюваннями та надихаючись ідеями продовження тривалості життєвого циклу, сформулювали *концепцію здорового способу життя* та методики оздоровлення людського організму [23, с. 24]. Вони ґрунтувалися на активній інтеграції у життєвий процес людини природного середовища – особливостей ландшафту, рослинності, природних водних елементів, грязей тощо. Така лікувальна та оздоровча практики набули широкого поширення й за межами Єгипту – у Межиріччі, країнах Близького Сходу, стародавніх Індії та Китаї. У давньоіндійському епосі «Ріґведа», та давньокитайських трактатах містяться відомості про оздоровчі купання в священних озерах і джерелах при храмах, так звані – «священні купелі», якими користувалися місцеві мешканці. Про «Сілоамську купіль» біля Єрусалиму на Генісаретському озері знаходимо в Старому та Новому Завітах. Це самодіяльна водогрязелічниця, яка надавала допомогу хворим з «Юдеї, Палестини та сусідніх сирійських царств» [23, с. 24].

За часів Римської імперії, враховуючи досвід та вплив попередників, була сформована власна концепція життєдіяльності, в якій лікування й оздоровлення

посідало ключові позиції разом з освітою і працею. Саме тут була реалізована ідея формування *тихих місцевостей для релаксації*, ізольованих від суєти та проблем повсякденного материкового буття, – «курортних островів». Переважна більшість таких місць була пов'язана з виходом на поверхню землі джерел термальних та мінеральних вод. Римлянами була сформульована *власна концепція підтримки здорового способу життя «Senus per aquat»* («здоров'я через воду») [23, с. 26], яка у наш час знайшла своє втілення у SPA.

Щодо українських теренів, то з періоду античності були відомі цілющі чудодійні властивості Сакських грязей та Кримських солоних озер, де за свідченням давньогрецького історика Herodotus використовували «єгипетський» метод лікування грязями. Давньогрецький письменник і вчений Plinius Maior у своїй праці "Naturalis Historia" підтверджує лікування «землею, що зціляє рани» у місті Парасин у Тавриці [23, с. 34]. Дослідники посвідчують наявність у наших пращурів культу духів природи, духів-захисників людини та племені, духів предків. Як і в інших народів, зцілення хворих здійснювали язичницькі жреці у вигляді релігійних обрядів за допомогою рослин, води, глини та інших природних лікувальних чинників [23, с. 34]. В християнський період Київської Русі лікуванням хворих опікувалися ченці, які були «озброєні» знаннями як народної так і античної медицини з широким спектром природних лікувальних засобів. Нестор Літописець у «Повісті временних літ» (1113 р.) засвідчує використання слов'янських дерев'яних лазень, де вода, тепло, пара, інгаляції та масаж формували оздоровчий комплекс [23, с. 35].

Отже, *міфологічний тип світогляду* про цілющі властивості ландшафтів позначився на культах, ритуалах, обрядах та нормах поведінки тогочасного суспільства, де особлива «місія» була покладена на *спеціально сформовані ландшафтні об'єкти* (святилища, священні гаї), у тому числі – для контакту з богами. Ці території являли собою:

- *у функціональному аспекті* – просторову основу, де відбувалися процеси зцілення, взаємодії з природними елементами шляхом паломництва, здійснення ритуальних та культових обрядів, контакту із богами зцілення;
- *у структурно-планувальному аспекті* – систему взаємопов'язаних природних (форм рельєфу, елементів озеленення, водних джерел) та антропогенних елементів (архітектурних об'єктів, храмів, скульптур богів зцілення) в єдиній композиції пейзажного характеру;
- *у ландшафтному аспекті* – сукупність переважно природних (схили пагорбів для паломництва, природні гроти, лісові масиви, гаї з високими деревами, природні джерела води) та рідше антропогенних рис (штучні гроти), які формували естетичний вигляд ландшафтного об'єкту.

Для ***другого етапу*** розвитку цілющих ландшафтів властивий *релігійний тип світогляду*, який у тому числі охоплює епоху Середньовіччя. Як свідчать джерела [21], перші світовідчуття та світобачення щодо ландшафтних місць зцілення з'явилися в християнській, ісламській та чернечій релігіях. Згідно них, сад є уособленням раю, спокійним безтурботним природним і безпечним місцем, де засобами природи відображений божественний порядок. Такими обителями царства божого на землі є храмові об'єкти й монастирські комплекси, де все життя відбувається під безпосереднім покровительством бога та його служителів. Досвід світогляду попередніх епох, усвідомлення здатності природи надихати, дарувати мир, зцілювати та збалансовувати буденне життя дало поштовх до створення *цілющих садів при монастирях та громадах* для підтримки здоров'я й добробуту людини, рис. 2. Крім того, християнський обов'язок милосердя спонукав до формування хоспісів та лазаретів, в яких опікувалися паломниками, хворими та бідним людом, що особливо активізувалося у часи епідемій та міжусобиць в епоху Середньовіччя. Одним з найбільших ранніх описів таких садів датовано XI століттям. Це – розповідь святого Bernard of Clairvaux (1090-1153) про сади біля монастирських лікарень у Clairvaux (Франція) [25]. Замкнений тип монастирських садів уособлював безпеку й прихисток від ворогів та спеки у затишних вірідаріях, гербаріумах, клуатрах. Він діяв на органи чуття людини – запашні трави саду вгамовували біль, трав'яні рослини були джерелом для створення лікарських засобів природного походження, естетичний вигляд рослинності підживлював зір та підвищував настрій, спів птахів пестив слухові рецептори, а плодові рослини (їстівні) не лише забезпечували тактильну (сенсорну) взаємодію, а й помірне фізичне навантаження під час догляду за ними. Це свідчило про розуміння релігійними лідерами важливості різноманітної взаємодії природи й людини, інтуїтивне відчуття позитивного впливу на її чуттєві рецептори, а відтак – психологічного (душі) та фізичного (тіла) зцілення.

В ісламських садах висока рослинність забезпечувала бажану тінь у посушливому кліматі, їстівні рослини створювали сенсорний досвід шляхом торкання, нюхання та куштування, а запашні квіти приваблювали бджіл та комах, забезпечували колорит та аромат саду. Відома практика використання ароматичних речовин (масел) у культурі країн Східної Азії. З еволюцією дендрологічних знань про властивості особливих ароматичних рослин «удосконалювалися і методика приготування пахощів, і способи «слухання ароматів» [26, с. 1]. Це пов'язано з культурними та релігійними канонами буддизму, атрибутика якого передбачає обкурювання приміщення з вівтарем пахощами, що активізує виключно нюхові рецептори людини. В Японії з давніх часів існує мистецтво складання пахощів 香道 (КО:ДО:, у пер. – шлях аромату).

Як засвідчують дослідники, це мистецтво пройшло еволюційний шлях від ритуальних буддійських практик, жертвопринесень до обкурювання приміщень та одягу з санітарно-гігієнічною метою, що є важливим методом в оздоровленні людини та її життєвого середовища [26].

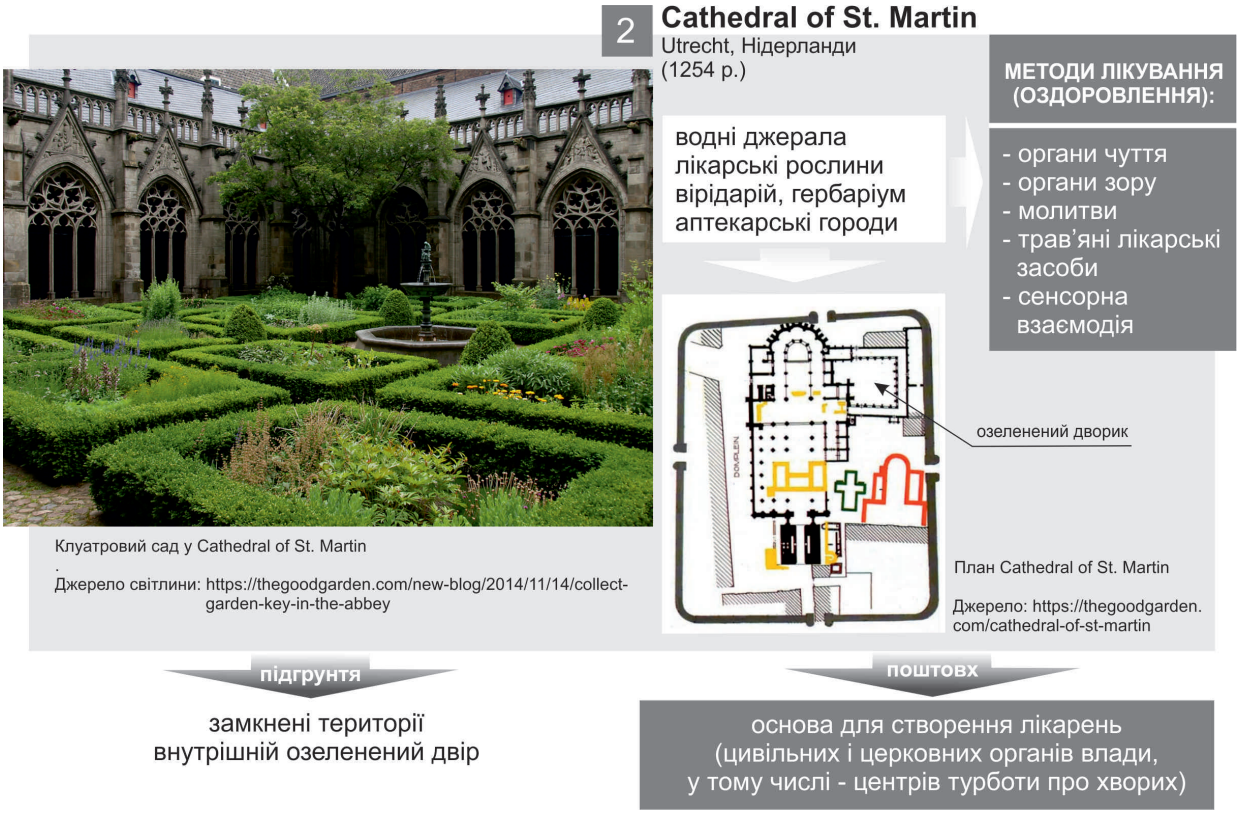


Рис. 2. Монастирський сад Cathedral of St. Martin, 1254 (Utrecht, Нідерланди), який уособлює релігійний тип світогляду. Рисунок Шевченко Л.С. Джерела світлин та планів: https://thegoodgarden.com/new-blog/2014/11/14/collect-garden-key-in-the-abbey та https://thegoodgarden.com/cathedral-of-st-martin

Важливий вплив на формування середньовічного світогляду щодо місії природного середовища мала видатна абатиса XII століття свята Hildegard von Bingen. Вона розробила власну філософію, засновану на зв'язку між людським духом і силою землі, яку назвала «viriditas» (від двох латинських слів «viridia» – зелень, «veritas» – правда, [25], с. 6). На думку святої, viriditas – це джерело енергії, від якого залежать усі інші форми життя, витік чеснот і здоров'я людини. Зелена сила viriditas і буквальна, і символічна. В основі філософського мислення абатиси лежить рослинність, взаємозалежність процвітання людини від процвітання природи. Це висвітлено в її працях про просту медицину та мистецтво зцілення [27]. На думку святої Hildegard між здоров'ям планети й фізичним і духовним здоров'ям людини існує нерозривний зв'язок, тому цю святу часто вважають передвісницею сучасного екологічного руху [28].

Аналогічно закордонному досвіду, християнський обов'язок милосердя та благодійництва привів до появи низки подібних садів і на українських теренах. Використанням рослин у лікарській практиці відзначалися ще наших предки скіфи, цілющі ліки котрих цінувалися і в європейських країнах – Греції, Італії [29, с. 6], а перший опис подібної практики міститься у виданні 1076 року – «Ізборник Великого князя Святослава Ярославича» [29, с. 6], [30, с. 47]. Науковий трактат «Мазі» онуки Володимира Мономаха київської княгині Євпраксії Мстиславівни містить поради з гігієни, користь свіжого повітря й фізичних рухів на організм людини [31, с. 8]. З XII ст. стають відомими сади при монастирях і княжих дворах у багатьох містах Київської Русі (Чернігові, Новгороді Сіверському, Галичі, Путивлі), у тому числі й у її північно-східних князівствах (Володимирі, Суздалі, Муромі) [32]. Церква опікувалася харчуванням бідних і зціленням хворих мінімальним набором елементів – *місцями для тихого відпочинку в садах* (задоволення духовних потреб) та піклуванням про зелені насадження (задоволення фізичних потреб).

Отже, релігійний тип світогляду сприяв формуванню уявлення про цілющі властивості ландшафтів, яке ґрунтувалося на церковних канонах та переконаннях тогочасного суспільства про боже покровительство, захист та милосердя у всіх життєвих процесах людини. У цей період сформувалося нове уявлення про організацію цілющих ландшафтів і, відповідно, їх *новий тип* – – монастирський сад – особливе усамітнене місце, яке являло собою:

- *у функціональному аспекті* – систему компактних замкнених просторів чіткої, переважно квадратної форми, в кожному з яких відбувалися процеси духовного самовдосконалення, душевного та тілесного зцілення, взаємодії з природними елементами шляхом здійснення церковних обрядів, контакту із богом та його служителями;
- *у структурно-планувальному аспекті* – збалансовану систему природних елементів – озеленення та водних джерел – в площинній симетричній композиції регулярного характеру із центральним домінуючим елементом («деревом життя», «джерелом життя»);
- *у ландшафтному аспекті* – сукупність переважно антропогенних ландшафтів, змінених на кшталт релігійного райського саду за допомогою лікарських та декоративних рослин (переважно чагарникових та квіткових), із застосуванням топіарного мистецтва у вигляді спрощених форм як виразника аскетичного способу життя.

В основі ***третього етапу*** історичного розвитку цілющих ландшафтів лежить *ренесансний тип світогляду*. За [23, с. 26] XIV-XV ст. є періодом відродження системи рекреаційних цінностей. З метою оздоровлення все частіше правляча верхівка суспільства обирала рекреаційні території з

цілющими властивостями окремих природних мінеральних джерел. Із занепадом чернецтва у цей період монастирський замкнений внутрішній озеленений двір ліг в основу створення лікарень – цивільних і церковних органів влади, наступних центрів турботи про хворих. Дослідженням виявлена тенденція, яка була започаткована в Англії у XVII ст., коли заможні купці та дворяни-філантропи воліли, щоби їхні будинки та маєтки з розкішними ландшафтними територіями слугували лікарнями [25, с. 6]. Це дало поштовх до подальшого будівництва лікарень на кшталт родинних великих будинків з просторими садами й озелененими двориками. Така тенденція спонукала не лише до зміни просторової структури лікарняного закладу, а в першу чергу – до переосмисленням змістовної суті лікарні, підходів до лікування й оздоровлення, переорієнтації лікувальних процесів на посилення контактів з природою та формування особливих ландшафтних умов для взаємодії пацієнтів з нею. John Howard (1726-1790), англійський реформатор лікарень і в'язниць, повідомляв про лікарні в Marseilles, Pisa, Constantinople, Trieste, Vienna та Florence. Вони мали сади, якими пацієнти могли насолоджуватися крізь двері і вікна, а також прогулюватися на стадії одужання [33, с. 18], що підтверджує розуміння позитивної дії природного середовища на фізичний та психічний стан організму людини, на процес її одужання.

З ослабленням інквізиційного терору католицької церкви над «інакомислячими» окремі освічені представники суспільства розпочали дослідження з вивчення цілющих властивостей навколишньої природи. Цьому сприяла наявність у монастирських бібліотеках джерел з античної медичної спадщини [23]. Зокрема, італійський чернець Girolamo Savonarola у XV ст. підготував і видав «Трактат про італійські мінеральні води», який вважають «першим медико-курортологічним довідником з емпірично-науковим описом цілющих властивостей мінеральних вод та методик їхнього зовнішнього використання з лікувальними цілями» [23, с. 27].

Науковці В. Клапчук та Л. Ковальська, спираючись на дослідження лікаря А. Пастернака оприлюднили цікаві факти здорового способу життя українських козаків, зокрема – використання природних багатств для оздоровлення [23, с. 35-36]. Особлива роль у цьому процесі відведена була воді, її цілющим властивостям. Внутрішньо козаки використовували свячену воду «на Йордань» та «ковальську». Зовнішньо – це особливі взаємини з природним середовищем через дихальні шляхи, чуттєві органи, дотик тощо. Відбувалося це при ходьбі до схід сонця босоніж «по росяній траві, споришу, кульбабі та конюшині», занурюванням ніг у «парку воду Дніпра» зі своєрідним піщаним масажем шкіри ніг та застосуванням «козацьких зелених ван» у вигляді купання оголеними у природній водоймі та одразу повільною прогулянкою у мокрому стані

трав'яними хащами, росяно-пилкова суміш яких огортала міцне козацьке тіло [23, с. 36]. Прямі докази дієвості таких методів оздоровлення відсутні, але про міць, спритність, сміливість і хоробрість українських козаків ходили легенди.

Пошук удосконалених рішень лікарняних закладів привів до розвитку лікарень павільйонного типу, об'ємно-просторова композиція яких ґрунтувалася на тісному зв'язку двох- та триповерхових витягнутих будівель лікарні з вузькими палатами, великими вікнами, озелененими дворами і садами між ними – важливими складовими цілющого середовища (рис. 3). Така концепція лікарняних закладів набула поширення у XIX та на початку XX ст. За свідченням британської медичної сестри і реформаторки системи охорони здоров'я Florence Nightingale надзвичайно важливими для швидкого одужання хворого є свіже повітря та пряме сонячне світло, «можливість дивитись у вікно, а не на мертву стіну; яскраві кольори квітів… можливість читати в ліжку при сонячному світлі з вікна» [25, с. 8]. Такі практичні кроки підтримувалися й науковими працями, зокрема – рекомендаціями з проєктування лікарняних садів авторства німецького теоретика садівництва Christian Cay Lorenz (кін. XVIII ст.). Автор акцентує увагу на єднанні саду й лікарні, де пацієнти мають можливість підбадьорюватися видами з вікон на квітучі ландшафти, заохочуватися до прогулянок стежками саду з гарними газонами, барвистими клумбами та галасливими струмочками [33, 25].

Вважаємо період романтизму, його розквіт, вагомим чинником впливу на переосмислення ролі природного середовища в житті людини, її тілесного та духовного відродження. У цей період «захопленого ставлення до природи» [24, с. 51] у містах розбудовували парки, у тому числі для фізичного та психічного здоров'я їх мешканців. Учені вважають, що в цей період відродження природи відбувалося як частини відновлювального середовища, зокрема – в лікуванні психічно хворих людей [25, с. 8]. Кардинально новий підхід у лікуванні цієї когорти хворих уперше продемонстровано в лікарні Zaragosa (Іспанія, 1409 р.), де замість звичного ув'язнення та покарання пацієнтів застосовували так званий «метод їх соціалізації». Він полягав у налагоджуванні звичайного життя з виконанням домашніх обов'язків, а також, що суттєво, – працю на городах, виноградниках, плодових садах та на фермі [33, с. 17]. Доступ до ландшафтних територій став частиною лікування, де спокійне природне довкілля слугувало простором для садівництва, фермерства та давало прихисток від міського середовища. Така філософія лікування набула широкого поширення у Франції, Англії та США. Вона знайшла активну підтримку у реформаторів того часу Dr. Philippe Pinel (Франція), William Tuke (Англія) та Dr. Thomas Kirkbride (США). В результаті їхньої активної діяльності формувалися *нові типи лікарняних закладів*, *де впроваджувалася активна взаємодія пацієнтів з природним*

середовищем, як то: Retreat (1792 р., York, Англія), Friends Asylum (1813 р., Philadelphia, США). У 1848 р. це підтвердив американський ландшафтний архітектор Andrew Jackson Downing [34, с. 79]. Dr. Thomas Kirkbride у 1851 р. надав своє бачення з проєктування притулків у США, наголосивши на їх локації в сільській місцевості, площі щонайменше 100 акрів, з якої не менше, ніж 50 акрів відводилося під сади та майданчики для прогулянок та необхідністю облаштування великих вікон в кімнатах найбільш вразливих пацієнтів з приємними краєвидами з них [25, с. 9]. До 1900 р. подібні об'єкти з'явилися у двадцяти восьми штатах країни.

Рис. 3. Лікарні павільйонного типу – результат удосконалення об'ємно-просторового рішення лікарняних закладів та уособлення ренесансного типу світогляду. Рисунок Шевченко Л.С. Джерела світлин та плану: [25, с. 8-9] та https://quadralectics.wordpress.com/3-contemplation/3-5-hospitals/

Отже, в основі ренесансного типу світогляду лежить процес відродження рекреаційних цінностей природи та її лікувальних властивостей, закладених у попередніх періодах. Підтримкою розвитку такого світогляду стали

експериментальні дослідження у лікувальній сфері, що привели до формування *нових уявлень про організацію цілющих ландшафтних об'єктів* – садів при лікарняних закладах та притулках як дієвого ресурсу в доповненій терапії та громадських ландшафтних об'єктів для підтримки фізичного та психологічного здоров'я людини. Вони являли собою:

- *у функціональному аспекті* – просторову основу, де цілком рівнозначно відбувалися процеси тілесного та психологічного зцілення шляхом спокійної взаємодії з природними елементами – візуальної, сенсорної, тактильної;
- *у структурно-планувальному аспекті* – систему рівнозначно пов'язаних між собою природних (форм рельєфу, елементів озеленення, водних джерел) та антропогенних елементів (архітектурних об'єктів, лікарень, будівель притулків тощо) в єдиній об'ємно-просторовій композиції змішаного характеру, при якій прості за формою архітектурні об'єми та природне середовище активно взаємодіяли, у тому числі – шляхом формування візуальних осей (орієнтація збільшених віконних отворів на живописні ракурси);
- *у ландшафтному аспекті* – сукупність антропогенних ландшафтів зі сформованими краєвидами та пейзажними композиціями з різновидів декоративних рослин, які мають заспокійливий характер за рахунок природних форм та кольорів їх крони.

Такий тип світогляду був поширений до середини XIX ст. – початку періоду інноваційного прогресу в медичній сфері, який ліг в основу четвертого етапу історичного розвитку цілющих ландшафтів з його науково-філософським типом світогляду.

Висновок по частині 1. Протягом низки століть з'ясовано взаємини між людиною і природним середовищем. Виявлено зміни уявлень суспільства різних епох щодо ландшафтного об'єкту як особливого ресурсу для оздоровлення. З'ясовано, що ці зміни пов'язані з впливом різних чинників протягом історії існування людства – релігійних канонів та інквізиційних цькувань, філософських думок і постулатів, накопиченого досвіду та знань попередніх епох, технічного прогресу в першу чергу у медичній науковій сфері, економічних пріоритетів, потреб населення, тощо. Уявлення про ефективне формування оздоровлюючих (лікувальних, цілющих) ландшафтних об'єктів складалося поступово, в ході їх історичного розвитку. Дослідженням виділено п'ять етапів розвитку ландшафтних об'єктів для оздоровлення з відповідними функціональними, структурно-планувальними та ландшафтними характеристиками. Кожний із перших трьох етапів, окреслених у цій частині дослідження, має *свої особливості*, пов'язані з:

- хронологічними обмеженнями етапів;
- географічними межами локалізації об'єктів дослідження відповідно до ключових осередків розвитку цивілізацій;
- типом пануючого світогляду та його підґрунтям;
- переважаючими чинниками впливу на формування уявлення про цілющі властивості ландшафтних об'єктів;
- застосованими методами оздоровлення (лікування, зцілення);
- змістовною характеристикою об'єктів дослідження конкретного етапу.

Не зважаючи на відмінні риси кожного еволюційного етапу, формування уявлення про потенційний оздоровчий ресурс природного середовища і сам процес створення цілющих ландшафтних об'єктів мав спільні риси. Вони полягали у наступному:

1) на початкових етапах лікувальний вплив ландшафтних об'єктів розглядався в узагальненому вигляді, пізніше – почали виділяти певні аспекти оздоровлення, як то – психічного (на третьому етапі розвитку), що свідчить про *тенденцію їх поступової спеціалізації*;

2) кожний етап означувався появою *нового типу цілющих ландшафтних об'єктів* – святилищ та священних гаїв (на першому етапі), монастирських садів (на другому), лікарняних та громадських садів (на третьому етапі), що сприяв поступовому *розширенню типології оздоровчих ландшафтних об'єктів*;

3) на цих трьох етапах «взаємини» між природними та штучними складовими об'єктів дослідження вибудовувалися на принципах збалансованості та рівнозначної участі, що забезпечувало формування гармонійного середовища, здатного до зцілення.

Представлена частина дослідження розглядає перші три етапи історичного розвитку уявлень про цілющі властивості ландшафту. **У подальшій частині** буде представлено характеристики наступних двох етапів їх формування.

Продовження (закінчення) буде в наступному випуску збірника.

Список використаних джерел:

1. United Nations. Department of Economic and Social Affairs. Sustainable Development. Goals 3. URL: https://sdgs.un.org/goals/goal3 (дата звернення 01.01.2026).
2. Цілі сталого розвитку: Україна. Національна доповідь. URL: https://www.kmu.gov.ua/storage/app/sites/1/natsionalna-dopovid-csr-Ukrainy.pdf (дата звернення: 01.01.2026).
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 01.01.2026).
4. Закон України «Про реабілітацію у сфері охорони здоров'я». URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1053-20#Text (дата звернення: 01.01.2026).

5. Закон України «Про оздоровлення та відпочинок дітей». URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/375-17#Text (дата звернення: 01.01.2026).
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: 01.01.2026).
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. 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
15. 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.
16. 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
17. 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
18. Shevchenko L. Landscape objects: from aesthetic pleasure to healing. Abstracts of XXXII International Scientific and Practical Conference. Prague, Czech Republic. Pp. 5-9.
19. 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.
20. John Leonard. Of Gods and Dreams: The Ancient Healing Sanctuary of Epidaurus. 2019. URL: https://www.greece-is.com/of-gods-and-dreams-the-ancient-healing-sanctuary-of-epidaurus/ (дата звернення 11.03.2026).

21. 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.
22. Семененко О.В. Культ Асклепія в американській історіографії (остання чверть XIX ст. – сучасність): дис. … д-ра філософії: 032. Харків, 2025. 238 с.
23. Клапчук В.М., Ковальська Л.В. Курортна справа: організація, територіальне планування, система управління: Навчально-методичний посібник. Івано-Франківськ: Фоліант, 2013. 400 с.
24. Жирнов А.Д. Искусство паркостроения. Львов: Вища школа, 1977. 208 с.
25. Gerlach-Spriggs, N., R.E. Kaufman, and S. B. Warner, Jr. Restorative Gardens: The Healing Landscape . New Haven: Yale University Press, 1998. 200 p.
26. Войтішек Е.Е., Нікітіна Я.А. Мистецтво КО:ДО: («Шлях аромату») у традиційній та сучасній культурі дозвілля Японії. 2015. URL: https://incense.com.ua/ua/iskusstvo-ko-do-put-aromata.html (дата звернення 11.03.2026).
27. Свята Гільдегарда Бінгенська: мистецтво зцілення. *Місіонар*: український католицький часопис. URL: https://misionar.in.ua/publish/doslidzhennia-i-povchannia/svyata-gildyegarda-bingyenska-mistyetstvo-ztsilyennya (дата звернення 11.03.2026).
28. Стюарт-Сміт С. Садотерапія. Як позбутися бур'янів у голові / пер. з англ. Я. Філоненко. Київ: Yakaboo Publishing, 2021. 328 с.
29. Смик Г.К. Знайдеш в рослині порятунок. Київ: Знання, 1992. 62 с.
30. Фещенко П.И. Целебные свойства природы. Киев: Урожай, 1990. 168 с.
31. Локес П.І., Панасенко І.Г. Лікарські рослини: Підручник. Полтава: Довкілля-К, 2010. 264 с.
32. Сади і парки України. URL: https://surl.li/yrnlug (дата звернення 11.03.2026).
33. Warner, S.B., Jr. 1995. "Restorative Gardens: Recovering Some Human Wisdom for Modern Design" (unpublished manuscript).
34. Schuyler, D. 1999. Apostle of Taste: Andrew Jackson Downing, 1815–1852. Baltimore, MD: John Hopkins University Press. 312 p.

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 1)

The evolution of ideas about landscape objects as special resources for human health improvement during their historical development is revealed in the article. The study supplements with its material the extensive work on the implementation of the SDGs' provisions in Ukraine, in particular – in achieving the sustainable development goal "Good Health". This work is in the aspect of the authors' research on the problem of creating in the Ukrainian cities objects for the population's health improvement. These are special open green spaces with the appropriate landscape, structural and functional organization. They are able to provide health improvement processes. The ideas and features of the formation of landscapes for human health

improvement at different historical stages are analyzed in this study. Based on the prevailing ideas about the landscape healing properties at different times, the study identified five stages of their historical development. At each stage, a certain type of landscape objects with a healing function, appropriate landscape and structural-functional characteristics were formed. The first stage (IV-VI centuries BC – II-III centuries AD) is based on a mythological type of worldview, the second (III century - V-XV centuries) – the religious type prevails, the third (XV century - XIX century) – the Renaissance type, the fourth (XIX century - XX century) – the scientific and philosophical type dominates. The fifth stage (XX century - XXI century) is based on a combination of scientific theories, ecological consciousness and humanistic values. The chronological division of stages is to some extent conditional. It reflects the prevailing views, beliefs and value orientations regarding the health-improving resource of landscape objects. Since the beginning of our era, there has been an unequal coexistence of several worldviews. This indicates the influence of the society development, advanced ideas, knowledge, social transformations, etc. on their formation. Despite the distinctive features of the first three evolutionary stages, the formation of ideas about the potential health-improving resource of the natural environment and the process of creating healing landscape objects had common features. They are revealed in the work. Retrospective analysis allowed us to identify changes in ideas about the health-improving potential of landscape objects and their structural and functional organization. They are a reflection of the influence of various factors throughout the history of mankind. Types of landscape objects with a healing function have been determined according to the corresponding landscape and structural and functional characteristics.

The methods of terminological iconographic analysis, abstraction and comparison, analysis of historical sources, structural and functional analysis are involved in the work. The study consists of two parts. Their content corresponds to two periods: historical (First part) and modern (Second part).

Keywords: sustainable development; evolutionary approach; healing properties; landscape object; health potential; structural and functional characteristics.

REFERENSES

1. United Nations. Department of Economic and Social Affairs. Sustainable Development. Goals 3. URL: https://sdgs.un.org/goals/goal3 (data zvernennia 01.01.2026). {in English}

2. Tsili staloho rozvytku: Ukraina. Natsionalna dopovid. URL: https://www.kmu.gov.ua/storage/app/sites/1/natsionalna-dopovid-csr-Ukrainy.pdf (data zvernennia 01.01.2026) {in Ukrainian}

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 01.01.2026) {in English}

4. Zakon Ukrainy «Pro reabilitatsiiu u sferi okhorony zdorovia». URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1053-20#Text (data zvernennia 01.01.2026) {in Ukrainian}

5. Zakon Ukrainy «Pro ozdorovlennia ta vidpochynok ditei». URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/375-17#Text (data zvernennia 01.01.2026) {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 01.01.2026) {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. 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}

15. Shevchenko L. Ekolohichni aspekty landshaftnoho dyzainu miskoho seredovyshcha. *Problemy rozvytku miskoho seredovyshcha*, 2010. Vyp. 3. S. 190-193 {in Ukrainian}

16. 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}

17. 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}

18. 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}

19. 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}

20. John Leonard. Of Gods and Dreams: The Ancient Healing Sanctuary of Epidaurus. 2019. URL: https://www.greece-is.com/of-gods-and-dreams-the-ancient-healing-sanctuary-of-epidaurus/ (data zvernennia 01.01.2026) {in English}

21. 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}

22. Semenenko O.V. Kult Asklepiia v amerykanskii istoriohrafii (ostannia chvert KhIKh st. – suchasnist): dys. … d-ra filosofii: 032. Kharkiv, 2025. 238 s. {in Ukrainian}

23. Klapchuk V.M., Kovalska L.V. Kurortna sprava: orhanizatsiia, terytorialne planuvannia, systema upravlinnia: Navchalno-metodychnyi posibnyk. Ivano-Frankivsk: Foliant, 2013. 400 s. {in Ukrainian}

24. Zhyrnov A.D. Yskusstvo parkostroenyia. Lvov: Vyshcha shkola, 1977. 208 s. {in Ukrainian}

25. 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}

26. Voitishek E.E., Nikitina Ya.A. Mystetstvo KO:DO: («Shliakh aromatu») u tradytsiinii ta suchasnii kulturi dozvillia Yaponii. 2015. URL: https://incense.com.ua/ua/iskusstvo-ko-do-put-aromata.html (data zvernennia 11.03.2026) {in Ukianine}

27. Sviata Hildeharda Binhenska: mystetstvo ztsilennia. Misionar: ukrainskyi katolytskyi chasopys. URL: https://misionar.in.ua/publish/doslidzhennia-i-povchannia/svyata-gildyegarda-bingyenska-mistyetstvo-ztsilyennya (data zvernennia 11.03.2026) {in Ukrainian}

28. Stiuart-Smit S. Sadoterapiia. Yak pozbutysia burianiv u holovi / per. z anhl. Ya. Filonenko. Kyiv: Yakaboo Publishing, 2021. 328 s. {in Ukrainian}

29. Smyk H.K. Znaidesh v roslyni poriatunok. Kyiv: Znannia, 1992. 62 s. {in Ukrainian}

30. Feshchenko P.Y. Tselebnые svoistva pryrodы. Kyev: Urozhai, 1990. 168 s. {in Ukrainian}

31. Lokes P.I., Panasenko I.H. Likarski roslyny: Pidruchnyk. Poltava: Dovkillia-K, 2010. 264 s. {in Ukrainian}

32. Sady i parky Ukrainy. URL: https://surl.li/yrnlug (data zvernennia 11.03.2026) {in Ukianaine}

33. Warner, S.B., Jr. 1995. “Restorative Gardens: Recovering Some Human Wisdom for Modern Design” (unpublished manuscript) {in English}

34. Schuyler, D. 1999. Apostle of Taste: Andrew Jackson Downing, 1815–1852. Baltimore, MD: John Hopkins University Press. 312 p. {in English}

DOI: 10.32347/2076-815X.2026.92.336-350
УДК 72.01:711.4.01

к.арх. **Юрійчук Р.Д.**,
r.yuriychuk@chnu.edu.ua, ORCID: 0009-0009-6122-3367,
Тимофтій В.П.,
v.tymoftii@chnu.edu.ua, ORCID: 0009-0002-8031-0967,
Чернівецький національний університет імені Юрія Федьковича

АРХІТЕКТУРА ДИТЯЧИХ ІГРОВИХ МАЙДАНЧИКІВ, ЯК НЕВІД`ЄМНА СКЛАДОВА ДОСТУПНОГО СЕРЕДОВИЩА

Дитячі ігрові майданчики набули нової якості проєктування і розглядаються як невід`ємна складову доступного середовища сучасного міста і показник його комфортності. В свою чергу, архітектура дитячих ігрових майданчиків сьогодні постає як критично важливий елемент формування інклюзивного та безбар`єрного середовища, що відповідає принципам універсального проєктування та сталого розвитку.

Разом з тим, незважаючи на зростання уваги до доступності й інклюзивності, значна частина таких просторів залишається фрагментованою, функціонально обмеженою та соціально закритою. Відсутність цілісного підходу до проєктування, який враховує потреби дітей з різними фізичними та когнітивними можливостями, зумовлює необхідність переосмислення сучасних підходів. Таким чином, проблема полягає у недостатній інтеграції інноваційних рішень у створення безпечних, доступних і багатофункціональних ігрових просторів.

Актуальність дослідження зумовлена потребою інтеграції міжнародних тенденцій у сфері організації ігрових просторів у вітчизняну практику. Сучасні проєкти дитячих майданчиків у світі спрямовані на формування інклюзивного, багатофункціонального та природно орієнтованого середовища. В Україні ж досі переважають стандартизовані рішення, що вимагає наукового переосмислення принципів їх проектування.

Ключові слова: дитячий ігровий майданчик; архітектура; доступне середовище; інклюзивність; громадський простір; урбаністика; благоустрій; інноваційні підходи; просторове планування.

Постановка проблеми. В умовах посилення урбанізаційного тиску дитячі ігрові майданчики втрачають різноманітність і часто зводяться до типових конструкцій, що не враховують ані вікових, ані соціальних особливостей користувачів. Водночас законодавчо-нормативна база задає лише мінімальні вимоги до розміщення й площі, залишаючи поза увагою аспекти інклюзивності та багатофункціональності. Це створює суперечність між необхідністю якісних просторів і фактичним рівнем їх організації.

Архітектура дитячих ігрових майданчиків як складова доступного середовища визначає рівень соціальної орієнтації міста та відображає якість

організації громадських просторів. Її дослідження дає можливість виявити ключові принципи створення безпечних, інклюзивних і функціональних просторів для дітей.

Важливим аспектом проєктування дитячих ігрових майданчиків є відповідність архітектурних рішень контексту навколишнього середовища, що передбачає врахування містобудівних, ландшафтних, соціокультурних та кліматичних чинників. Ігровий простір має інтегруватися в існуючу структуру території. Крім того, контекстуальна відповідність передбачає адаптацію архітектурно-планувальних рішень до локальних потреб громади, демографічної структури та поведінкових сценаріїв дітей.

Використання принципів чутливого до середовища проєктування сприяє створенню ідентичних, безпечних та соціально активних просторів, що підтримують інклюзію та сприяють формуванню сталих моделей використання території. Таким чином, ігрові майданчики мають розглядатися не як ізольовані об’єкти, а як інтегрована складова цілісного архітектурного середовища.

Мета дослідження. Метою дослідження є виявлення та обґрунтування принципів і підходів до формування архітектури дитячих ігрових майданчиків як невід’ємної складової доступного середовища з урахуванням вимог інклюзивності, безбар’єрності та контекстуальної відповідності. Дослідження спрямоване на визначення ефективних архітектурно-планувальних рішень, що забезпечують інтеграцію ігрових просторів у міське середовище, відповідають потребам різних груп користувачів та сприяють створенню безпечних, функціонально насичених і соціально активних територій.

Завданнями дослідження є визначення теоретичних засад формування архітектури дитячих ігрових майданчиків у структурі доступного середовища, аналіз сучасних вітчизняних і зарубіжних практик проєктування, виявлення ключових факторів, що впливають на формування ігрових просторів з урахуванням містобудівного, ландшафтного та соціокультурного контексту; обґрунтування принципів і прийомів інтеграції майданчиків у існуюче середовище, визначення вимог до функціонально-планувальної організації, безпеки та універсальності ігрових елементів; розроблення рекомендацій щодо формування архітектурних рішень, орієнтованих на різні групи користувачів та спрямованих на підвищення якості й доступності ігрового середовища.

Об'єкт і предмет дослідження. Об’єктом дослідження є архітектура дитячих ігрових майданчиків у структурі міського середовища. Предметом – принципи та методи їх проєктування як складової доступного простору.

Матеріали та методи дослідження. У роботі здійснений аналіх наукових праць вітчизняних та зарубіжних науковців, а також аналіз нормативної літератури з зазначеної тематики. Також, у роботі застосовано комплекс загальнонаукових і спеціальних методів дослідження: аналіз літературних джерел і нормативно-методичних документів, для виявлення теоретичних засад і регламентів у сфері проєктування дитячих ігрових майданчиків; компаративний метод, для співставлення українського та зарубіжного досвіду організації ігрових просторів; порівняльний аналіз реалізованих проєктів

визначення актуальних архітектурних рішень та оцінки їх впливу на формування доступного середовища; структурно-функціональний аналіз - вивчення взаємозв'язків між функціональним призначенням майданчиків та їх архітектурними характеристиками. Емпіричний метод - матеріали досліджень покладені в основу авторських розробок ігрових майданчиків.

Аналіз останніх досліджень та публікацій.

Тема створення сучасних дитячих ігрових просторів в Україні відображена у низці наукових праць, де підкреслюється їх соціальне, архітектурне та містобудівне значення.

Важливим напрямом українських досліджень є аналіз багаторівневої структури формування ігрового середовища у місті, запропонований у працях О. Оленіної та Г. Осиченко (Київський національний університет будівництва і архітектури), де авторки підкреслюють, що дитячі ігрові простори «…необхідно розглядати як складову багаторівневої системи громадських просторів міста» яка забезпечує баланс між локальними потребами та загальноміськими функціями.

При цьому дослідниці виокремлюють три основні рівні:

1. Парки й великі дитячі рекреаційні зони. Вони виконують функцію загальноміських центрів дозвілля. Авторки зазначають: «На макрорівні дитячі простори інтегруються у структуру міських парків і виступають ядрами рекреаційної інфраструктури»

2. Простори районного значення (ігрові комплекси, дитячі містечка, великі майданчики). Як наголошується: «На мезорівні дитячі простори виконують функцію районних центрів дозвілля, доступних у межах пішохідної доступності та здатних обслуговувати кілька житлових кварталів»

3. Дворові й прибудинкові майданчики, невеликі простори біля дитячих садків, шкіл чи громадських будівель. Авторки уточнюють: «Мікрорівень представлений ігровими майданчиками у структурі житлових дворів, які формують базову мережу щоденного користування» [4].

Таким чином, підхід, запропонований О. Оленіною та Г. Осиченко, дозволяє бачити дитячі ігрові простори не як окремі об'єкти благоустрою, а як частину інтегрованої багаторівневої системи міських просторів. Дослідниці наголошують, що «узгодженість між рівнями є ключовою умовою ефективного функціонування дитячої інфраструктури у місті».

Важливим внеском у розвиток теорії та практики організації дитячих просторів у міських умовах є праці О. Ковальської, яка розглядає проблеми та перспективи формування безпечних і доступних просторів для дітей. Як зазначає О. Ковальська, в умовах щільної забудови дитячі ігрові простори стають дефіцитними, а ті, що існують, часто мають одноманітне обладнання, не здатне задовольнити потреби різних вікових і соціальних груп. При цьому, існуючі дитячі майданчики характеризуються одноманітністю, також великою проблемою для районів із щільною забудовою є недостатність спеціально обладнаних місць відпочинку, хоча суспільний простір дворів покликаний створювати атмосферу толерантності і людяності». Таким чином, уже на

концептуальному рівні акцент робиться не лише на функціональності, але й на соціальному вимірі доступності. Особливу увагу авторка приділяє методологічним підходам до проєктування. Вона пропонує застосовувати принципи так званого «підтримуючого середовища», що має сприяти розвитку самостійності та самоідентичності дітей: «існуючі принципи “підтримуючого середовища”… мають відобразитися у міському оточенні, яке б сприяло розвитку самостійності та самоідентичності». Це підкреслює важливість архітектури не лише як просторової, а й як виховної практики. Значна увага приділяється питанням інклюзивності та адаптації ігрових майданчиків для дітей з різними фізичними можливостями. У складі конкретних рекомендацій пропонується: «передбачати можливість скористатися ними завдяки влаштуванням ручок, поручнів та сходинок на різних висотах»; а також «влаштування пандусів може надати можливість дітям або їх батькам, які користуються кріслами колісними, під’їжджати впритул… користуватися ігровим обладнанням». Таким чином, ігровий простір трактується не як універсальний «для всіх за замовчуванням», а як адаптивний, що враховує індивідуальні потреби.

Ще однією важливою ідеєю є відмова від масової стандартизації й уніфікації майданчиків. Як зазначається, одноманітні рішення не здатні забезпечити належного рівня розвитку та зацікавленості. «Замало передбачити достатню кількість одноманітних дитячих майданчиків… насамперед, важливо створювати ексклюзивні ігрові простори, де б усім дітям було насправді цікаво». Авторка закликає проектантів розробляти нові архітектурні концепції, які б відповідали контексту міста і стимулювали різні сценарії гри.

У підсумкових висновках наголошується, що дитячі простори у щільній міській забудові мають поєднувати архітектурну унікальність, інклюзивність і соціальну відкритість. Ковальська підкреслює: «особливу увагу необхідно привернути до доступності… де б всі діти, незалежно від їх стану здоров’я, могли б із задоволенням проводити час і спілкуватись» [5].

Отже, у вітчизняних дослідженнях ігровий майданчик розглядається як елемент міського середовища, що формує культуру поваги, толерантності та співіснування.

У міжнародному науковому просторі питання архітектури та проєктування дитячих ігрових майданчиків розглядається в міждисциплінарному вимірі: від педіатрії та соціальної психології до містобудування й екологічного дизайну. Такий широкий підхід зумовлений тим, що дитячий простір впливає не лише на фізичний розвиток, але й на соціалізацію, емоційне благополуччя та освітні можливості дітей. Нижче наведено огляд ключових публікацій останніх років.

Ігрові простори та розвиток дітей. Одним із найбільш цитованих досліджень є праця Mårtensson F., Boldemann C., Söderström M. та ін. (2021), опублікована у журналі Child Indicators Research. Автори на основі польових спостережень у дитячих садках та школах Швеції довели, що доступ до зелених і природних просторів суттєво підвищує тривалість перебування дітей на свіжому повітрі, стимулює розвиток моторики та сприяє формуванню соціальних навичок. Як

зазначають дослідники: «ігрове середовище повинно створювати умови для різних форм активності — від інтенсивного руху до спокійних соціальних взаємодій» [6].

Схожі висновки містить стаття Fjørtoft I. та Sandseter E.B.H. (2022), опублікована в International Journal of Environmental Research and Public Health. Дослідниці з Норвегії наголошують, що добре спроєктовані майданчики забезпечують дітям не лише фізичні можливості, а й психологічний комфорт та відчуття інклюзивності у міському середовищі. Вони підкреслюють важливість феномену ризикованої гри (risky play), яка сприяє розвитку впевненості, самостійності та соціальної інтеграції. Автори зазанчають: « добре спроєктовані ігрові майданчики надають дітям можливості не лише для моторного розвитку, але й для емоційного благополуччя та інклюзії в міське життя [7]».

Концепція affordances та інклюзивний дизайн. Важливим внеском у сучасну наукову дискусію є концепція affordances (можливостей взаємодії середовища і дитини, тобто тих властивостей простору, які «спонукають» або дозволяють дитині виконувати певні дії). Вона детально проаналізована у статті Tang P. та Woolley H. (2023), опублікованій у журналі Sustainability. Дослідники, вивчаючи міські парки Пекіна, дійшли висновку, що якість просторової організації визначає рівень залучення дітей до гри та впливає на ступінь контролю з боку дорослих. «Реалізація повного потенціалу дитячих просторів вимагає інклюзивного дизайну, який враховує різні стилі нагляду дорослих і вікові особливості дітей» (пер. авт.) [8]. Особливо цінним є висновок про те, що навіть невеликі за площею майданчики можуть забезпечувати багаторівневий ігровий досвід за умови функціонального зонування та різноманіття affordances.

До успішного досвіду реалізації дитячих ігрових майданчиківслід віднести Op-Up! Street Furniture від LMN Architects (Сіетл, 2014). Це приклад локального ігрового простору, що виступає активатором міського середовища (рис. 3, 4). Проєкт було реалізовано в межах *Seattle Design Festival* і він складався з восьми мобільних модулів, які трансформувалися у різні конфігурації — від посадкових місць до ігрових зон [13]. Використання перероблених матеріалів, зокрема деревини та пластику 3Form, підкреслило орієнтацію авторів на екологічність, мобільність та інклюзивність конструкцій, доступних для людей різного віку та фізичних можливостей [13].

Міждисциплінарний підхід є важливим напрямом проєктування дитячих просторів. Stanton-Chapman T.L. (2024) у статті, опублікованій у *Early Child Development and Care*, аналізує моделі співпраці архітекторів, педагогів, соціологів та представників громади [9]. Авторка наголошує: «лише міждисциплінарний підхід забезпечує врахування потреб усіх користувачів та адаптивність середовища до змінних соціальних умов» [9]. У такій концепції архітектор виступає не лише як проектант, а як координатор міждисциплінарної команди, що створює комплексний соціальний простір, інтегрований у систему міського середовища.

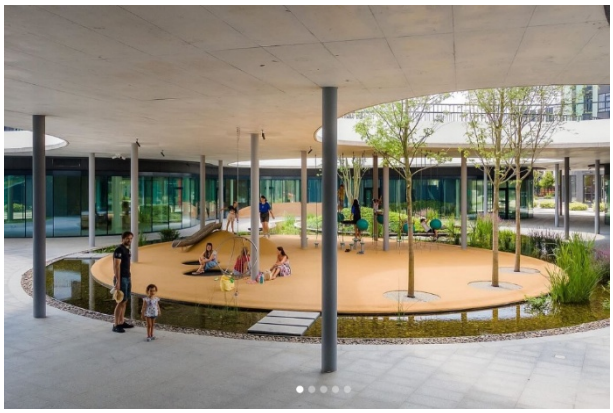
Таким чином, зарубіжні дослідження акцентують на трьох ключових тенденціях: зв’язку архітектури з розвитком дітей, необхідності інклюзивного

дизайну на основі концепції *affordances* та міждисциплінарному характері сучасного проєктування. Усі ці підходи можуть бути адаптовані до українських умов, забезпечивши підвищення якості й доступності дитячих ігрових просторів.

Зіставлення українських і міжнародних джерел показує спільні тенденції: потребу в інклюзивності, багатофункціональності та інтеграції природних елементів у дитячі майданчики. Дослідження доводять, що добре спроєктоване середовище не лише розвиває фізичні навички, а й формує культуру поваги та толерантності.

Аналіз українського успішного досвіду реалізації дитячих ігрових майданчиків: Паблік-центр житлового комплексу «Республіка» в Києві як приклад інтеграції дитячого ігрового майданчика в міське середовище. Також, варто відзначити реалізований у 2019–2021 роках паблік-центр житлового комплексу «Республіка» в Києві, автори проєкту — архітектурна студія ARCHIMATIKA, замовник KAN Development, (рис. 1.2).

Проєкт став прикладом сучасного урбаністичного рішення, де функції дитячої гри інтегровані у багатофункціональний громадський простір житлового комплексу. Центральна площа організована навколо водойми, в якій сформовано два острови: зелений пагорб із кленом, що піднімається крізь спеціальний отвір у зеленій покрівлі, та дитячий майданчик із гірками, гойдалками, балансувальними елементами й батутами

	
Рис. 1. Паблік центр ЖК Республіка, ескіз Автор: ARCHIMATIKA, archimatika.com	Рис. 2. Паблік центр ЖК Республіка, фотографія Автор: ARCHIMATIKA, archimatika.com

Мешканці житлового комплексу отримали клаптик живої природи, де кожен може доторкнутись водойми та відновити зв'язок з природою [10].

Такий підхід відображає сучасні принципи інтеграції дитячих просторів у структуру доступного середовища: використання природних елементів (дерева, вода, геопластика), створення інклюзивного простору для дозвілля різних вікових груп, поєднання рекреації з функціями бізнесу (кафе, ресторани на перших поверхах). Проєкт отримав Українську національну премію з

ландшафтної архітектури та садового дизайну (2021), що підтверджує його значущість у вітчизняній практиці.

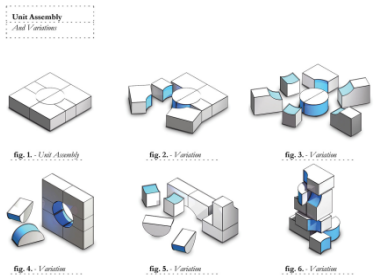
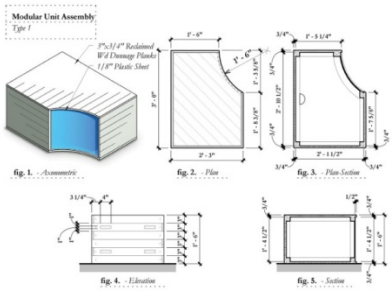
Яскравим українським прикладом інтеграції дитячого ігрового простору в публічне середовище з одночасною культурною функцією став Сквер Дня Вишиванки в Чернівцях, був відкритий після реконструкції у 2023 році. Автори проєкту - студія архітектури та дизайну AddLine у співпраці з світлодизайнерами Expolight, за підтримкою Центру «Всесвітній день вишиванки» (Рис. 3),. Сквер Дня Вишиванки розтацований у центрі середмістя Чернівців, на Соборній площі. Вартість робіт склала понад 10 мільйонів гривень. Сквер Дня Вишиванки в Чернівцях задуманий як майданчик з етнокультурною інтеграцією.

Під час рекострукції було здійснено ряд важливих робіт зі створення інклюзивного і комфортного середовища. В першу чергу, здійснено планування земної поверхні та ліквідовано сходинки, і елементи перешкод для безбар`єрного руху. Зійснено замощення сучасними плитами моження з декоративними елементами. До елементів чутливого середовища належить тррав`яний газон і універсальні лави, що передбачають можливість сидіти і лежати, проводити різноманітні заходи. Вечірня підсвітка здіснюється за допомогою світильників з перфорованими отворами з малюнком вишиванок, характерним дл ярізних регіонів України та QR-кодами з інформацією про місце походження кожного визерунку. Дитячий майданчик інтегровано у загальний простір скверу згідно концепції маломасштабного простору з освітньо-культурним наповненням. Він гармонійно інтегрований у природний і соціальний контекст скверу. Його планувальна структура враховує існуючі дерева як невід’ємний елемент композиції, зберігаючи екологічну безперервність простору та посилюючи ефект природної присутності у грі.

Рис. 3. Сквер Дня Вишиванки в Чернівцях. Проєкт: AddLine group Фото: Жерновий А.	Рис. 4. Сквер Дня . Українська народна вишиванка Проєкт: AddLine group Фото: Жерновий А.	Рис. 5. Сквер Дня Етнічні уркаїнські персонажи Проєкт: AddLine group Фото: Жерновий А.

Ключовим елементом концепції є візуально-смислова інтеграція українських народних орнаментів традиційної вишиванки (рис. 3, а)., а також етнічних персонажів (рис. 3б). У темний час доби ігровий майданчик перетворюється на сцену світлових проекцій, де оживають орнаменти й символи української культури, створюючи атмосферу казковості та духовної приналежності. Такий світлодизайнерський прийом не лише формує унікальний просторовий настрій, а й закріплює у свідомості дитини образ культурної ідентичності через гру, споглядання та взаємодію.

Інтерактивна складова майданчика підсилена QR-кодами, інтегрованими у благоустрій. Їх сканування відкриває доступ до мультимедійного контенту - від освітніх матеріалів до візуально-анімаційних історій, адаптованих для дітей і дорослих. У результаті простір функціонує не лише як ігрова зона, а й як навчально-культурна платформа - місце, де фізична активність, пізнання та занурення у традицію об’єднуються в єдиний досвід.

		
Рис. 6 «Pop-Up! Street Furniture» Автор: LMN Architects Фото: Trevor Dykstra,	Рис. 7 «Pop-Up! Street Furniture» 3д модель модулів Автор: LMN Architects Фото: Trevor Dykstra.	Рис. 8 «Pop-Up! Street Furniture» креслення модулів Автор: LMN Architects Фото: Trevor Dykstra,

Згідно з концепцією авторів, головна мета проєкту - створення тимчасових, але ефективних просторів взаємодії, що можуть інтегруватися у повсякденне міське середовище — на вулицях, біля тротуарів чи у пішохідних зонах. Такий підхід демонструє, що навіть мінімальні ігрові чи інтерактивні елементи здатні трансформувати пересічні ділянки міста на соціально значущі осередки активності [13].

Sensational Park у Фрозіноне (Nàbito Architects, Італія, є прикладом інноваційного громадського простору, який водночас виконує функції ігрової зони для дітей та соціального осередку для дорослих. Проєкт реалізовано у районі Corso Lazio — щільно забудованій частині міста, що тривалий час залишалася без належних публічних просторів (Рис. 8). Архітектори визначили

його як «громадську вітальню», інтерактивний простір, що поєднує сенсорні, ігрові та рекреаційні елементи у структурі міського середовища, e-architect.

Концепція Sensational Park базується на символічному використанні п'яти людських відчуттів — запаху, слуху, зору, дотику та смаку. Кожна зона парку апелює до одного з цих сенсорних каналів, завдяки чому простір стає багатофункціональним і гнучким для різних вікових груп (рис. 9). Як зазначають автори проєкту, «простір організовано таким чином, щоб послідовно занурювати відвідувача у серію різних досвідів, а не дозволяти охопити його єдиним поглядом.

Рис. 8 Концепція Sensational Park
Фото від авторів: *Nabito Architects and Partners*

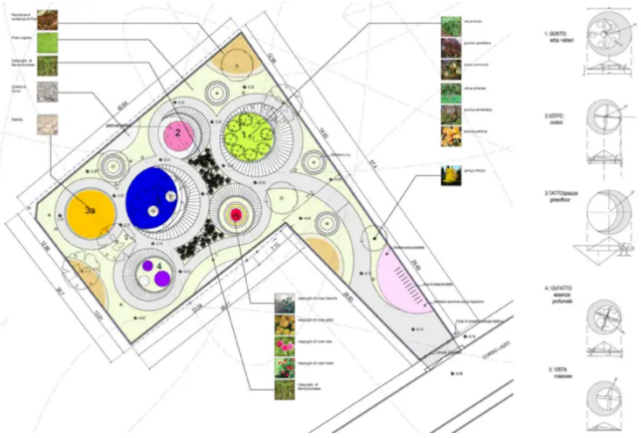


Рис. 9 Креслення Sensational Park
Фото від авторів: *Nabito Architects and Partners*

Особливістю проєкту є поєднання природних і штучних матеріалів: бетон і смола взаємодіють із деревами, кущами та квітами, створюючи водночас міцний та чуттєво насичений простір. Така синергія забезпечує і фізичну стійкість, і постійну змінність середовища, що стимулює креативність і соціальну взаємодію мешканців. Sensational Park став новим центром комунікації у міському просторі, демонструючи потенціал архітектури як інструмента соціальної інтеграції та «повернення права на публічність» [14].

Аналіз теоретичних і практичних розробок дозволив сформулювати теоретичні засади і принципи архітектури дитячих ігрових майданчиків у структурі доступного середовища. Вони базуються на міждисциплінарному підході, що поєднує положення архітектури, урбаністики, ергономіки, дитячої психології та соціології.

Ключовою основою є концепція універсального проєктування, яка передбачає створення середовища, придатного для використання всіма віковими групами дітей без необхідності додаткової адаптації. Важливу роль

відіграє також принцип безбар'єрності, що забезпечує фізичну, сенсорну та когнітивну доступність простору для дітей різних вікових груп.

Суттєвою складовою виступає принцип середовищного підходу, за яким ігровий майданчик розглядається як інтегрований елемент міського простору, не лише формує умови для розвитку, соціалізації та безпечної активності дітей, а являє собою простір, що несе настрій і відповідну емоційну забарвленість.

Також, до основних принципів формування архітектури дитячих ігрових майданчиків належать принципи:

- інклюзивності, що забезпечує рівний доступ до ігрових функцій для дітей з різними можливостями;
- безпеки, який передбачає використання сертифікованих матеріалів, безпечних конструкцій та врахування ризиків травматизму;
- принцип функціональної різноманітності, що забезпечує наявність різних сценаріїв гри відповідно до вікових і психологічних потреб;
- принцип контекстуальності, який орієнтує на врахування містобудівного, природного та соціального оточення;
- принцип гнучкості та адаптивності простору, що дозволяє трансформувати середовище відповідно до змінних потреб користувачів.

А також принцип естетичної виразності та ідентичності, який сприяє формуванню привабливого та впізнаваного середовища.

Сукупність цих засад і принципів визначає сучасний підхід до проєктування якісних, доступних і сталих ігрових просторів.

Висновок. У результаті дослідження встановлено, що архітектура дитячих ігрових майданчиків є важливою складовою формування доступного та інклюзивного середовища. Визначено, що ефективне проєктування таких просторів потребує комплексного підходу, який поєднує принципи універсального проєктування, безбар'єрності та контекстуальної відповідності. Обґрунтовано потребу інтеграції ігрових майданчиків у містобудівну структуру на різних планувальних ієрархічних рівнях.

Встановлено, що впровадження інноваційних архітектурно-планувальних рішень сприяє підвищенню безпеки, функціональності та соціальної активності середовища.

Таким чином, розвиток інклюзивних ігрових просторів є необхідною умовою підвищення якості міського життя та забезпечення рівних можливостей для всіх дітей.

Проведене дослідження засвідчує, що українські дитячі майданчики мають тенденцію еволюції в бік доступних, інклюзивних і культурно орієнтованих просторів. Використання сучасних методологій проектування дозволяє поєднувати гру, навчання та соціальну інтеграцію в єдиному міському

середовищі. Таким чином, архітектура ігрових просторів стає важливим інструментом розвитку доступного середовища та підвищення якості міського життя.

Список джерел:

1. ДБН Б.2.2-5:2011. Благоустрій територій (зі змінами №1, №2, №3). – Київ: Мінрегіон України, 2011. – 74 с.

2. ДБН Б.2.2-12:2019. Планування і забудова територій. – Київ: Мінрегіон України, 2019. – 192 с.

3. ДБН В.2.2-4:2018. Заклади дошкільної освіти. – Київ: Мінрегіон України, 2018. – 96 с.

4. Оленіна О.Ю., Осиченко Г.О. Дитячі ігрові простори як складова багаторівневої системи громадських просторів міста // *Містобудування та територіальне планування*. – Київ: КНУБА, 2020. – №73. – С. 307–315.

5. Ковальська О.Є. Дитячі ігрові простори в умовах щільної міської забудови // *Архітектурний вісник КНУБА*. – Київ: КНУБА, 2019. – №17. – С. 112–120.

6. Mårtensson F., Boldemann C., Söderström M. et al. Outdoor Play Environments and Children's Health: Evidence from Sweden // *Child Indicators Research*. – 2021. – Vol. 14(2). – P. 563–582.

7. Fjørtoft I., Sandseter E.B.H. Risky Play and Well-Being in Urban Playgrounds // *International Journal of Environmental Research and Public Health*. – 2022. – Vol. 19(11). – P. 6893.

8. Tang P., Woolley H. Affordances and Inclusive Play: A Study of Beijing's Urban Parks // *Sustainability*. – 2023. – Vol. 15(4). – P. 3212.

9. Stanton-Chapman T. L. Interdisciplinary Approaches to Playground Design // *Early Child Development and Care*. – 2024. – Vol. 194(3). – P. 345–360.

10. ARCHIMATIKA. ЖК «Республіка». Паблік-центр. – Київ: ARCHIMATIKA, 2021. – Офіційний сайт: https://archimatika.com

11. Сквер Дня Вишиванки. – Офіційний сайт проєкту. – https://www.vyshyvankasquare.art.

12. Addline Architects. – Офіційний сайт авторів проєкту. – https://www.addline.ua/ (дата звернення: 22.08.2025).

13. «Pop-Up! Street Furniture» — локальний ігровий простір від LMN Architects (Сієтл, 2014), реалізований у межах Seattle Design Festival, що складався з восьми мобільних модулів, які трансформувалися у різні конфігурації — від сидінь до ігрових зон https://www.archdaily.com

14. Sensational Garden, Frosinone Park Landscape // *e-architect*. – 1 вересня 2011. – Режим доступу: https://www.e-architect.com/italy/sensational-garden-frosinone.

15. Жорняк В. Проблема дизайну спортивно-ігрового простору в наукових розвідках українських дослідників // Актуальні питання гуманітарних наук. 2023. Вип. 68. Т. 1. С. 85–89. DOI: 10.24919/2308-4863/68-1-14. URL: https://aphn-journal.in.ua/archive/68_2023/part_1/68-1_2023.pdf#page=85

16. Чвирова О.Є., Василенко О.Б. Організація відкритих громадських просторів в міському середовищі // Регіональні проблеми архітектури та містобудування. 2023. № 17. С. 282–291. DOI: 10.31650/2707-403X-2023-17-282-291. URL: https://axi-pnam.com.ua/images/Csa/AxiPnam17_26.pdf

17. Храмцова А.Д., Вишневський Д.С. Інклюзивний дитячий майданчик як елемент сучасного громадського простору: проєктування та 3D-візуалізація у 3DS Max // Trends in the Development of Science through the Creation of New Technologies: матеріали міжнародної науково-практичної конференції. 2025. С. 22–24. URL: https://isg-konf.com/wp-content/uploads/2025/12/TRENDS-IN-THE-DEVELOPMENT-OF-SCIENCE-THROUGH-THE-CREATION-OF-NEW-TECHNOLOGIES.pdf#page=23

18. Кисельов В., Кисельова Г. Архітектурно-ландшафтна організація парків, як міських громадських просторів (на прикладі м. Одеса) // Містобудування та територіальне планування. 2024. № 85. С. 236–244. DOI: 10.32347/2076-815x.2024.85.236-244. URL: https://mtp.knuba.edu.ua/article/view/304110

19. Гіркіна Д.Д. Організація дитячих ігрових майданчиків в міській забудові // Матеріали Третьої науково-практичної конференції студентів ПДАБА, 26 квітня 2021 р., м. Дніпро. Дніпро, 2021. С. 18–20. URL: http://srd.pgasa.dp.ua:8080/handle/123456789/9460

20. Бондарчук О.В. Архітектурно-планувальна організація дитячих ігрових просторів у структурі житлової забудови: автореф. дис. … канд. архітектури: 18.00.02. – Луцьк: Луцький національний технічний.університет,2020.–20 с. URL:https://lib.lntu.edu.ua/sites/default/files/2021-01/%D0%91%D0%9E%D0%9D%D0%94%D0%90%D0%A0%D0%A7%D0%A3%D0%9A_aref.pdf.

PhD in Architecture, Assistant Professor **Ruslan Yuriychuk**,
Assistant **Volodymyr Tymoftii**,
Yuriy Fedkovych Chernivtsi National University

ARCHITECTURE OF CHILDREN'S PLAYGROUNDS AS A COMPONENT OF AN ACCESSIBLE ENVIRONMENT

The paper examines the architecture of children's playgrounds as a significant component in shaping an accessible, inclusive, and socially oriented urban environment. In the context of contemporary urbanization processes, children's play spaces are often reduced to standardized solutions that fail to address the diverse age-related, social, and physical needs of users. This necessitates a critical re-evaluation of design approaches in accordance with current requirements for high-quality public space. The study analyses the existing regulatory and normative framework of Ukraine governing the design of children's playgrounds, with particular attention to building codes that define spatial allocation, functional zoning, and safety requirements. It is established that while these regulations provide a fundamental basis for spatial organization, they insufficiently address issues of inclusivity, multifunctionality, spatial adaptability, and the experiential qualities of the environment. The research synthesizes findings from national and international scholarly sources that highlight the social, architectural, and urban significance of children's play environments. Particular emphasis is placed on the concept of playgrounds as a multi-level system within the urban structure, encompassing macro-, meso-, and micro-scale spatial organization. Contemporary approaches to inclusive design, the principles of a "supportive environment," and the integration of natural elements are examined as key factors influencing children's physical, cognitive, and social development. A comparative analysis of Ukrainian and international practices identifies key trends in contemporary playground architecture, including the incorporation of natural landscapes, the creation of multifunctional and flexible spatial configurations, the development of diverse play scenarios, and the provision of barrier-free access for all user groups. Selected case studies are analysed to demonstrate effective architectural and planning solutions that integrate playgrounds into the broader urban infrastructure. As a result, the paper formulates a set of design principles aimed at enhancing accessibility, functional diversity, spatial integration, and overall performance of children's play environments. The findings may be applied in architectural and urban design practice to support the development of safe, inclusive, and high-quality play spaces within the contemporary city.

Keywords: children's play; accessible environment; inclusive design; urban public space; architectural design; spatial organization; barrier-free environment; multifunctional.

REFERENCES

1. DBN B.2.2-5:2011. Landscaping of territories (with amendments No. 1, No. 2, No. 3). – Kyiv: Ministry of Regional Development of Ukraine, 2011. – 74 p. {in Ukrainian}

2. DBN B.2.2-12:2019. Planning and development of territories. – Kyiv: Ministry of Regional Development of Ukraine, 2019. – 192 p. {in Ukrainian}

3. DBN V.2.2-4:2018. Preschool education institutions. – Kyiv: Ministry of Regional Development of Ukraine, 2018. – 96 p. {in Ukrainian}

4. Olenina O.Yu., Osychenko H.O. Children's play spaces as part of a multi-level system of public spaces of the city // Urban Planning and Territorial Development. – Kyiv: KNUBA, 2020. – No. 73. – P. 307–315. {in Ukrainian}

5. Kovalska O.Ye. Children's play spaces in conditions of dense urban development // Architectural Bulletin of KNUBA. – Kyiv: KNUBA, 2019. – No. 17. – P. 112–120. {in Ukrainian}

6. Mårtensson F., Boldemann C., Söderström M. et al. Outdoor Play Environments and Children's Health: Evidence from Sweden // Child Indicators Research. – 2021. – Vol. 14(2). – P. 563–582. {in English}

7. Fjørtoft I., Sandseter E.B.H. Risky Play and Well-Being in Urban Playgrounds // International Journal of Environmental Research and Public Health. – 2022. – Vol. 19(11). – P. 6893. {in English}

8. Tang P., Woolley H. Affordances and Inclusive Play: A Study of Beijing's Urban Parks // Sustainability. – 2023. – Vol. 15(4). – P. 3212. {in English}

9. Stanton-Chapman T.L. Interdisciplinary Approaches to Playground Design // Early Child Development and Care. – 2024. – Vol. 194(3). – P. 345–360. {in English}

10. ARCHIMATIKA. Residential Complex "Respublika". Public Center. – Kyiv: ARCHIMATIKA, 2021. – Official website: https://archimatika.com. {in Ukrainian}

11. Vyshyvanka Day Square. – Official project website. – https://www.vyshyvankasquare.art. {in Ukrainian}

12. Addline Architects. – Official website of the authors. – https://www.addline.ua/ (accessed: 22.08.2025). {in Ukrainian}

13. "Pop Up! Street Furniture" — local play space by LMN Architects (Seattle, 2014), implemented within the Seattle Design Festival. – Available at: https://www.archdaily.com. {in Ukrainian}

14. Sensational Garden, Frosinone Park Landscape // e-architect. – September 1, 2011. – Available at: https://www.e-architect.com/italy/sensational-garden-frosinone. {in English}

15. Zhorniak V. Problema dyzainu sportyvno-ihrovoho prostoru v naukovykh rozvidkakh ukrainskykh doslidnykiv // Aktualni pytannia humanitarnykh nauk. 2023. Vyp. 68. T. 1. S. 85–89. DOI: 10.24919/2308-4863/68-1-14. URL: https://aphn-journal.in.ua/archive/68_2023/part_1/68-1_2023.pdf#page=85. {in Ukrainian}

16. Chvyrova O.Ye., Vasylenko O.B. Orhanizatsiia vidkrytykh hromadskykh prostoriv v miskomu seredovyshchi // Rehionalni problemy arkhitektury ta mistobuduvannia. 2023. № 17. S. 282–291. DOI: 10.31650/2707-403X-2023-17-282-291. URL: https://axi-pnam.com.ua/images/Csa/AxiPnam17_26.pdf . {in Ukrainian}

17. Khramtsova A.D., Vyshnevskyi D.S. Inkliuzyvnyi dytiachyi maidanchyk yak element suchasnoho hromadskoho prostoru: proiektuvannia ta 3D-vizualizatsiia u 3DS Max // Trends in the Development of Science through the Creation of New Technologies: materialy mizhnarodnoi naukovo-praktychnoi konferentsii. 2025. S. 22–24. URL: https://isg-konf.com/wp-content/uploads/2025/12/TRENDS-IN-THE-DEVELOPMENT-OF-SCIENCE-THROUGH-THE-CREATION-OF-NEW-TECHNOLOGIES.pdf#page=23. {in Ukrainian}

18. Kyselov V., Kyselova H. Arkhitekturno-landshaftna orhanizatsiia parkiv yak miskykh hromadskykh prostoriv (na prykladi m. Odesa) // Mistobuduvannia ta terytorialne planuvannia. 2024. № 85. S. 236–244. DOI: 10.32347/2076-815x.2024.85.236-244. URL: https://mtp.knuba.edu.ua/article/view/304110. {in Ukrainian}

19. Hirkina D.D. Orhanizatsiia dytiachykh ihrovykh maidanchykiv v miskij zabudovi // Materialy Tretoi naukovo-praktychnoi konferentsii studentiv PDABA, 26 kvitnia 2021r.,m.Dnipro. Dnipro,2021.S.18–20. URL: http://srd.pgasa.dp.ua:8080/handle/123456789/9460. {in Ukrainian}

20. Bondarchuk O.V. Arkhitekturno-planuvalna orhanizatsiia dytiachykh ihrovykh prostoriv u strukturi zhytlovoi zabudovy: avtoref. dys. … kand. arkhitektury: 18.00.02. Lutsk: Lutskyi natsionalnyi tekhnichnyi universytet, 2020. 20 s. URL: https://lib.lntu.edu.ua/sites/default/files/2021-01/%D0%91%D0%9E%D0%9D%D0%94%D0%90%D0%A0%D0%A7%D0%A3%D0%9A_aref.pdf. {in Ukrainian}

DOI: 10.32347/2076-815X.2026.92.351-363
УДК 004.94:69.003:005.8

Балабан О.М.,
ban994@gmail.com, ORCID:0009-0004-8951-6798,
Київський національний університет будівництва і архітектури

ВИКОРИСТАННЯ ЦИФРОВИХ ПЛАТФОРМ І BIM-ТЕХНОЛОГІЙ ДЛЯ ВАРІАТИВНОГО УПРАВЛІННЯ БУДІВЕЛЬНИМИ ЦИКЛАМИ

Сучасна будівельна галузь функціонує в умовах високої динамічності, складності організаційно-технологічних процесів і значної невизначеності, що зумовлює необхідність пошуку нових підходів до управління будівельними циклами. Традиційні методи планування та контролю, орієнтовані на лінійні моделі та статичні сценарії, виявляються недостатньо ефективними для забезпечення гнучкості, адаптивності та оперативності прийняття управлінських рішень.

Цифрові платформи виступають як інтеграційне середовище, що об'єднує дані про проєкт, ресурси, графіки виконання робіт та фінансові показники в єдину інформаційну систему. Завдяки цьому забезпечується можливість оперативного аналізу альтернативних сценаріїв розвитку будівельного процесу та вибору оптимальних управлінських рішень. BIM-технології, у свою чергу, формують цифровий прототип об'єкта будівництва, який дозволяє моделювати різні варіанти організаційно-технологічних рішень, оцінювати їх вплив на строки, вартість і якість виконання робіт.

Особливістю варіативного управління є можливість формування та порівняння множини сценаріїв розвитку будівельних циклів з урахуванням змін зовнішнього та внутрішнього середовища. Це включає врахування ризиків, ресурсних обмежень, технологічних залежностей і інерційних ефектів, що виникають у процесі реалізації проєктів. Використання цифрових платформ у поєднанні з BIM-технологіями забезпечує підтримку сценарно-імітаційного моделювання, що дозволяє підвищити обґрунтованість управлінських рішень та мінімізувати негативні наслідки невизначеності.

Ключові слова: BIM-технології; цифрові платформи; будівельні цикли; варіативне управління; сценарне моделювання; інформаційне моделювання; управління проєктами; цифровізація будівництва.

Постановка проблеми: Будівельна галузь характеризується високим рівнем складності, що обумовлено багатокомпонентною структурою процесів, значною кількістю учасників та залежністю від зовнішніх факторів. Реалізація будівельних проєктів передбачає узгодження великої кількості організаційно-

технологічних рішень, що часто супроводжується виникненням затримок, перевитрат ресурсів і зниженням якості результатів. Однією з ключових причин таких проблем є використання традиційних підходів до управління, які не враховують динамічність процесів та обмеженість інформації. У сучасних умовах особливої актуальності набуває необхідність переходу до варіативного управління будівельними циклами, що передбачає формування та оцінювання альтернативних сценаріїв розвитку подій.

Метою статті є формування теоретико-методичних положень щодо використання цифрових платформ і BIM-технологій для забезпечення варіативного управління будівельними циклами в умовах динамічної невизначеності. Особлива увага приділяється обґрунтуванню ролі цифрових інструментів у підвищенні адаптивності управлінських рішень, інтеграції інформаційних потоків та забезпеченні прозорості процесів реалізації будівельних проєктів. Досягнення мети передбачає визначення функціональних можливостей цифрових платформ у контексті підтримки управлінських процесів, аналіз потенціалу BIM-технологій для моделювання альтернативних сценаріїв розвитку будівельних циклів, а також оцінювання їх впливу на ефективність використання ресурсів і дотримання строків виконання робіт.

Аналіз останніх досліджень і публікацій: Сучасні наукові дослідження у сфері цифровізації будівництва свідчать про зростаючу роль інформаційних технологій у підвищенні ефективності управління будівельними проєктами. Окремий напрям наукових робіт пов’язаний із розвитком цифрових платформ, які забезпечують централізоване управління інформацією та підтримку процесів прийняття рішень. Дослідники також акцентують увагу на необхідності використання сценарно-імітаційного моделювання для оцінювання альтернативних варіантів розвитку будівельних процесів. Це дозволяє враховувати невизначеність, ризики та інерційні ефекти, що впливають на результати реалізації проєктів.

Виклад основної інформації: У будівельному середовищі впровадження BIM-систем (Building Information Modeling) стало технологічним проривом, глибокою трансформацією підходів до планування, організації, контролю та управління всім життєвим циклом об’єкта. Базовим елементом цієї трансформації є концептуальна модель, у якій кожна фаза проєкту (від попереднього аналізу до утилізації) фіксується у цифровому середовищі, що дозволяє акумулювати, координувати і використовувати дані в реальному часі для прийняття управлінських рішень. Огляд наукових моделей використання BIM у будівництві засвідчує, що на сьогодні існує кілька усталених концепцій, кожна з яких акцентує увагу на специфічному аспекті управління або цифрової взаємодії [1].

Одна з найбільш поширених моделей — це фазова модель BIM, запропонована науковцями, зокрема, Cuccurullo, Fregonara, та Feniosky Peña-Mora. У цій моделі кожна фаза життєвого циклу об'єкта розглядається як окрема інформаційна сутність, котра передає дані у наступну фазу через інтегровану базу даних [2].

При розгляді порівняльної характеристики сучасних підходів до впровадження BIM-систем важливо зосередитись на трьох основних концепціях: Open BIM, Integrated Project Delivery (IPD) та Common Data Environment (CDE). Кожна з них пропонує свою парадигму взаємодії учасників і структуру даних.

Open BIM — це підхід, котрий базується на відкритих стандартах обміну інформацією, як IFC (Industry Foundation Classes), BCF (BIM Collaboration Format) та IDS. Він дозволяє забезпечити інтероперабельність між різними програмними продуктами та учасниками проєкту. Головною перевагою Open BIM є нейтральність платформи: проєктувальник може працювати в ArchiCAD, підрядник у Revit, а кошторисник — в CostOS, і всі вони обмінюються єдиним узгодженим набором даних. З наукової точки зору, Open BIM дає змогу створити більш стійку і масштабовану цифрову екосистему, однак недоліком залишається висока залежність від точності форматів трансляції та складність підтримки актуальності моделі в умовах частих змін.

На відміну від Open BIM, Integrated Project Delivery (IPD) є технічним та організаційним підходом. У його основі — ідея спільного контракту між усіма учасниками (замовником, проєктантом, підрядником), котрі працюють у єдиній системі відповідальності та мотивації [3].

Ще одним ключовим підходом є Common Data Environment (CDE) — платформа централізованого управління інформацією. Вона не визначає формат роботи, як Open BIM, і не вимагає контрактної співпраці, як IPD, але створює єдине середовище, де зберігається, версіонується, погоджується і публікується вся документація.

CDE забезпечує трасування змін, підтримку стандартів ISO 19650, а також інтеграцію з хмарними сервісами (Autodesk Construction Cloud, Trimble Connect, Bentley ProjectWise). Дослідники зазначають, що впровадження CDE різко зменшує ризик втрати даних та дозволяє контролювати весь ланцюг даних — від ескізу до експлуатації.

У контексті управління фазами будівельного проєкту особливого значення набуває параметризація процесів. Поняття означає, що кожна дія в рамках будівельного циклу має бути описана через цифровий параметр — об'єм, тривалість, ресурс, вартість, ризик. Завдяки цьому система здатна автоматично моделювати зміни: наприклад, якщо затримується доставка

матеріалів — BIM-модель одразу враховує затримку у графіку та перераховує обсяг витрат на оренду техніки.

Важливим доповненням до параметризації є варіативність — можливість мати кілька сценаріїв виконання тієї самої фази. Етап монтажу може бути реалізований за схемою А (традиційна збірка), Б (модульний монтаж) або В (префабрикація з подальшою інтеграцією). У BIM-моделі сценарії формуються як окремі варіанти з вбудованими логіками ресурсного забезпечення, графіків та ризиків. Інтеграція цифрових платформ у будівельний процес дозволяє суттєво змінити структуру управління часовими параметрами проєкту. У межах концепцій Open BIM, CDE та IPD часові затрати на міжфазову координацію, верифікацію даних та прийняття рішень зменшуються за рахунок автоматизації обміну інформацією, синхронізації процесів і проактивного прогнозування відхилень. На нижче наведеному рисунку 1 показано динаміку впливу цифрової інтеграції на часову ефективність фаз проєкту, зокрема скорочення тривалості завдяки оптимізації процесів у цифровому середовищі.

Структурне рівняння ресурсо-календарного балансу з ваговими коефіцієнтами відображає баланс між ресурсною структурою і календарним навантаженням, враховуючи пріоритетність окремих ресурсів [5].

$$R_{ij} \times w_j = \sum_{k=1}^{n} T_{ik} \times \delta_{jk}, \quad (1)$$

де: R_{ij} — обсяг ресурсу типу j, що використовується на фазі i, w_j — ваговий коефіцієнт ресурсу відповідно до його критичності, T_{ik} — тривалість підфази k в межах фази i, δ_{jk} — бінарна змінна включення ресурсу j в підфазу k.

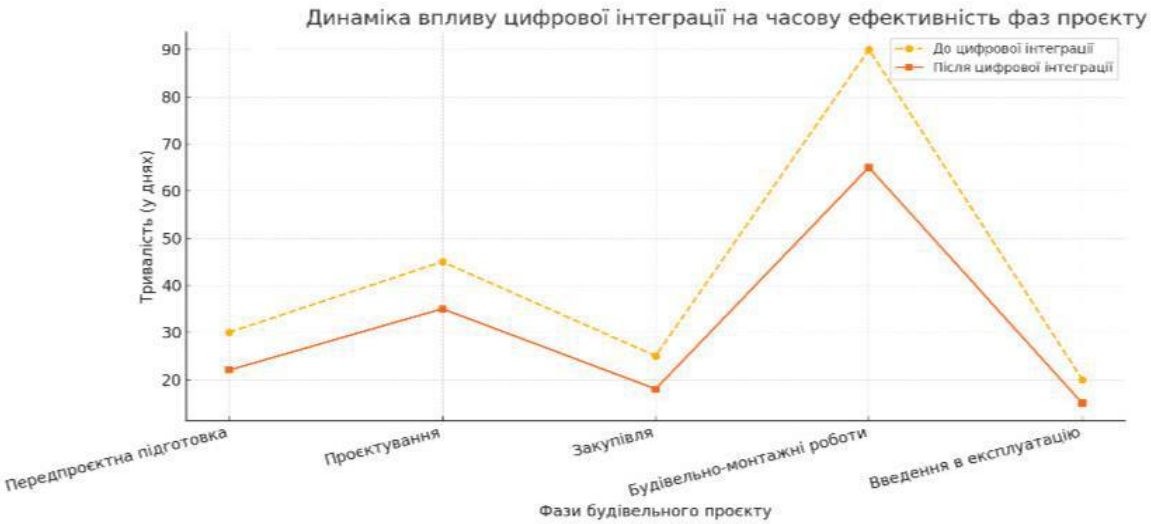


Рис. 1. Динаміка впливу цифрової інтеграції на часову ефективність фаз проєкту
(розроблено автором на основі [4])

Алгоритмічна функція корекції на основі зворотного часу та щільності подій описує, наскільки швидко система має коригувати план під впливом концентрації подій або відхилень від номіналу [5].

$$\Delta t_i = \alpha \times \frac{1}{\lambda_i + \epsilon} \times \log \mu_i \frac{T_{nom}}{T_{fact}} + 1, \quad (2)$$

де: Δt_i — коригуючий часовий зсув для фази i, λ_i — щільність подій або змін у фазі i, T_{nom}, T_{fact} — номінальний і фактичний час виконання відповідно, α — коефіцієнт реактивності моделі, ϵ — мала величина для уникнення ділення на нуль.

Рівняння розсіювання навантаження в обмеженому інтервалі часу описує сумарне навантаження на проєкт в обмеженому часовому вікні як суму нормалізованих впливів кожної задачі, дозволяючи виявити пікові перевантаження та проєктувати буфери навантаження.

$$L(t) = \sum_{i=1}^{n} \frac{Q_i}{\sqrt{2\pi\sigma_j^2}} \times e^{-\frac{(t-\mu_j)^2}{2\sigma_j}}, \quad (3)$$

де: $L(t)$ — щільність навантаження у момент часу t, Q_i — потужність навантаження від задачі i, μ_i — центр часу виконання задачі i, σ_i — дисперсія (розсіювання) навантаження задачі i.

У процесі варіативного управління будівельними циклами особливої ваги набуває можливість системи адаптуватися до змінних умов — зовнішніх (порушення в постачанні, зміна доступності техніки) та внутрішніх (виявлення дефектів, затримка в суміжній фазі). У класичних схемах реагування здійснювалося вручну або із суттєвими часовими лагами. Проте цифрові моделі, що базуються на BIM-технологіях та інтеграції з аналітичними платформами, дозволяють формувати механізм автоматичного реагування на зміну ресурсного середовища.

У свою чергу, важливим функціональним елементом BIM-середовища є модуль варіантного управління графіком, котрий забезпечує підтримку кількох сценаріїв проходження будівельних фаз. Він дозволяє миттєво оцінити кожен із варіантів за показниками часу, вартості та ризику. Система базується на BIM-індикаторах — цифрових маркерах, котрі прив'язуються до критичних точок плану та дозволяють порівнювати альтернативи не лише візуально, а й кількісно.

На нижче наведеному рисунку 2 відображено логіку контролю варіантів графіка, де кожен сценарій (А, Б, В) аналізується через набір індикаторів (час, ризик, витрати), а рішення формується автоматизовано на основі інтегрального коефіцієнта переваги [6].

В рамках цифрового управління будівельними циклами надзвичайно важливим є розуміння того, як саме різні типи цифрових платформ впливають на ключові параметри управління фазами проєкту.

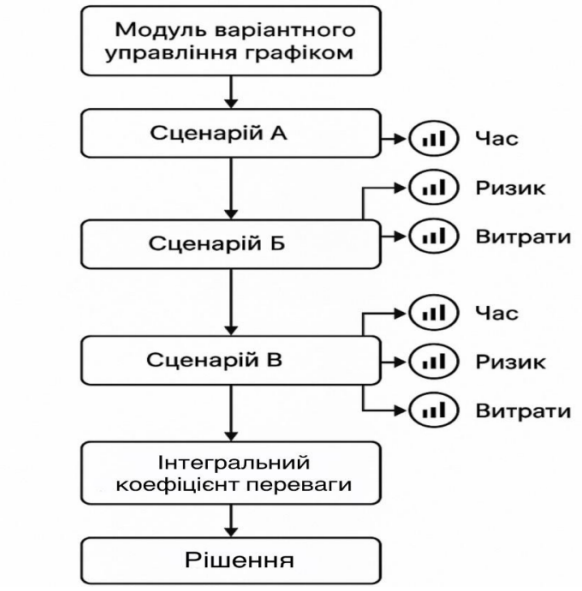


Рис. 2. Система контролю варіантів будівельного графіка на основі BIM-індикаторів
(розроблено автором на основі [7])

У сучасній практиці будівництва використовується цілий спектр цифрових середовищ — від базових CDE-платформ до розширених модулів BIM-кластерів з підключеними аналітичними надбудовами. Кожна з них має свою специфіку впливу на параметри, як гнучкість фазування, динаміка реагування, точність прогнозування, ризик-контроль та підтримка рішень [7].

Щоб системно структурувати цей вплив, було сформовано узагальнену аналітичну таблицю, яка зіставляє основні типи платформ за ключовими управлінськими характеристиками, що стосуються фаз будівельного циклу. У нижче наведеній таблиці 1 враховано рівень інтеграції, ступінь підтримки сценарного управління, глибину ресурсної деталізації, здатність до адаптивного перерахунку планів та функціональність аналізу KPI в реальному часі.

Аналіз параметрів у BIM-моделях є базовою складовою управління будівельними циклами, адже через параметризацію цифрових об'єктів забезпечується можливість формування повноцінного управлінського середовища, здатного реагувати на зміни, передбачати сценарії розвитку подій та оптимізувати ресурси. Типові параметри, котрі використовуються у BIM-середовищі, охоплюють геометричні характеристики, часові, ресурсні, економічні та логістичні атрибути. До найбільш критичних із них належать: обсяг виконуваних робіт, темп реалізації фаз, варіанти зміни фаз та ресурсний тиск, кожен з яких має визначальний вплив на логіку управління проектом [8].

Таблиця 1.

Системна класифікація платформ з точки зору впливу на параметри управління фазами *(розроблено автором на основі [7])*

Тип платформи	**Інтеграція даних**	**Управління сценаріями**	**Рівень деталізації ресурсів**	**Підтримка адаптивних дій**
CDE (Common Data Environment)	Висока (через документо-обіг)	Обмежене	Базовий (документи)	Обмежена (ручна реакція)
Open BIM	Середня (IFC, BCF, IDS)	Помірне (ручне)	Середній (зв'язки з моделлю)	Низька (експорт даних)
Integrated Project Delivery (IPD)	Висока (спільна модель)	Повне (в IPD контракті)	Високий (контрактні зобов’язання)	Висока (вбудована координація)
BIM з KPI-аналітикою	Динамічна з BI-модулями	Автома-тизоване на основі KPI	Високий (аналітичні модулі)	Автома-тизована реакція
Цифрові twin-платформи	Повна інтеграція з сенсорами	Сценарне з прогнозною симуляцією	Максима-льний (реальні дані)	Автономна (на основі потоків даних)

Параметр обсягу робіт у BIM-моделі найчастіше формується як агрегований показник, що інтегрує просторові, конструктивні та технологічні характеристики елементів. Обсяг бетонування визначається геометрією заливаних елементів, пов’язаний з товщиною арматури, кількістю шарів, умовами тверднення.

Зміна фаз (варіативність фазування) — це ще один ключовий параметр, котрий в BIM-моделі відображає можливість перебудови логіки реалізації проекту в залежності від зовнішніх умов.

Ресурсний тиск є ще одним важливим параметром, котрий обчислюється як співвідношення між доступними ресурсами та потребами фази у певному часовому вікні. У BIM-орієнтованих системах параметр реалізується через матриці ресурсів, де для кожного виду ресурсів (робоча сила, механізми, матеріали) встановлюється планове навантаження та поточна доступність. Ресурсний тиск використовується для ідентифікації фаз ризику, коли навантаження перевищує допустимі межі. Якщо на одну ділянку передбачено 4 крани, а у фазі одночасно задіяно 5 об’єктів, система фіксує перевантаження й пропонує сценарії розв’язання: зсув фаз, перерозподіл обладнання або залучення додаткового ресурсу [14].

Для того щоб всі параметри могли взаємодіяти між собою, необхідно застосовувати методику ідентифікації їх взаємозалежностей. У BIM-середовищі

методика базується на побудові багатовимірної аналітичної матриці, у якій кожна пара параметрів описується функціональним зв'язком.

Щоб перетворити зв'язки на інструмент управління, здійснюється побудова структурного простору прийняття рішень, що представляє собою координатну модель, у якій кожна точка — це стан системи за певного поєднання параметрів. У цьому просторі виділяються області стабільного виконання, ризику, адаптації та фрустрації (неможливості виконання без зовнішньої інтервенції). В координатах «темп – ресурсний тиск – відхилення від графіка» можна визначити зону, де невелике відставання ще може бути компенсоване збільшенням темпу без перевищення навантаження, а де — потрібне структурне втручання (зміна сценарію).

Простір дозволяє впроваджувати моделі управління на основі контекстно-залежного вибору дій — оптимальних траєкторій поведінки за конкретної конфігурації параметрів. Суттєво відрізняє цифрове середовище від традиційних методів управління.

На нижче наведеному рисунку 3 зображено сценарний розподіл результатів симуляції для критичних фаз реалізації, що дозволяє оцінити вплив альтернативних рішень на динаміку виконання проєкту [9].

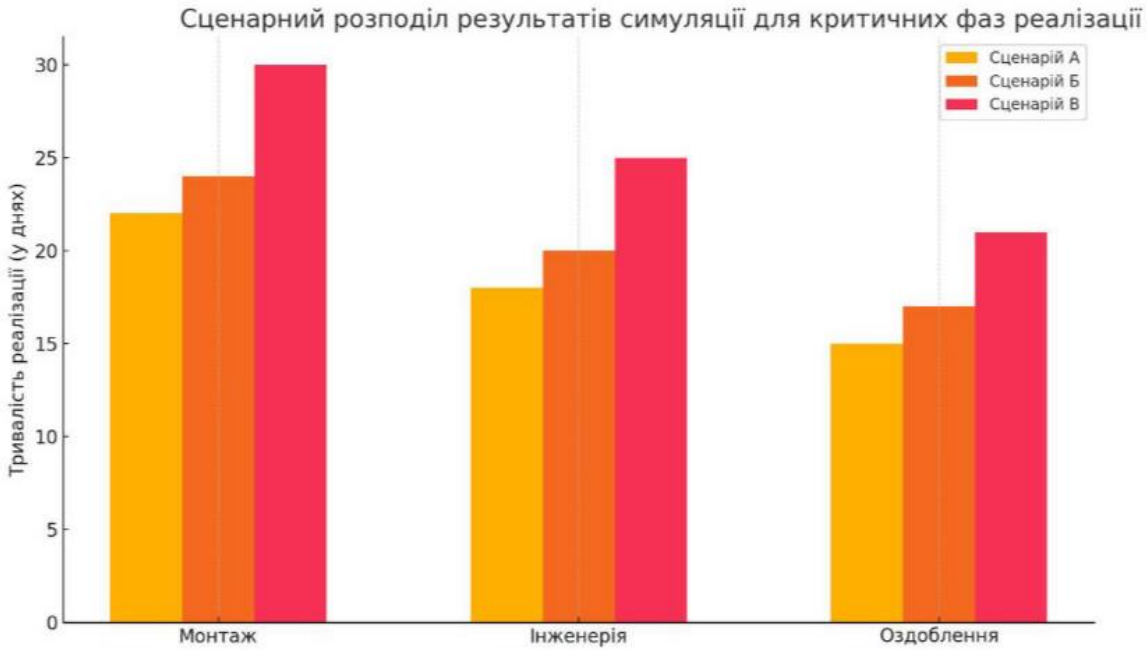


Рис. 3. Сценарний розподіл результатів симуляції для критичних фаз реалізації
(розроблено автором на основі [9])

Функція адаптивного скорочення буфера за умови сценарного зсуву дозволяє визначити, наскільки буфер часу може бути скорочений без ризику порушення цільового графіка при зміні умов виконання або переході до іншого сценарію.

$$B_{adj} = B_{init} \times 1 - \beta \times \frac{\Delta S}{T_{crit}}, \quad (4)$$

де: B_{adj} — адаптований буфер для фази, B_{init} — початковий (запроєктований) буфер часу, ΔS — сценарний зсув (зміна в послідовності фаз або тривалості), T_{crit} — критичний поріг фази (максимально допустима тривалість), β — коефіцієнт чутливості системи до зсувів.

Функція цифрової реакції системи на відхилення моделює реакцію цифрової системи як комбінацію миттєвої зміни значення параметра та його абсолютного відхилення від норми. Дозволяє системі у реальному часі запускати сигнали реагування або сценарії коригування [10].

$$R(t) = \gamma \times \frac{\partial E(t)}{\partial t} + \eta \times \left(E(t) - E_{ref}\right), \quad (5)$$

де: $R(t)$ — цифрова реакція системи у момент часу t, $E(t)$ — фактичне значення контрольованого параметра (наприклад, ресурсного навантаження), E_{ref} — еталонне (нормативне) значення параметра, γ — коефіцієнт оперативного реагування (градієнт змін), η — коефіцієнт відхилення (реакція на абсолютну різницю).

На нижче наведеному рисунку 4 представлено структурну модель багатосценарного керування фазами, котра ілюструє взаємозв'язки між цифровими сценаріями виконання, модулями реагування, зворотними зв'язками та розгалуженими траєкторіями фазового прогрессу [11].

Рис. 4. Структура багатосценарного керування фазами з відгуками цифрових модулів
(розроблено автором на основі [11])

Висновок

Інтеграція цифрових платформ і BIM-технологій формує принципово нову парадигму управління будівельними циклами, орієнтовану на гнучкість, адаптивність і прийняття рішень на основі даних. Перехід від традиційних лінійних підходів до варіативного управління дозволяє більш повно враховувати невизначеність, ризики та динамічні зміни як у внутрішньому, так і у зовнішньому середовищі. Це суттєво підвищує здатність оперативно реагувати на відхилення та оптимізувати реалізацію проєктів протягом усього життєвого циклу.

Використання цифрових платформ забезпечує консолідацію та синхронізацію різнорідних інформаційних потоків, сприяє підвищенню прозорості процесів, ефективній координації дій та взаємодії між учасниками будівництва. Водночас BIM-технології створюють детальний цифровий прототип об'єкта, що дає змогу моделювати та оцінювати альтернативні організаційно-технологічні рішення. Їх комплексне застосування забезпечує підтримку сценарно-імітаційного моделювання, підвищуючи обґрунтованість управлінських рішень.

Література

1. BIM-технології в будівництві [Електронний ресурс] // Dedalsoft. – Режим доступу: https://dedalsoft.com.ua/blog/bim-tekhnologii-v-budivnitstvi

2. Халілов А. Менеджмент будівельних проєктів з застосуванням BIM технологій та штучного інтелекту на цифровій платформі; дис. на здобуття наук. ступеня д-ра філософії; спец. 073 – менеджмент / Київський національний університет будівництва і архітектури. – Київ, 2024. – 175 с. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://www.knuba.edu.ua/wp-content/uploads/2024/06/halilov-dysertacziya.pdf

3. Титок В.В., Сиволап Ю.В. Економічні переваги використання BIM-технологій у будівельній сфері // *Інвестиції: практика та досвід*. – 2024. – № 6. – С. 170–175. DOI: 10.32702/2306-6814.2024.6.170. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://www.nayka.com.ua/index.php/investplan/article/view/3278/3314

4. Великий О.А. Покращення процесів проєктування об'єктів містобудування за рахунок автоматизації процесів; кваліфікаційна робота магістра; спец. 192 – будівництво та цивільна інженерія / Запорізький національний університет, Інженерний навчально-науковий інститут ім. Ю.М. Потебні. – Запоріжжя, 2024. – 104 с. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://dspace.znu.edu.ua/jspui/bitstream/12345/19141/1/%D0%92%D0%B5%D0%BB%D0%B8%D0%BA%D0%B8%D0%B9%20%D0%9E.%D0%90..pdf

5. Джиганія М. Вплив BIM технологій на ефективність управління проєктами в будівництві / М. Джиганія, М. Клис // Build-Master-Class-2024; International scientific–practical conferenceof young scientists, Kyiv, 05-07 november 2024 / Kyiv national university of construction and architecture (KNUCA); chief editor: V. I. Skochko. – Kyiv; KNUCA, 2024. - С. 385 – 386. – Бібліогр.; 5 назв. URI: https://repositary.knuba.edu.ua/handle/123456789/15832

6. Чуприна Ю.А. Залучення прикладних переваг bim-технологій до методики і практики формування життєвого циклу проектів у складі державних цільових програм, які

втілюються будівельним кластером. *Економіка та держава*. 2019. № 3. С. 67–70. DOI: 10.32702/2306-6806.2019.3.67

7. Про затвердження Концепції впровадження технологій Building Information Modeling (BIM) в Україні: розпорядження КМУ № 152-р від 17.02.2021 р. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/152-2021-р

8. Lioche L., Lopreiato J., Anderson M. et al. Glossary of Terms in Healthcare Simulation: Translation of the 3rd English Edition / translated from English; scientific editors of translation: I. V. Gerush et al. – Kyiv; Bukovinian State Medical University; Ukrainian Association for Simulation in Healthcare (UASHC); Shupyk National Healthcare University of Ukraine, 2025. – 147 p. [Online]. – Available at: https://www.ssih.org/sites/default/files/2025-05/Ukrainian%20v3_0_1.pdf

9. Керівництво з використання медичних тренажерів у вищій освіті [Електронний ресурс]. – ДУІКТ, 2023. – 75 с. – Режим доступу: https://duikt.edu.ua/uploads/p_2625_65936112.pdf

10. Кращенко Д.В. Методика побудови автоматизованої системи управління інтелектуальною будівлею на базі методів стохастичної оптимізації: дис. на здобуття наук. ступеня д-ра філософії; спец. 123 – комп'ютерна інженерія / Державний університет телекомунікацій. – Київ, 2022. – 247 с. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://duikt.edu.ua/uploads/p_2625_65936112.pdf

11. Чуприна Ю.А. Формування економіко-управлінського механізму внутрішньофірмового трансферу технологій підприємств-стейкхолдерів будівництва на засадах інтерпартнерства в умовах наукового процесу / Ю.А. Чуприна, М.О. Ползіков, О.М. Дубенський ; Київ. нац. ун-т буд-ва і архіт. // Актуальні проблеми освітнього процесу в контексті європейського вибору України: матеріали VIII Міжнародної конференції, 12 листопада 2025 року. – Київ; Ліра-К, 2026. – С. 512 - 513. - Бібліогр.; 5 назв. URI: https://repositary.knuba.edu.ua/handle/123456789/18258

Oleksandr Balaban,
Kyiv National University of Construction and Architecture, Kyiv

USE OF DIGITAL PLATFORMS AND BIM TECHNOLOGIES FOR VARIATIVE MANAGEMENT OF CONSTRUCTION CYCLES

The modern construction industry operates under conditions of high dynamism, complexity of organizational and technological processes, and significant uncertainty, which necessitates the search for new approaches to managing construction cycles. Traditional methods of planning and control, focused on linear models and static scenarios, prove insufficient for ensuring flexibility, adaptability, and prompt managerial decision-making.

Digital platforms act as an integrative environment that consolidates project data, resources, work schedules, and financial indicators into a unified information system. This enables the rapid analysis of alternative scenarios for the development of construction processes and the selection of optimal management decisions. BIM technologies, in turn, create a digital prototype of a construction object, allowing the

modeling of various organizational and technological solutions and the assessment of their impact on timelines, cost, and quality of execution.

A key feature of variative management is the ability to generate and compare multiple scenarios for the development of construction cycles, taking into account changes in both external and internal environments. This includes consideration of risks, resource constraints, technological dependencies, and inertia effects that arise during project implementation. The integration of digital platforms with BIM technologies provides support for scenario-based simulation modeling, which enhances the validity of managerial decisions and minimizes the negative effects of uncertainty.

Keywords: BIM technologies; digital platforms; construction cycles; variative management; scenario modeling; information modeling; project management; construction digitalization.

REFERENCES

1. BIM technologies in construction [Online] // Dedalsoft. – Available at: https://dedalsoft.com.ua/blog/bim-tekhnologii-v-budivnitstvi {in Ukrainian}

2. Halilov A. Management of construction projects using BIM technologies and artificial intelligence on a digital platform: PhD dissertation; specialty 073 – Management / Kyiv National University of Construction and Architecture. – Kyiv, 2024. – 175 p. [Online]. – Available at: https://www.knuba.edu.ua/wp-content/uploads/2024/06/halilov-dysertacziya.pdf {in Ukrainian}

3. Tytok V.V., Syvolap Yu.V. Economic benefits of using BIM technologies in the construction sector // Investments: Practice and Experience. – 2024. – No. 6. – P. 170–175. DOI: 10.32702/2306-6814.2024.6.170. [Online]. – Available at: https://www.nayka.com.ua/index.php/investplan/article/view/3278/3314 {in Ukrainian}

4. Velykyi O.A. Improving the design processes of urban development objects through process automation; Master's thesis; specialty 192 – Construction and Civil Engineering / Zaporizhzhia National University. – Zaporizhzhia, 2024. – 104 p. [Online]. – Available at: https://dspace.znu.edu.ua/jspui/bitstream/12345/19141/1/%D0%92%D0%B5%D0%BB%D0%B8%D0%BA%D0%B8%D0%B9%20%D0%9E.%D0%90..pdf {in Ukrainian}

5. Dzhyhaniia M., Klys M. The impact of BIM technologies on the efficiency of project management in construction // Build-Master-Class-2024: International scientific–practical conference of young scientists. – Kyiv: Kyiv National University of Construction and Architecture, 2024. – P. 385–386. –

Available at: https://repositary.knuba.edu.ua/handle/123456789/15832 {in Ukrainian}

6. Chupryna Yu.A. Integration of applied advantages of BIM technologies into the methodology and practice of forming the life cycle of projects within state target programs implemented by the construction cluster // Economy and State. – 2019. – No. 3. – P. 67–70. DOI: 10.32702/2306-6806.2019.3.67 {in Ukrainian}

7. On approval of the Concept for the implementation of Building Information Modeling (BIM) technologies in Ukraine; Resolution of the Cabinet of Ministers of Ukraine No. 152-r dated February 17, 2021 [Online]. – Available at: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/152-2021-p {in Ukrainian}

8. Lioche L., Lopreiato J., Anderson M. et al. Glossary of Terms in Healthcare Simulation: Translation of the 3rd English Edition. – Kyiv: Bukovinian State Medical University; UASHC; Shupyk National Healthcare University of Ukraine, 2025. – 147 p. [Online]. – Available at: https://www.ssih.org/sites/default/files/2025-05/Ukrainian%20v3_0_1.pdf {in English/Ukrainian}

9. Guidelines for the use of medical simulators in higher education [Online]. – State University of Telecommunications, 2023. – 75 p. – Available at: https://duikt.edu.ua/uploads/p_2625_65936112.pdf {in Ukrainian}

10. Krashchenko D.V. Methodology for building an automated control system of an intelligent building based on stochastic optimization methods; PhD dissertation; specialty 123 – Computer Engineering / State University of Telecommunications. – Kyiv, 2022. – 247 p. [Online]. – Available at: https://duikt.edu.ua/uploads/p_2625_65936112.pdf {in Ukrainian}

11. Chupryna Yu.A., Polzikov M.O., Dubenskyi O.M. Formation of the economic and managerial mechanism of intra-firm technology transfer of construction stakeholder enterprises based on inter-partnership in the context of the scientific process // Current Issues of the Educational Process in the Context of the European Choice of Ukraine: Proceedings of the VIII International Conference (November 12, 2025). – Kyiv: Lira-K, 2026. – P. 512–513. – Available at: https://repositary.knuba.edu.ua/handle/123456789/18258 {in Ukrainian}

DOI: 10.32347/2076-815X.2026.92.364-376
УДК 005.8:519.876:004.94

Блонний А.В.,
blonnyya@gmail.com, ORCID: 0009-0006-4565-8625,
Київський національний університет будівництва і архітектури, м. Київ

ФОРМУВАННЯ АДАПТИВНОЇ СИСТЕМИ КАЛЕНДАРНОГО ПЛАНУВАННЯ ПРОЄКТІВ НА ОСНОВІ ІНТЕГРАЦІЇ ІНСТРУМЕНТІВ ЦИФРОВОГО ПРОГНОЗУВАННЯ В УМОВАХ СТОХАСТИЧНИХ РИЗИКІВ

Цифрова трансформація проєктного управління формує нові підходи до календарного планування в умовах зростаючої невизначеності та стохастичних ризиків. Актуалізується необхідність переходу від детермінованих моделей до адаптивних систем, здатних враховувати варіативність часових параметрів, динаміку ресурсного забезпечення та вплив зовнішніх факторів. Запропоновано концепцію формування адаптивної системи календарного планування, що базується на інтеграції інструментів цифрового прогнозування, зокрема методів машинного навчання, аналізу часових рядів та сценарного моделювання. Такий підхід забезпечує формування багатоваріантного календарного плану, орієнтованого на управління множиною можливих сценаріїв реалізації проєкту. Важливим елементом є використання інтегральних показників відхилення строків та ритмічності виконання робіт, що дозволяє кількісно оцінити вплив ризиків на часові параметри проєкту. Запропоновано багаторівневу структуру системи, яка включає рівні збору даних, прогнозування, сценарного аналізу, оптимізації та управлінського реагування. Інтеграція цифрових технологій забезпечує безперервний моніторинг, раннє виявлення відхилень і автоматизоване формування адаптивних рішень.

Ключові слова: адаптивне планування; календарне планування; стохастичні ризики; цифрове прогнозування; управління проєктами; сценарне моделювання; машинне навчання; оптимізація графіків.

Постановка проблеми: Зростання складності проєктного середовища, особливо у будівельній галузі, супроводжується посиленням впливу стохастичних ризиків, що проявляються у вигляді коливань тривалості виконання робіт, нестабільності ресурсного забезпечення та змін зовнішніх умов. Традиційні підходи до календарного планування, засновані на фіксованих часових параметрах, не здатні адекватно відображати реальну динаміку реалізації проєктів. Це призводить до систематичних відхилень строків,

зниження ефективності управління та втрати керованості проєктними процесами.

Проблема ускладнюється тим, що сучасні проєкти характеризуються високим рівнем взаємозалежності елементів, де відхилення на одному етапі можуть спричиняти каскадні порушення у всій системі. Відсутність механізмів прогнозування та адаптивного реагування обмежує можливості своєчасного управління ризиками.

Метою статті є розроблення теоретико-методичних положень формування адаптивної системи календарного планування проєктів на основі інтеграції інструментів цифрового прогнозування в умовах стохастичних ризиків. Основна увага зосереджується на обґрунтуванні підходів до переходу від детермінованих моделей планування до ймовірнісних і сценарно-орієнтованих систем. Передбачається визначення структури адаптивної системи, яка забезпечує взаємодію процесів збору даних, прогнозування, оцінки ризиків і оптимізації календарного плану. Важливим завданням є формалізація впливу стохастичних факторів на часові параметри проєкту та розроблення показників оцінювання відхилень.

Аналіз останніх досліджень і публікацій: Сучасні наукові дослідження у сфері календарного планування проєктів демонструють поступовий перехід від класичних детермінованих моделей до більш гнучких і адаптивних підходів. Традиційні методи, такі як CPM та PERT, забезпечують базову структуризацію проєктів, однак їх обмеження проявляються у неспроможності враховувати стохастичну природу ризиків. У наукових працях значна увага приділяється розвитку ймовірнісних моделей планування, які базуються на використанні розподілів тривалості робіт. Такі підходи дозволяють підвищити точність оцінювання строків, проте вони часто залишаються статичними і не враховують динаміку змін у процесі реалізації проєкту.

Окремий напрям досліджень пов’язаний із впровадженням цифрових технологій, зокрема методів машинного навчання, аналізу великих даних та імітаційного моделювання. Використання нейромережевих моделей, таких як LSTM, дозволяє враховувати часові залежності та формувати більш точні прогнози тривалості робіт.

Значну увагу також приділено сценарному підходу, який передбачає формування альтернативних варіантів розвитку подій і вибір оптимального з урахуванням ризиків. Такий підхід забезпечує підвищення гнучкості планування, однак потребує інтеграції з системами цифрового прогнозування.

Виклад основної інформації: Сучасний розвиток проєктно-орієнтованих галузей, зокрема будівництва, супроводжується суттєвим зростанням рівня

невизначеності середовища функціонування. Це обумовлено комплексною дією стохастичних ризиків, до яких належать коливання ресурсного забезпечення, нестабільність логістичних ланцюгів, фінансові флуктуації, а також вплив зовнішніх дестабілізуючих чинників. За таких умов традиційні підходи до календарного планування, що базуються на детермінованих моделях та фіксованих часових параметрах, втрачають свою ефективність, оскільки не враховують ймовірнісну природу змін у процесі реалізації проєкту.

У цьому контексті формується нова парадигма — адаптивне календарне планування, яке передбачає інтеграцію механізмів динамічного коригування графіка виконання робіт на основі аналізу ризиків та прогнозування їх впливу. На відміну від класичних моделей (CPM, PERT, Gantt), адаптивний підхід орієнтований не на жорстку фіксацію послідовності операцій, а на управління множиною можливих сценаріїв реалізації проєкту.

Ключовим елементом такої системи є врахування стохастичної природи часових параметрів, що проявляється у варіативності тривалості виконання окремих робіт. Це потребує переходу від точкових оцінок до ймовірнісних моделей, у межах яких кожен етап проєкту описується не одним значенням, а розподілом можливих значень тривалості.

З метою формалізації впливу ризиків на календарний план доцільно використовувати інтегральний показник відхилення строків реалізації проєкту, який може бути представлений у вигляді:

$$\Delta T = \sum_{i=1}^{n} w_i \times \left(T_i^{fact} - T_i^{plan}\right) \times P_i, \quad (1)$$

де ΔT — агреговане відхилення календарного плану, w_i — ваговий коефіцієнт критичності і-го етапу, T_i^{fact} — фактична тривалість виконання робіт, T_i^{plan} — планова тривалість, P_i — ймовірність реалізації ризику для і-го етапу, n — кількість етапів проєкту.

Запропонована модель дозволяє не лише оцінити загальний рівень відхилення календарного плану, але й визначити найбільш чутливі до ризиків елементи, що формують так звані «критичні вузли» проєкту. Таким чином, управління календарним планом трансформується з процесу контролю у процес аналітичного впливу на структуру виконання робіт.

Важливим аспектом адаптивного планування є інтеграція цифрових інструментів прогнозування, які забезпечують обробку великих масивів даних та формування прогнозних оцінок у реальному часі. Використання методів машинного навчання, аналізу часових рядів та імітаційного моделювання дозволяє формувати альтернативні сценарії реалізації проєкту, що значно підвищує гнучкість календарної моделі.

Концептуально адаптивна система календарного планування може бути представлена як багаторівнева структура, що включає:

- рівень збору та обробки даних;
- рівень прогнозування та оцінки ризиків;
- рівень сценарного моделювання;
- рівень оптимізації календарного плану;
- рівень управлінського реагування.

Такий підхід забезпечує перехід від реактивного до проактивного управління, при якому рішення приймаються не на основі фактичних відхилень, а на підставі їх прогнозованих значень.

З метою візуалізації зазначених положень доцільно представити рисунок 1, який відображає взаємозв'язок між ризиками, прогнозними інструментами та механізмами оптимізації.

Рис. 1. Концептуальна модель адаптивного календарного планування проєктів в умовах стохастичних ризиків *(розроблено автором)*

В умовах зростаючої складності проєктного середовища та високого рівня стохастичних ризиків ключовим фактором підвищення ефективності календарного планування стає впровадження інструментів цифрового прогнозування. На відміну від традиційних підходів, які базуються на статичних оцінках, сучасні цифрові методи забезпечують формування динамічних моделей, здатних адаптуватися до змін у реальному часі та враховувати багатофакторний вплив ризиків.

Цифрове прогнозування у контексті календарного планування реалізується через поєднання методів аналізу часових рядів, машинного навчання, статистичних моделей і симуляційного моделювання. Особливе місце займають нейромережеві підходи, зокрема архітектури типу LSTM (Long Short-

Term Memory), які дозволяють враховувати залежності між попередніми та майбутніми станами системи.

Формалізація процесу прогнозування тривалості виконання робіт може бути представлена у вигляді узагальненої моделі:

$$\hat{T}_{t+1} = f(T_t, T_{t-1}, \dots, T_{t-n}, R_t; \Theta), \quad (2)$$

де $\hat{T}_{t+1}$ — прогнозована тривалість виконання робіт на наступному етапі, T_t, T_{t-1}, T — історичні значення тривалості, R_t — вектор ризикових факторів у момент часу t, Θ — параметри моделі, отримані в процесі навчання, f(·) — нелінійна функція прогнозування.

Застосування подібних моделей дозволяє враховувати не лише тренди виконання робіт, але й вплив зовнішніх та внутрішніх ризиків, що значно підвищує точність планування.

Другим важливим елементом цифрового прогнозування є оцінка стабільності операційного ритму проєкту, яка характеризує рівень відхилення фактичного виконання від планового. Для цього доцільно використовувати інтегральний показник ритмічності:

$$\Delta R = \frac{1}{n} \sum_{t=1}^{n} \left| \frac{V_t^{fact} - V_t^{plan}}{V_t^{plan}} \right|, \quad (3)$$

де: ΔR — середнє відхилення операційного ритму, V_t^{fact} — фактичний обсяг виконаних робіт у момент часу t, V_t^{plan} — плановий обсяг, n — кількість періодів спостереження.

Даний показник дозволяє кількісно оцінити рівень дестабілізації проєкту та виступає основою для автоматизованого коригування календарного плану.

Інтеграція цифрових інструментів прогнозування у календарне планування передбачає формування єдиного інформаційного середовища, яке об’єднує різні джерела даних: виробничі показники, фінансові потоки, логістичну інформацію, зовнішні фактори (погодні умови, ринкові коливання тощо). На цій основі реалізується багаторівнева аналітична система, що забезпечує:

- безперервний моніторинг стану проєкту;
- виявлення потенційних відхилень на ранніх стадіях;
- автоматизоване формування альтернативних сценаріїв;
- оптимізацію календарного плану з урахуванням ризиків.

Результативність використання різних підходів до прогнозування доцільно представити у вигляді таблиці 1.

Таблиця 1.

Порівняльна ефективність методів цифрового прогнозування у календарному плануванні *(розроблено автором)*

Показник	**Класичні методи**	**ML (LSTM)**	**ML + Bayesian**
Середнє відхилення термінів (%)	15–18	6–8	2–4
Час реагування на ризик (год)	120–168	24–48	6–12
Точність прогнозу (%)	65–75	85–92	90–96
Стабільність ритму (індекс)	0,7–0,8	0,85–0,93	0,95–1,02

Аналіз наведених даних свідчить, що використання комбінованих моделей, які поєднують машинне навчання та ймовірнісний аналіз, дозволяє досягти найвищого рівня точності прогнозування та мінімізувати вплив ризиків на календарний план.

Концептуально процес інтеграції цифрового прогнозування в календарне планування може бути представлений як послідовність взаємопов'язаних етапів: від збору даних до прийняття управлінських рішень. Відповідна логіка відображена на рисунку 2.

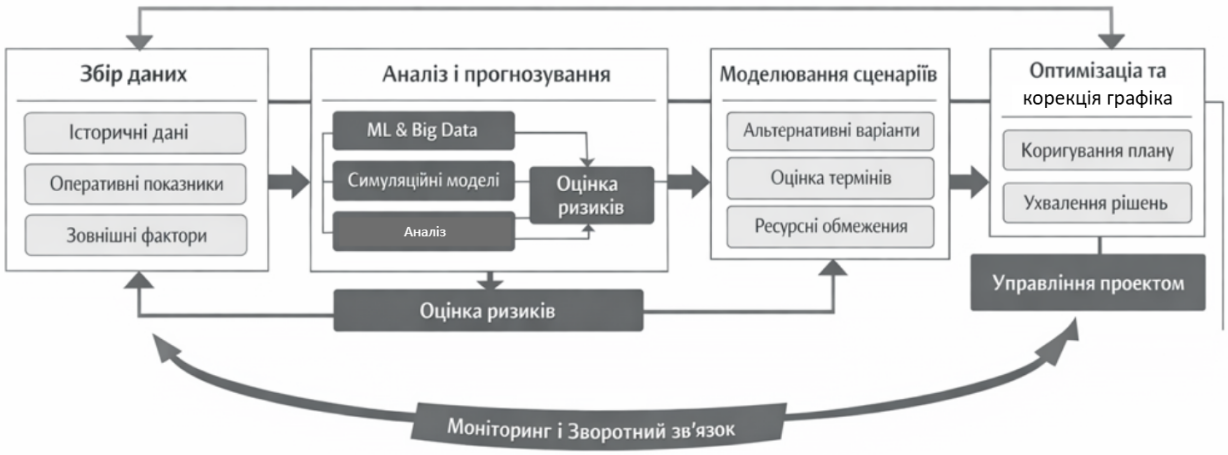


Рис. 2. Модель інтеграції інструментів цифрового прогнозування у процес календарного планування *(розроблено автором)*

У цій моделі ключову роль відіграє зворотний зв'язок, який забезпечує постійне оновлення прогнозів на основі фактичних даних. Це дозволяє системі навчатися в процесі реалізації проєкту та підвищувати точність подальших рішень.

Інтеграція інструментів цифрового прогнозування формує якісно новий рівень календарного планування, при якому графік виконання робіт стає не статичним документом, а інтелектуальною адаптивною системою, здатною реагувати на зміни середовища ще до їх фактичного прояву.

Подальший розвиток адаптивного календарного планування пов'язаний не лише з прогнозуванням окремих відхилень, а й з побудовою цілісної системи

сценарного реагування на зміну умов реалізації проєкту. Якщо на попередньому етапі цифрові інструменти використовуються для виявлення потенційних збоїв у часових параметрах, то в межах сценарного підходу основна увага зосереджується на формуванні множини допустимих варіантів перебудови календарного плану. Така постановка задачі є особливо важливою в умовах стохастичних ризиків, коли вплив негативних чинників не є лінійним, а сам процес реалізації проєкту супроводжується варіативністю строків, ресурсної доступності, фінансової стійкості та організаційної надійності учасників.

Сутність адаптивного сценарного моделювання полягає в тому, що календарний план розглядається не як єдиний фіксований графік, а як багатоваріантна система, в якій передбачено декілька альтернативних траєкторій виконання робіт. Кожна з них формується з урахуванням різного поєднання ризиків, рівня завантаження ресурсів, зміни черговості операцій та ймовірної поведінки зовнішніх контрагентів. У такій моделі управлінське рішення приймається не після виникнення проблеми, а на основі попередньо сформованого набору адаптивних реакцій, що істотно знижує втрати часу та зменшує ймовірність руйнування критичного шляху проєкту .

Одним із центральних чинників, що впливають на стійкість календарного плану, є надійність виконавців, постачальників і субпідрядних організацій. У сучасному проєктному середовищі саме зовнішні учасники часто генерують каскадні відхилення, які поширюються на всю логіку реалізації робіт. Затримка постачання, фінансова нестабільність підрядника, зниження якості виконання чи порушення договірної дисципліни безпосередньо впливають на вузлові етапи календарного графіка. Тому доцільно інтегрувати в систему планування не лише параметри тривалості робіт, а й аналітичні індикатори надійності виконавців, що дозволяє враховувати ризик партнерської взаємодії ще на етапі формування календарного рішення.

У межах такого підходу сценарії можуть будуватись за кількома логічними напрямами. Перший пов’язаний із часовою адаптацією, коли змінюється послідовність або паралельність робіт. Другий стосується ресурсної адаптації, за якої система перерозподіляє трудові, технічні чи матеріальні ресурси між етапами. Третій напрям передбачає контрагентну адаптацію, коли в разі зростання ризику співпраці з окремим виконавцем система змінює його пріоритетність у структурі календарного графіка або формує резервний варіант залучення альтернативного партнера. Саме ця багаторівневість забезпечує не просто гнучкість плану, а його аналітичну стійкість.

Для формалізації сценарного підходу доцільно використати показник очікуваного календарного відхилення, який враховує ймовірності реалізації альтернативних ризикових сценаріїв:

$$E(\Delta T) = \sum_{i=1}^{m} p_i \times \Delta T_i, \quad (4)$$

де $E(\Delta T)$ — очікуване відхилення календарного плану, p_i — ймовірність реалізації і-го сценарію, ΔT_i — відхилення строків виконання проєкту в межах і-го сценарію, m — кількість розглянутих сценаріїв.

Наведена залежність дозволяє перейти від описового аналізу ризиків до кількісного обґрунтування рішень щодо вибору оптимальної конфігурації календарного плану. Її практична цінність полягає в тому, що менеджер проєкту може оцінити не лише сам факт можливого відхилення, а й інтегральний очікуваний ефект сукупності ризикових подій. Відповідно, оптимальним визнається той сценарій, для якого значення очікуваного календарного відхилення є мінімальним за прийнятного рівня ресурсних витрат і організаційної складності реалізації.

Особливого значення в цій логіці набувають цифрові методи аналітичної оцінки надійності виконавців. На основі накопичених даних про своєчасність виконання робіт, частоту порушень, перевищення бюджету, стабільність комунікації та якісні характеристики попередніх контрактів може формуватись інтегральний профіль виконавця. Після цього цифрова система включає цей профіль у загальну модель календарного планування. В результаті критичний шлях визначається вже не лише технологічною послідовністю робіт, а й рівнем ризикової чутливості до конкретних учасників проєкту. Така постановка питання істотно розширює традиційне розуміння календарного плану, перетворюючи його з інструмента часової координації на інструмент аналітичного управління стійкістю реалізації.

Важливо підкреслити, що адаптивне сценарне моделювання забезпечує можливість раннього виявлення так званих зон підвищеної календарної вразливості. До них належать етапи, для яких характерне одночасне поєднання кількох негативних факторів: високої критичності робіт, залежності від одного постачальника, низької ресурсної гнучкості та підвищеної ймовірності зовнішніх збоїв. Якщо в традиційній системі такі проблеми часто виявляються вже після зриву строків, то в адаптивній цифровій моделі вони стають об’єктом попереджувального аналізу. Завдяки цьому з’являється можливість заздалегідь закладати часові буфери, резервні ланки постачання, альтернативні послідовності виконання процесів або додаткові механізми контролю на критичних відрізках реалізації проєкту.

У таблиці 2 наведено результати порівняльного аналізу ефективності різних підходів до календарного планування проєктів в умовах стохастичних ризиків, що дозволяє оцінити вплив рівня адаптивності системи на точність графіка, швидкість реагування та загальну стійкість реалізації проєкту.

Таблиця 2.

Порівняльна ефективність сценарного підходу в адаптивному календарному плануванні *(розроблено автором)*

Показник	**Статичне календарне планування**	**Планування з частковим коригуванням**	**Адаптивне сценарне планування**
Середнє відхилення строків, днів	18,6	10,2	4,7
Час реагування на ризикову подію, год	96	24	4
Імовірність зриву критичного етапу, %	28,4	15,1	6,3
Точність оновлення графіка, %	68	82	95
Рівень стійкості до зовнішніх збоїв, індекс	0,61	0,79	0,94

Наведені дані демонструють, що перехід до адаптивного сценарного планування забезпечує істотне зменшення середнього відхилення строків, прискорює реагування на дестабілізуючі чинники та підвищує точність коригування графіка. На відміну від часткового коригування, яке переважно усуває вже наявні наслідки порушень, сценарна модель орієнтована на попереджувальне управління, а тому має значно вищий рівень практичної ефективності.

Для узагальнення запропонованого підходу до адаптивного управління календарним плануванням доцільно розглянути рисунок 3, що відображає взаємозв’язок між процесами сценарного аналізу, оцінкою ризиків та надійності виконавців.

Рис. 3. Адаптивна сценарна модель календарного планування проєктів з урахуванням стохастичних ризиків та надійності виконавців *(розроблено автором)*

Бувати новий тип управлінської логіки, у межах якої ключовим об'єктом контролю виступає не лише часовий параметр виконання робіт, а стійкість усієї системи проєктної реалізації до багатофакторних збурень. Поєднання цифрового прогнозування, сценарного аналізу та оцінки надійності виконавців створює підґрунтя для розроблення інтелектуального календарного плану, здатного самостійно адаптуватися до зміни середовища.

Висновок

Формування адаптивної системи календарного планування проєктів в умовах стохастичних ризиків є необхідною умовою підвищення ефективності сучасного проєктного управління. Використання традиційних детермінованих підходів не забезпечує належного рівня гнучкості та точності планування в умовах динамічного середовища. Інтеграція інструментів цифрового прогнозування дозволяє перейти до якісно нового рівня управління, при якому календарний план трансформується у динамічну систему, здатну адаптуватися до змін у реальному часі. Застосування методів машинного навчання, аналізу часових рядів та сценарного моделювання забезпечує підвищення точності прогнозів і своєчасне виявлення потенційних відхилень.

Запропонований підхід базується на поєднанні багаторівневої структури управління, використанні інтегральних показників оцінювання та формуванні альтернативних сценаріїв реалізації проєкту. Це дозволяє мінімізувати вплив ризиків, підвищити стійкість календарного плану та оптимізувати використання ресурсів.

У перспективі розвиток адаптивних систем планування пов'язаний із подальшим удосконаленням цифрових технологій, розширенням аналітичних можливостей і впровадженням інтелектуальних систем підтримки прийняття рішень, що забезпечить підвищення результативності управління складними проєктами.

Література

1. Бондар Ю., Легінькова Н. Використання видів та методів планування при реалізації проєктів // Економічні, соціальні та інформаційні механізми формування та вдосконалення системи управління проєктами; монографія / за заг. ред. Є. Карташова, О. Дубініної. – Київ; ДЗВО «Університет менеджменту освіти», 2021. – С. 318–336. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://surl.li/yqcvyq

2. Сахарова К.В. Система планування завдань при командному виконанні IT-проєктів; пояснювальна записка до кваліфікаційної роботи магістра за спеціальністю 122 «Комп'ютерні науки». – Харків; Харківський національний університет міського господарства імені О.М. Бекетова, 2023. –

65 с. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://eprints.kname.edu.ua/71492/1/%D0%A1%D0%B0%D1%85%D0%B0%D1%80%D0%BE%D0%B2%D0%B0%20%D0%9A.%D0%92..pdf

3. МИКИТЧЕНКО, Б. (2025). Моделі адаптивного управління за умов зміни економічних умов на ринку нерухомості. *Шляхи підвищення ефективності будівництва* , *2* (56), 287–307. https://doi.org/10.32347/2707-501x.2025.56(2).287-307

4. МАЛИХІН, М. (2025). Інтеграція цифрових платформ у структуру підготовки будівельних проектів як основа для гнучких моделей управління життєвим циклом. *Шляхи підвищення ефективності будівництва* , *1* (56), 30–41. https://doi.org/10.32347/2707-501x.2025.56(1).30-41

5. Чуприна Ю., Тормосов Р., Арин А., Горбач М., Приходько Д., Ползіков М. Оновлений інструмент для відбору проектів для цільових програм сталого енергетичного розвитку // 2023 IEEE International Conference on Smart Information Systems and Technologies (SIST). – Астана, Казахстан, 2023. – DOI: 10.1109/SIST58284.2023.10223492. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://ieeexplore.ieee.org/document/10223492

6. ЧУПРИНА, І. (2025). Концептуальні принципи управління знаннями в інтегрованих системах реалізації будівельних проектів. *Шляхи підвищення ефективності будівництва* , *2* (56), 105–117. https://doi.org/10.32347/2707-501x.2025.56(2).105-117

7. Sadorsky, P. (2005). Stochastic volatility forecasting and risk management. *Applied Financial Economics*, *15*(2), 121–135. https://doi.org/10.1080/0960310042000299926

8. Рубін Д.Д., Патель Б.Н. Фінансове прогнозування та стохастичне моделювання: прогнозування впливу бізнес-рішень // Radiology. – 2017. – Vol. 283. – No. 2. – DOI: 10.1148/radiol.2017161800. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://doi.org/10.1148/radiol.2017161800

9. Arias-Calluari K., Alonso-Marroquin F., Najafi M. N., Harré M. Methods for forecasting the effect of exogenous risks on stock markets // Physica A: Statistical Mechanics and its Applications. – 2021. – Vol. 568. – Art. 125587. – DOI: 10.1016/j.physa.2020.125587. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0378437120308852

10. Rubin G.D., Patel B.N. Financial Forecasting and Stochastic Modeling: Forecasting the Impact of Business Decisions // Radiology. – 2017. – Vol. 283. – No. 2. – DOI: 10.1148/radiol.2017161800. [Online]. – Available at: https://pubs.rsna.org/doi/full/10.1148/radiol.2017161800

Blonnyi Andrii,
Kyiv National University of Construction and Architecture, Kyiv

FORMATION OF AN ADAPTIVE PROJECT SCHEDULING SYSTEM BASED ON THE INTEGRATION OF DIGITAL FORECASTING TOOLS UNDER STOCHASTIC RISKS

The digital transformation of project management is shaping new approaches to scheduling under conditions of increasing uncertainty and stochastic risks. There is a growing need to move from deterministic models to adaptive systems capable of accounting for variability in time parameters, the dynamics of resource provision, and the influence of external factors. A concept for forming an adaptive scheduling system is proposed, based on the integration of digital forecasting tools, including machine learning methods, time series analysis, and scenario modeling. This approach enables the development of a multi-variant project schedule focused on managing a set of possible implementation scenarios.

An important element is the use of integrated indicators of schedule deviation and operational rhythm, which allow for a quantitative assessment of the impact of risks on project timelines. A multi-level system structure is proposed, including data collection, forecasting, scenario analysis, optimization, and managerial response layers. The integration of digital technologies ensures continuous monitoring, early detection of deviations, and automated generation of adaptive decisions.

Keywords: adaptive planning; project scheduling; stochastic risks; digital forecasting; project management; scenario modeling; machine learning; schedule optimization.

REFERENCES

1. Bondar Yu., Lehinkova N. Use of Types and Methods of Planning in Project Implementation // Economic, Social and Information Mechanisms for the Formation and Improvement of Project Management Systems: monograph / ed. by Ye. Kartashov, O. Dubinina. – Kyiv: State Institution of Higher Education “University of Educational Management”, 2021. – P. 318–336. [Online]. – Available at: https://surl.li/yqcvyq {in Ukrainian}

2. Sakharova K.V. Task Planning System in Team-Based IT Project Implementation: explanatory note to the master’s qualification thesis in specialty 122 “Computer Science”. – Kharkiv: O.M. Beketov National University of Urban Economy in Kharkiv, 2023. – 65 p. [Online]. – Available at: https://eprints.kname.edu.ua/71492/1/%D0%A1%D0%B0%D1%85%D0%B0%D1%80%D0%BE%D0%B2%D0%B0%20%D0%9A.%D0%92..pdf {in Ukrainian}

3. Mykytchenko B. Models of Adaptive Management under Changing Economic Conditions in the Real Estate Market // Ways to Improve Construction Efficiency. – 2025. – No. 2 (56). – P. 287–307. DOI: 10.32347/2707-501x.2025.56(2).287-307 {in Ukrainian}

4. Malykhin M. Integration of Digital Platforms into the Structure of Construction Project Preparation as a Basis for Flexible Lifecycle Management Models // Ways to Improve Construction Efficiency. – 2025. – No. 1 (56). – P. 30–41. DOI: 10.32347/2707-501x.2025.56(1).30-41 {in Ukrainian}

5. Chupryna Yu., Tormosov R., Aryn A., Horbach M., Prykhodko D., Polzikov M. Updated Tool for Project Selection for Target Programs of Sustainable Energy Development // 2023 IEEE International Conference on Smart Information Systems and Technologies (SIST). – Astana, Kazakhstan, 2023. – DOI: 10.1109/SIST58284.2023.10223492. [Online]. – Available at: https://ieeexplore.ieee.org/document/10223492 {in English}

6. Chupryna I. Conceptual Principles of Knowledge Management in Integrated Systems of Construction Project Implementation // Ways to Improve Construction Efficiency. – 2025. – No. 2 (56). – P. 105–117. DOI: 10.32347/2707-501x.2025.56(2).105-117 {in Ukrainian}

7. Sadorsky P. Stochastic Volatility Forecasting and Risk Management // Applied Financial Economics. – 2005. – Vol. 15. – No. 2. – P. 121–135. DOI: 10.1080/0960310042000299926 {in English}

8. Rubin G.D., Patel B.N. Financial Forecasting and Stochastic Modeling: Forecasting the Impact of Business Decisions // Radiology. – 2017. – Vol. 283. – No. 2. – DOI: 10.1148/radiol.2017161800. [Online]. – Available at: https://doi.org/10.1148/radiol.2017161800 {in English}

9. Arias-Calluari K., Alonso-Marroquin F., Najafi M. N., Harré M. Methods for Forecasting the Effect of Exogenous Risks on Stock Markets // Physica A: Statistical Mechanics and its Applications. – 2021. – Vol. 568. – Art. 125587. – DOI: 10.1016/j.physa.2020.125587. [Online]. – Available at: https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0378437120308852 {in English}

10. Rubin G.D., Patel B.N. Financial Forecasting and Stochastic Modeling: Forecasting the Impact of Business Decisions // Radiology. – 2017. – Vol. 283. – No. 2. – DOI: 10.1148/radiol.2017161800. [Online]. – Available at: https://pubs.rsna.org/doi/full/10.1148/radiol.2017161800 {in English}

DOI: 10.32347/2076-815X.2026.92.377-389
УДК 005.8:658.5:330.46
Бованенко Д.О.,
7860114@gmail.com, ORCID: 0009-0001-2774-9711,
Київський національний університет будівництва і архітектури

ФОРМУВАННЯ БАГАТОРІВНЕВИХ СТРУКТУРНО-АНАЛІТИЧНИХ МОДЕЛЕЙ ОЦІНЮВАННЯ ВПЛИВУ НЕСТАБІЛЬНОСТІ РЕСУРСНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ НА ЕФЕКТИВНІСТЬ РЕАЛІЗАЦІЇ ПРОЄКТІВ

Зростання рівня невизначеності у проєктно-орієнтованих системах актуалізує необхідність удосконалення підходів до оцінювання ефективності реалізації проєктів з урахуванням нестабільності ресурсного забезпечення. Ресурси в сучасних умовах функціонування розглядаються як динамічні потоки, що характеризуються варіативністю обсягів, часовими лагами, коливаннями вартості та якісними змінами. Така нестабільність формує складну систему впливів, які трансформуються у відхилення ключових параметрів проєкту.

Формування багаторівневих структурно-аналітичних моделей дозволяє інтегрувати ресурсні, процесні, управлінські та результативні аспекти у єдину систему аналізу. Це забезпечує можливість врахування нелінійних залежностей, ефектів накопичення відхилень і взаємодії підсистем. Використання функціональних залежностей, матриць чутливості та адаптивних механізмів управління сприяє підвищенню точності оцінювання впливу нестабільності ресурсного середовища.

Застосування структурної декомпозиції дозволяє ідентифікувати ключові джерела нестабільності та визначити канали її трансформації в межах проєктної системи. Впровадження моделей зі зворотним зв'язком створює передумови для адаптивного управління, орієнтованого на мінімізацію відхилень і підвищення стійкості проєкту.

Комплексне використання багаторівневих моделей забезпечує підвищення обґрунтованості управлінських рішень, оптимізацію ресурсного забезпечення та досягнення стабільних результатів реалізації проєктів в умовах динамічної невизначеності.

Ключові слова: нестабільність ресурсів; структурно-аналітичні моделі; управління проєктами; ефективність проєкту; адаптивне управління; системний аналіз; ресурсне забезпечення; динамічні системи.

Постановка проблеми: У сучасних умовах реалізації проєктів зростає вплив факторів невизначеності, серед яких нестабільність ресурсного

забезпечення займає ключове місце. Варіативність доступності ресурсів, затримки їх надходження, зміни вартості та якості створюють передумови для виникнення відхилень від запланованих параметрів проєкту. Це призводить до порушення строків виконання, перевищення бюджету та зниження якості кінцевих результатів.

Традиційні підходи до управління проєктами базуються на статичних моделях і лінійних залежностях, які не враховують складний характер взаємодії між ресурсними, процесними та управлінськими підсистемами. У результаті такі моделі виявляються недостатніми для адекватного відображення реальних умов функціонування проєктних систем. Особливої актуальності набуває проблема ідентифікації механізмів трансформації нестабільності ресурсів у результативні відхилення, а також визначення ступеня чутливості проєкту до цих змін. Відсутність комплексних моделей, здатних інтегрувати різні аспекти функціонування системи, обмежує можливості ефективного управління. У зв'язку з цим виникає потреба у формуванні багаторівневих структурно-аналітичних моделей, які забезпечують системне оцінювання впливу нестабільності ресурсного забезпечення та створюють основу для підвищення ефективності реалізації проєктів.

Метою статті є формування теоретико-методичних засад побудови багаторівневих структурно-аналітичних моделей оцінювання впливу нестабільності ресурсного забезпечення на ефективність реалізації проєктів. Досягнення мети передбачає визначення сутності нестабільності ресурсів як динамічного багатовимірного явища; обґрунтування доцільності структурної декомпозиції проєктної системи; формалізацію взаємодії ресурсної, процесної, управлінської та результативної підсистем; а також розроблення підходів до оцінювання чутливості проєкту до змін ресурсного середовища.

Аналіз останніх досліджень і публікацій: Проблематика впливу нестабільності ресурсного забезпечення на ефективність реалізації проєктів активно досліджується у сучасній науковій літературі. Значна увага приділяється питанням управління невизначеністю, оптимізації ресурсного забезпечення та підвищення стійкості проєктних систем. У наукових працях підкреслюється, що ресурси мають розглядатися як динамічні змінні, які формують складну систему взаємозалежностей і впливають на всі етапи життєвого циклу проєкту.

Дослідники акцентують увагу на необхідності застосування системного підходу, який дозволяє враховувати взаємодію різних підсистем проєкту та їх реакцію на зовнішні та внутрішні збурення. У цьому контексті важливими є роботи, присвячені використанню математичного моделювання, аналізу чутливості та побудові адаптивних систем управління.

Окремий напрям досліджень пов'язаний із застосуванням структурно-аналітичних моделей, що забезпечують декомпозицію проєктної системи на взаємопов'язані елементи. Такий підхід дозволяє ідентифікувати джерела нестабільності та визначити механізми її трансформації через процесні та управлінські підсистеми. Особлива увага приділяється аналізу нелінійних ефектів, зокрема кумулятивного накопичення відхилень і каскадного поширення збурень.

Виклад основної інформації: У сучасних умовах функціонування проєктно-орієнтованих організацій ефективність реалізації проєктів дедалі більше визначається не лише якістю планування, а й здатністю системи адаптуватися до динамічних змін ресурсного середовища. Нестабільність ресурсного забезпечення виступає одним із ключових факторів, що формує відхилення від запланованих параметрів проєкту, зокрема строків виконання, вартості та якості результатів. При цьому ресурси доцільно розглядати не як статичні обмеження, а як стохастично-детерміновані потоки, що змінюються під впливом зовнішніх і внутрішніх збурень.

З наукової точки зору, нестабільність ресурсного забезпечення являє собою багатовимірне явище, яке охоплює варіативність обсягів, часову нерівномірність надходження, коливання вартості та невизначеність якості ресурсів. Такі характеристики формують складну систему впливів, що трансформуються у процесні порушення, управлінські дисбаланси та результативні відхилення. У цьому контексті проєкт доцільно інтерпретувати як відкриту динамічну систему, стан якої визначається взаємодією ресурсних, процесних та управлінських компонентів [1].

Класичні підходи до управління проєктами, засновані на лінійних моделях планування, виявляються недостатніми для адекватного опису поведінки системи в умовах високої невизначеності. Це обумовлює необхідність переходу до структурно-аналітичного підходу, який дозволяє враховувати нелінійний характер залежностей, ефекти накопичення відхилень, а також вплив часових лагів і зворотних зв'язків. У межах такого підходу нестабільність ресурсів розглядається як інтегрований параметр системи, що формує її динамічну траєкторію розвитку.

Для формалізації зазначених положень доцільно представити загальну функціональну залежність результативності проєкту від параметрів ресурсного середовища, процесного стану та управлінських впливів у вигляді узагальненого багатофакторного функціоналу:

$$R(t) = F\big(A_r(t), L_r(t), \Sigma_r(t), P(t), U(t), \Psi(t)\big), \qquad (1)$$

де R(t) — вектор інтегральних показників результативності проєкту, $A_r(t)$ — вектор доступності ресурсів, $L_r(t)$ — вектор часових лагів ресурсного забезпечення, $\Sigma_r(t)$ — матриця варіацій та коваріацій ресурсних потоків, P(t) — стан процесної підсистеми, U(t) — управлінські впливи, Ψ(t) — вектор зовнішніх збурень.

Запропонована модель відображає багаторівневий характер взаємодії елементів системи та дозволяє враховувати як прямі, так і опосередковані впливи нестабільності ресурсів. Важливою особливістю є включення матриці коваріацій, що забезпечує можливість аналізу взаємозалежності різних типів ресурсів і їх сукупного впливу на результати проєкту [2].

З метою більш глибокого аналізу доцільно розглянути динаміку зміни результативних параметрів у часі через диференціальну форму представлення:

$$\frac{dR(t)}{dt} = J_r(t) \times \frac{dX_r(t)}{dt} + J_p(t) \times \frac{dP(t)}{dt} + J_u(t) \times \frac{dU(t)}{dt}, \quad (2)$$

де $J_r(t)$,$J_p(t)$,$J_u(t)$ — матриці чутливості відповідно до ресурсних, процесних та управлінських параметрів, $X_r(t)$ — узагальнений вектор характеристик ресурсної нестабільності.

Це представлення дозволяє інтерпретувати проєкт як систему з розподіленими параметрами, у якій зміни в одній підсистемі можуть викликати каскадні ефекти в інших.

Концептуально важливим є врахування нелінійності впливу нестабільності ресурсного забезпечення. Незначні флуктуації на початкових етапах реалізації проєкту можуть призводити до суттєвих відхилень на завершальних стадіях, що пояснюється ефектами накопичення та підсилення збурень. У зв’язку з цим доцільно вводити узагальнений показник інтенсивності нестабільності:

$$I_r(t) = \int_0^t \| A_r(\tau) - \overline{A}_r \|^2 + \lambda \times \| L_r(\tau) \|^2 \, d\tau, \quad (3)$$

де $\overline{A}_r$ — середній рівень доступності ресурсів, λ — коефіцієнт вагомості часових лагів.

Цей показник дозволяє оцінити сумарний вплив нестабільності на часовому горизонті реалізації проєкту.

З метою наочного відображення взаємозв’язків між ключовими елементами системи доцільно представити структурно-функціональну модель, яка демонструє трансформацію ресурсних збурень у результативні відхилення через процесні та управлінські механізми [3].

Для систематизації логіки впливу нестабільності ресурсного забезпечення на параметри реалізації проєкту доцільно представити рисунок 1, який відображає ключові підсистеми, канали взаємодії та напрямки трансформації збурень.

Поглиблення дослідження впливу нестабільності ресурсного забезпечення на ефективність реалізації проєктів потребує переходу від узагальненого системного опису до формалізованого представлення внутрішньої структури проєкту. У цьому контексті ключового значення набуває структурна декомпозиція, яка дозволяє розглядати проєкт як сукупність взаємопов'язаних підсистем, між якими відбувається передача ресурсних, інформаційних та управлінських впливів .

З позицій структурно-аналітичного підходу доцільно виокремити чотири базові підсистеми: ресурсну, процесну, управлінську та результативну. Такий поділ забезпечує можливість локалізації джерел нестабільності, ідентифікації каналів її трансформації та оцінювання впливу на кінцеві параметри проєкту. Водночас важливо підкреслити, що зазначені підсистеми функціонують не ізольовано, а в умовах постійної взаємодії, що формує складну мережу причинно-наслідкових залежностей.

Рис. 1. Структурно-функціональна модель впливу нестабільності ресурсного забезпечення на реалізацію проєкту *(розроблено автором)*

Ресурсна підсистема виступає первинним генератором нестабільності, оскільки саме на цьому рівні виникають коливання доступності, вартості та своєчасності постачання ресурсів. У рамках структурно-аналітичної моделі ресурси доцільно інтерпретувати як потоки з варіаційними характеристиками,

що включають як детерміновані, так і стохастичні компоненти. Нестабільність ресурсів у цьому випадку набуває форми збурювального сигналу, який надходить у систему.

Процесна підсистема виконує функцію трансляції ресурсних збурень у часові та технологічні відхилення. Особливістю цього етапу є нелінійний характер перетворення: навіть незначні відхилення у ресурсному забезпеченні можуть призводити до значних порушень у графіках виконання робіт через ефект «ланцюгових затримок». Це пояснюється наявністю залежностей між операціями, обмеженнями критичного шляху та високою чутливістю до часових лагів.

Управлінська підсистема виступає адаптаційним механізмом, що визначає здатність проєкту реагувати на нестабільність. Саме на цьому рівні реалізуються рішення щодо перерозподілу ресурсів, корекції планів, введення резервів та зміни пріоритетів. Ефективність управлінських дій визначає, чи буде нестабільність компенсована, чи, навпаки, призведе до накопичення негативних ефектів. [4]

Результативна підсистема відображає інтегральні наслідки функціонування попередніх елементів і характеризується показниками строків, вартості, якості та стійкості реалізації проєкту. Вона є своєрідним індикатором ефективності всієї системи.

З метою систематизації характеристик підсистем та їх реакції на нестабільність ресурсного забезпечення доцільно узагальнити відповідні параметри у таблиці 1.

Таблиця 1.

Структурна характеристика підсистем проєкту в умовах нестабільності ресурсного забезпечення *(розроблено автором)*

Підсистема	**Ключові параметри**	**Прояви нестабільності**	**Аналітичні наслідки**
Ресурсна	Обсяг, доступність, вартість, надійність	Дефіцит, затримки, коливання вартості	Формування первинних збурень
Процесна	Тривалість робіт, залежності, критичний шлях	Зсуви графіків, простої	Кумулятивні затримки
Управлінська	Планування, резервування, адаптація	Несвоєчасні рішення	Підсилення або компенсація ефектів
Результативна	Строки, вартість, якість, стійкість	Перевитрати, відхилення	Зниження ефективності

Аналітичне представлення взаємодії підсистем доцільно здійснювати через систему операторів впливу, що відображають передачу нестабільності між рівнями. У цьому випадку структурно-аналітична модель набуває вигляду

багаторівневої системи, де кожна підсистема трансформує вхідні сигнали відповідно до власних функціональних характеристик.

Особливу увагу слід приділити ефектам нелінійності та взаємного підсилення збурень. У складних проєктних системах спостерігається явище кумулятивного накопичення відхилень, коли початкові порушення в ресурсному забезпеченні, проходячи через процесну та управлінську підсистеми, призводять до значного погіршення результативних показників. Це обумовлює необхідність ідентифікації так званих «критичних вузлів» — елементів системи, в яких вплив нестабільності є максимальним [5].

З метою виявлення таких вузлів доцільно використовувати підхід матричного аналізу впливів, що дозволяє оцінити силу взаємозв'язків між підсистемами. Це створює передумови для формування ефективних стратегій управління, спрямованих на мінімізацію негативних наслідків нестабільності ресурсного забезпечення.

Для наочного відображення механізму трансформації нестабільності ресурсного забезпечення через основні підсистеми проєкту доцільно представити рисунок 2.

Рис. 2. Структурно-аналітична модель взаємодії підсистем проєкту в умовах нестабільності ресурсного забезпечення *(розроблено автором)*

Структурна декомпозиція проєкту є фундаментальним етапом побудови структурно-аналітичної моделі, оскільки вона забезпечує перехід від загального опису системи до формалізованого аналізу внутрішніх взаємозв'язків. Запропонований підхід дозволяє не лише ідентифікувати джерела нестабільності, але й визначити механізми її трансформації та впливу на результати реалізації проєкту.

Логічним продовженням побудови структурно-аналітичної моделі є дослідження реакції проєктної системи на змінність ресурсного середовища, що реалізується через аналіз чутливості та формування адаптивних механізмів управління. На цьому етапі нестабільність ресурсного забезпечення розглядається не лише як джерело відхилень, а як керований параметр, вплив якого може бути зменшений або компенсований за рахунок ефективних управлінських рішень [6].

Чутливість проєкту до нестабільності ресурсів визначається як міра зміни результативних показників у відповідь на варіації параметрів ресурсного забезпечення. При цьому принципово важливим є врахування динамічного характеру цього процесу: вплив нестабільності є нерівномірним у часі та залежить від фази життєвого циклу проєкту. Зокрема, на ранніх етапах незначні збурення можуть мати латентний характер, тоді як на завершальних стадіях вони здатні проявлятися у вигляді суттєвих перевитрат або затримок.

У межах сформованого підходу доцільно описувати динаміку проєкту як систему станів, що змінюються під впливом ресурсних та управлінських факторів. Це дозволяє врахувати складну взаємодію між підсистемами та формалізувати процес адаптації системи до змін середовища. Особливу роль при цьому відіграють механізми зворотного зв'язку, які забезпечують коригування управлінських рішень на основі фактичного стану проєкту [7].

З метою формалізації адаптивного управління доцільно представити узагальнену модель із зворотним зв'язком, яка враховує відхилення фактичного стану системи від запланованого:

$$x(t+1) = F\big(x(t), \xi r(t)\big) + K\big(x^*(t) - x(t)\big), \tag{4}$$

де x(t) — вектор фактичного стану проєкту, $x^*(t)$ — цільовий (плановий) стан, $\xi_r(t)$ — вектор нестабільності ресурсного забезпечення, K — матриця адаптивного управління, F(·) — оператор динаміки системи.

Запропонована залежність відображає ключову ідею адаптивного управління: управлінські впливи формуються як функція відхилення системи від бажаного стану, що дозволяє мінімізувати негативні наслідки нестабільності ресурсів.

З метою ідентифікації критичних ресурсів та визначення специфіки їх впливу на функціонування проєктної системи доцільно узагальнити типи ресурсів, характер їх нестабільності та відповідні типи чутливості у вигляді таблиці 2 [8].

Отримана класифікація дозволяє не лише ідентифікувати найбільш критичні ресурси, але й обґрунтувати диференційовані підходи до управління нестабільністю залежно від її природи.

Таблиця 2.

Класифікація чутливості проєкту до нестабільності ресурсного забезпечення *(розроблено автором)*

Тип ресурсу	**Характер нестабільності**	**Канал впливу**	**Тип чутливості**
Матеріальні	Дефіцит, затримки постачання	Процесна підсистема	Кумулятивна
Фінансові	Коливання вартості, неритмічність	Управлінська підсистема	Системна
Трудові	Плинність, рівень кваліфікації	Виконання робіт	Нелінійна
Інформаційні	Затримки, асиметрія	Прийняття рішень	Латентна

Важливим елементом адаптивного управління є оцінка ефективності впроваджених механізмів зворотного зв'язку. У цьому контексті доцільно розглядати систему як таку, що прагне мінімізувати відхилення від запланованої траєкторії розвитку. Це означає, що ефективність управління визначається здатністю системи зберігати стійкість навіть за умов значної нестабільності ресурсного середовища [9].

Для узагальнення логіки адаптивного управління та відображення механізму трансформації ресурсної нестабільності у керовані відхилення доцільно представити рисунок 3.

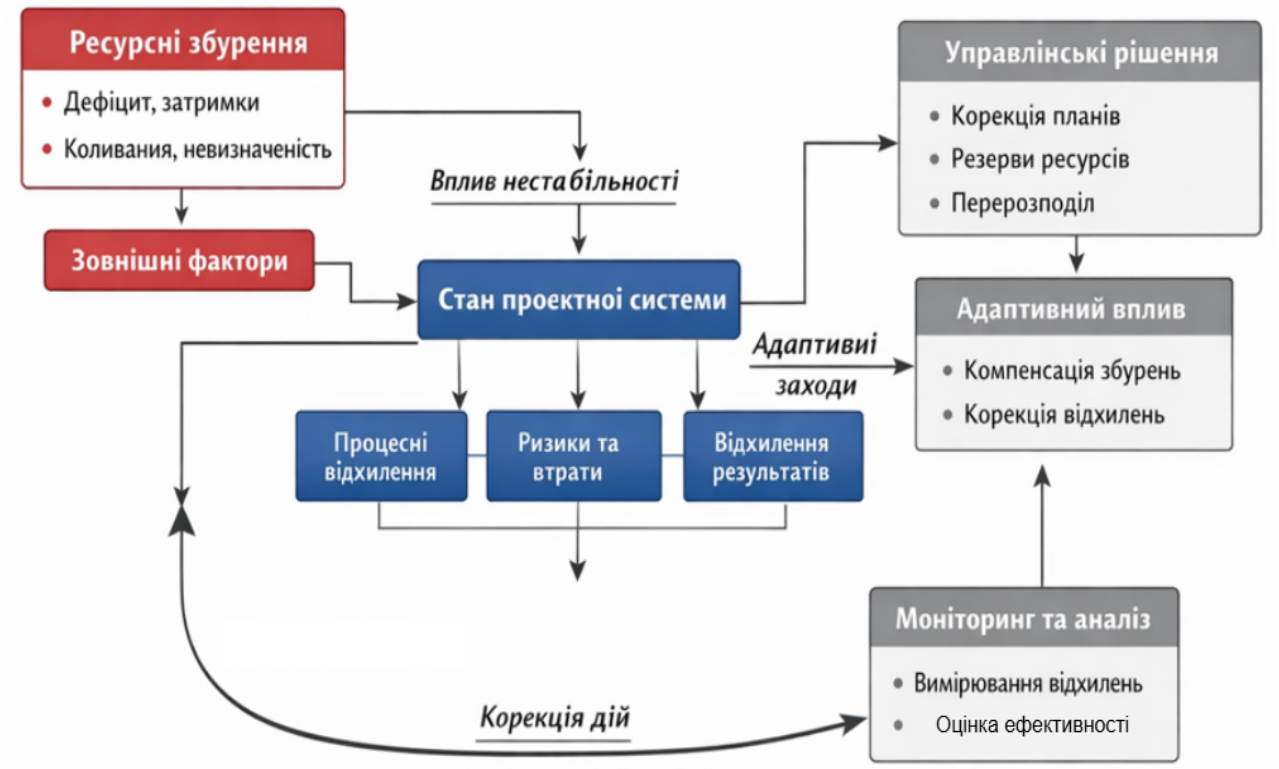


Рис. 3. Адаптивна структурно-аналітична модель управління проєктом в умовах нестабільності ресурсного забезпечення *(розроблено автором на основі [9])*

Моделювання чутливості та впровадження адаптивних механізмів управління дозволяє перейти від пасивного реагування на нестабільність ресурсного забезпечення до активного формування стійкості проєктної системи. Використання зворотного зв'язку, диференційованих стратегій управління ресурсами та динамічних моделей забезпечує підвищення ефективності реалізації проєктів навіть в умовах високої невизначеності та мінливості зовнішнього середовища [10].

Висновок

Узагальнення теоретичних положень і результатів аналізу дозволяє визначити, що нестабільність ресурсного забезпечення є одним із ключових факторів, який формує динаміку та результативність реалізації проєктів. Ресурсне середовище характеризується багатовимірністю, варіативністю та наявністю стохастичних і детермінованих компонентів, що зумовлює складний характер його впливу на параметри проєкту.

Формування багаторівневих структурно-аналітичних моделей забезпечує системне відображення взаємодії ресурсної, процесної, управлінської та результативної підсистем. Такий підхід дозволяє враховувати нелінійні залежності, ефекти накопичення відхилень і взаємне підсилення збурень, що є характерними для складних проєктних систем. Використання структурної декомпозиції сприяє ідентифікації джерел нестабільності та визначенню каналів її трансформації. Застосування моделей чутливості та адаптивного управління зі зворотним зв'язком створює можливість переходу від реактивного до проактивного управління проєктами. Це дозволяє своєчасно виявляти критичні відхилення, коригувати управлінські рішення та мінімізувати негативні наслідки нестабільності ресурсного забезпечення.

Література

1. Козак А.А. Інтегроване управління потоками інвестиційних будівельних проектів: цифрові сценарії, мультикритеріальна оптимізація та організаційно структурна адаптація; монографія / А.А. Козак; Київ. нац. ун-т буд-ва і архіт. — Київ; КНУБА, 2025. — 249 с.; іл. - Бібліогр.; с. 228-249. URI: https://repositary.knuba.edu.ua/handle/123456789/18378

2. БОЖАНОВА, О., & ШЕПЕЛЕНКО, С. (2025). ОЦІНКА РИЗИКІВ ДІЯЛЬНОСТІ ОФІСУ УПРАВЛІННЯ ПРОЄКТАМИ НА ПІДПРИЄМСТВАХ В УМОВАХ НЕСТАБІЛЬНОСТІ. *Herald of Khmelnytskyi National University. Economic Sciences*, *348*(6), 260-266. https://doi.org/10.31891/2307-5740-2025-348-6-37

3. Kasumov T.A. Modern Approaches to Assessing the Effectiveness of Business Process Diversification in Unstable Economic Conditions // *Actual*

Problems in Economics. – 2024. – No. 1 (276). – P. 34–44. DOI: 10.32752/1993-6788-2024-1-276-34-44

4. Миргород В.В. Оцінка намірів та оцінка результативності: основні критерії оцінки ефективності реалізації проєктів МТД в Україні // Право. UA. 2023. №2. С. 300-308. DOI: 10.32782/LAW.UA.2023.2.38. URI: https://essuir.sumdu.edu.ua/handle/123456789/97163

5. КОРБУТ, С. (2026). АРХІТЕКТОНІКА МЕХАНІЗМУ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЕКОНОМІЧНОЇ БЕЗПЕКИ ПІДПРИЄМСТВА БУДІВЕЛЬНОЇ ГАЛУЗІ В УМОВАХ ГЛОБАЛЬНИХ ВИКЛИКІВ. *Herald of Khmelnytskyi National University. Economic Sciences*, *352*(2), 176-182. https://doi.org/10.31891/2307-5740-2026-352-21

6. Розвиток промислових підприємств в умовах суспільної нестабільності: ресурсно-інноваційні чинники. (Особливості організаційного процесу забезпечення ефективності економічних реформ в умовах Європейської адаптації суб'єктів господарювання) / Богдан Миколайович Андрушків, Роман Петрович Шерстюк, Наталія Богданівна Кирич, Ольга Богданівна Погайдак // Галицький економічний вісник. — Т.; ТНТУ, 2017. — Том 52. — № 1. — С. 32–44. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://elartu.tntu.edu.ua/handle/lib/22944

7. Ющук А.О. Бізнес-планування діяльності організації в умовах нестабільності зовнішнього середовища: кваліфікаційна робота за спеціальністю 073 «Менеджмент». – Тернопіль: Західноукраїнський національний університет, 2025. – 55 с. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://api.dspace.wunu.edu.ua/api/core/bitstreams/3cda0cb6-5a32-438a-a860-481bb2a553c7/content

8. ЧУПРИНА, І. (2025). Концептуальні принципи управління знаннями в інтегрованих системах реалізації будівельних проектів. *Шляхи підвищення ефективності будівництва* , *2* (56), 105–117. https://doi.org/10.32347/2707-501x.2025.56(2).105-117

9. ШЕСТАКОВСЬКА, Т., ЯРОВОЙ, Т., & ГАВРИЛЕЧКО, Ю. (2024). МЕТОДОЛОГІЯ УПРАВЛІННЯ ПРОЕКТАМИ ГРАНТОВОЇ ДІЯЛЬНОСТІ ДЛЯ ІНКЛЮЗИВНОГО РОЗВИТКУ: ІННОВАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ ТА ВИКЛИКИ НАЦІОНАЛЬНОЇ БЕЗПЕКИ. *Herald of Khmelnytskyi National University. Economic Sciences*, *336*(6), 706-712. https://doi.org/10.31891/2307-5740-2024-336-106

10. Основи менеджменту і маркетингу; навчальний посібник / Г.М. Рижакова, В.Б. Яковенко, І.С. Івахненко [та ін.] ; Київ. нац. ун-т буд-ва і архіт. – Київ; КНУБА, 2024. – 176 с. - Бібліогр.; 170 - 175. URI: https://repositary.knuba.edu.ua/handle/123456789/13636

Bovanenko Dmytro,
Kyiv National University of Construction and Architecture, Kyiv

FORMATION OF MULTI-LEVEL STRUCTURAL AND ANALYTICAL MODELS FOR ASSESSING THE IMPACT OF RESOURCE SUPPLY INSTABILITY ON PROJECT IMPLEMENTATION EFFICIENCY

The increasing level of uncertainty in project-oriented systems necessitates the improvement of approaches to evaluating project implementation efficiency, taking into account the instability of resource supply. In modern conditions, resources are considered as dynamic flows characterized by variability in volumes, time lags, cost fluctuations, and qualitative changes. Such instability forms a complex system of influences that transform into deviations in key project parameters.

The formation of multi-level structural and analytical models enables the integration of resource, process, managerial, and performance aspects into a unified analytical system. This ensures consideration of nonlinear relationships, cumulative deviation effects, and subsystem interactions. The use of functional dependencies, sensitivity matrices, and adaptive management mechanisms enhances the accuracy of assessing the impact of resource instability.

The application of structural decomposition allows for the identification of key sources of instability and the determination of channels through which it is transformed within the project system. The implementation of feedback-based models creates the foundation for adaptive management aimed at minimizing deviations and increasing project resilience.

The comprehensive application of multi-level models improves the validity of managerial decisions, optimizes resource allocation, and ensures stable project outcomes under conditions of dynamic uncertainty.

Keywords: resource instability; structural and analytical models; project management; project efficiency; adaptive management; systems analysis; resource supply; dynamic systems.

REFERENCES

1. Kozak A.A. *Integrated Management of Investment Construction Project Flows: Digital Scenarios, Multicriteria Optimization and Organizational-Structural Adaptation: Monograph*. – Kyiv: Kyiv National University of Construction and Architecture, 2025. – 249 p. [Online]. – Available at: https://repositary.knuba.edu.ua/handle/123456789/18378 {in Ukrainian}

2. Bozhanova O., Shepelenko S. Risk Assessment of Project Management Office Activities at Enterprises under Conditions of Instability // *Herald of*

Khmelnytskyi National University. Economic Sciences. – 2025. – Vol. 348. – No. 6. – P. 260–266. DOI: 10.31891/2307-5740-2025-348-6-37 {in Ukrainian}

3. Kasumov T.A. Modern Approaches to Assessing the Effectiveness of Business Process Diversification in Unstable Economic Conditions // *Actual Problems in Economics*. – 2024. – No. 1 (276). – P. 34–44. DOI: 10.32752/1993-6788-2024-1-276-34-44 {in English}

4. Myrhorod V.V. Assessment of Intentions and Performance Evaluation: Key Criteria for Evaluating the Effectiveness of International Technical Assistance Projects in Ukraine // *Law. UA*. – 2023. – No. 2. – P. 300–308. DOI: 10.32782/LAW.UA.2023.2.38. [Online]. – Available at: https://essuir.sumdu.edu.ua/handle/123456789/97163 {in Ukrainian}

5. Korbut S. Architectonics of the Mechanism for Ensuring Economic Security of Construction Enterprises under Global Challenges // *Herald of Khmelnytskyi National University. Economic Sciences*. – 2026. – Vol. 352. – No. 2. – P. 176–182. DOI: 10.31891/2307-5740-2026-352-21 {in Ukrainian}

6. Andrushkiv B.M., Sherstiuk R.P., Kyrych N.B., Pohaidak O.B. Development of Industrial Enterprises under Conditions of Social Instability: Resource and Innovation Factors // *Galician Economic Bulletin*. – 2017. – Vol. 52. – No. 1. – P. 32–44. [Online]. – Available at: https://elartu.tntu.edu.ua/handle/lib/22944 {in Ukrainian}

7. Yushchuk A.O. Business Planning of Organizational Activities under Conditions of External Environment Instability: Qualification Thesis in Specialty 073 “Management”. – Ternopil: West Ukrainian National University, 2025. – 55 p. [Online]. – Available at: https://api.dspace.wunu.edu.ua/api/core/bitstreams/3cda0cb6-5a32-438a-a860-481bb2a553c7/content {in Ukrainian}

8. Chupryna I. Conceptual Principles of Knowledge Management in Integrated Systems of Construction Project Implementation // *Ways to Improve Construction Efficiency*. – 2025. – Vol. 2 (56). – P. 105–117. DOI: 10.32347/2707-501x.2025.56(2).105-117 {in Ukrainian}

9. Shestakovska T., Yarovoi T., Havrylechko Yu. Methodology of Project Management of Grant Activities for Inclusive Development: Innovative Technologies and National Security Challenges // *Herald of Khmelnytskyi National University. Economic Sciences*. – 2024. – Vol. 336. – No. 6. – P. 706–712. DOI: 10.31891/2307-5740-2024-336-106 {in Ukrainian}

10. Ryzhakova H.M., Yakovenko V.B., Ivakhnenko I.S. et al. *Fundamentals of Management and Marketing: Study Guide*. – Kyiv: Kyiv National University of Construction and Architecture, 2024. – 176 p. [Online]. – Available at: https://repositary.knuba.edu.ua/handle/123456789/13636 {in Ukrainian}

DOI: 10.32347/2076-815X.2026.92.390-402
УДК 69.003:658.7:004.9

Іванина О.М.,
Olexandija@i.ua, ORCID: 0009-0007-1203-4792,
Київський національний університет будівництва і архітектури

РОЗРОБЛЕННЯ ТА ВПРОВАДЖЕННЯ ЦИФРОВО-ОРІЄНТОВАНИХ МЕХАНІЗМІВ УПРАВЛІННЯ ЛОГІСТИКОЮ ПОСТАЧАННЯ МАТЕРІАЛІВ У ПРОМИСЛОВОМУ БУДІВНИЦТВІ

Цифровізація будівельної галузі формує нові вимоги до організації логістики постачання матеріалів, що безпосередньо впливає на ефективність реалізації промислових будівельних проєктів. Зростання масштабів будівництва, складності ланцюгів постачання та кількості учасників процесу зумовлює необхідність переходу до цифрово-орієнтованих механізмів управління.

Застосування сучасних цифрових технологій, зокрема інформаційних систем управління, інструментів моніторингу, аналітики даних і автоматизації процесів, дозволяє підвищити точність планування, забезпечити прозорість логістичних операцій і мінімізувати ризики затримок у постачанні. Важливим аспектом є інтеграція інформаційних потоків між усіма учасниками логістичного ланцюга, що сприяє узгодженості дій і підвищенню оперативності прийняття рішень.

Формування цифрово-орієнтованих механізмів управління логістикою передбачає поєднання технологічних рішень із аналітичними підходами, що забезпечує адаптивність системи до змін умов реалізації проєктів. У результаті впровадження таких механізмів досягається оптимізація витрат, підвищення ефективності використання ресурсів і покращення координації між учасниками будівельного процесу.

Ключові слова: логістика постачання; цифрові технології; промислове будівництво; управління ланцюгами постачання; інформаційні системи; цифрова трансформація; оптимізація ресурсів; бізнес-процеси.

Постановка проблеми: Сучасний розвиток промислового будівництва характеризується зростанням масштабів проєктів, ускладненням технологічних процесів та підвищенням вимог до строків і якості виконання робіт. У цих умовах ефективність логістики постачання матеріалів набуває вирішального значення, оскільки від своєчасності та узгодженості поставок залежить безперервність будівельного процесу.

Традиційні підходи до управління логістикою часто не забезпечують належного рівня координації між учасниками ланцюга постачання, що призводить до затримок, перевитрат ресурсів і зниження ефективності проєктів. Особливо гострою є проблема недостатньої інтеграції інформаційних потоків, що ускладнює оперативне прийняття управлінських рішень.

Метою статті є обґрунтування теоретичних і прикладних засад розроблення та впровадження цифрово-орієнтованих механізмів управління логістикою постачання матеріалів у промисловому будівництві.

Досягнення поставленої мети передбачає вирішення таких завдань: аналіз сучасних підходів до управління логістичними процесами в будівництві; визначення ролі цифрових технологій у підвищенні ефективності постачання матеріалів; дослідження можливостей інтеграції інформаційних систем і аналітичних інструментів; а також формування концептуального підходу до побудови цифрово-орієнтованої системи логістичного управління.

Очікуваним результатом є створення ефективної моделі управління логістикою, що забезпечує оптимізацію ресурсів, узгодженість процесів і підвищення результативності будівельної діяльності.

Аналіз останніх досліджень і публікацій: Питання управління логістикою постачання матеріалів у будівництві активно досліджується у сучасній науковій літературі, зокрема в контексті підвищення ефективності реалізації проєктів і оптимізації використання ресурсів. Значна увага приділяється розвитку концепцій управління ланцюгами постачання, які передбачають координацію діяльності всіх учасників процесу та інтеграцію матеріальних і інформаційних потоків. У наукових працях підкреслюється важливість застосування системного підходу до організації логістичних процесів, що дозволяє враховувати взаємозв’язки між різними елементами ланцюга постачання. Дослідники акцентують увагу на необхідності використання методів оптимізації, моделювання та прогнозування для підвищення ефективності логістичних рішень.

Виклад основної інформації: Сучасна трансформація промислового будівництва супроводжується якісною зміною ролі логістичних процесів, які з операційно-допоміжної підсистеми перетворюються на ключовий фактор забезпечення ритмічності, безперервності та економічної ефективності реалізації проєктів. Ускладнення виробничих структур, зростання кількості взаємозалежних постачальницьких ланцюгів і підвищення чутливості до часових відхилень зумовлюють необхідність переходу до інтегрованих цифрових моделей управління матеріальними потоками.

Цифрово-орієнтоване управління логістикою постачання доцільно розглядати як багаторівневу динамічну систему, що функціонує на основі

безперервного обміну даними між інформаційними, аналітичними та операційними підсистемами. У такій системі матеріальні потоки набувають цифрового відображення, що дозволяє не лише фіксувати їх стан, але й здійснювати прогнозування, сценарний аналіз та адаптивне коригування логістичних рішень.

Архітектура цифрової логістичної системи формується шляхом інтеграції декількох взаємодоповнюючих технологічних контурів. Просторово-часове моделювання об'єкта будівництва забезпечує узгодження матеріальних потреб із фазами реалізації проєкту. Ресурсно-управлінський контур відповідає за облік, планування та оптимізацію використання матеріальних і фінансових ресурсів. Логістично-координаційний контур забезпечує синхронізацію потоків постачання та маршрутизацію. Сенсорний контур реалізує функцію збору даних у реальному часі щодо стану матеріальних потоків. Аналітичний контур, у свою чергу, виконує функцію інтелектуальної обробки інформації, оцінки ризиків і формування управлінських впливів.

Взаємодія зазначених контурів формує замкнуту кіберфізичну систему управління логістикою, у межах якої кожен елемент постачання інтегрується в єдиний інформаційний простір. Це дозволяє забезпечити високий рівень узгодженості між виробничими процесами та матеріально-технічним забезпеченням, що є критичним для складних промислових об'єктів [1].

Суттєвою характеристикою цифрової логістичної системи є її здатність до адаптивної самоорганізації. У цьому контексті управління логістикою постачання набуває ознак нелінійної динамічної системи, поведінка якої визначається не лише поточними параметрами, але й накопиченими даними, трендами та ймовірнісними сценаріями розвитку подій. Це дозволяє перейти від реактивної до проактивної моделі управління, де рішення приймаються з урахуванням прогнозованих відхилень.

Формалізація ефективності функціонування цифрово-орієнтованої логістичної системи може бути представлена у вигляді інтегральної багатофакторної залежності [2]:

$$E_{log} = \int_0^T \left[\alpha \times \frac{I(t) \times A(t)}{1+R(t)} + \beta \times \frac{V(t)}{1+D(t)}\right] \times e^{-\gamma \times \sigma(t)}\, dt, \qquad (1)$$

де E_{log} — інтегральна ефективність логістичної системи за період T, I(t) — рівень інтеграції інформаційних потоків у момент часу t, A(t) — аналітична спроможність системи (точність прогнозування, глибина обробки даних), R(t) — рівень логістичних ризиків, V(t) — швидкість управлінської реакції, D(t) — затримки у прийнятті та реалізації рішень, σ(t) — варіативність або

нестабільність середовища, α,β,γ — вагові коефіцієнти впливу відповідних факторів [3].

Запропонована модель відображає нелінійний характер впливу ключових параметрів на ефективність логістичної системи та враховує часову динаміку процесів. Зокрема, зростання рівня інтеграції та аналітичної спроможності сприяє підвищенню ефективності, тоді як ризики, затримки та нестабільність середовища мають демпфуючий ефект.

Для узагальнення концептуальної архітектури цифрової логістики доцільно представити рисунок 1, який відображає взаємодію інформаційних, аналітичних та операційних компонентів системи [4].

Рис. 1. Структурно-функціональна модель цифрово-орієнтованої системи управління логістикою постачання матеріалів *(розроблено автором на основі [5])*

Цифрово-орієнтоване управління логістикою постачання матеріалів у промисловому будівництві являє собою складну багаторівневу систему, що поєднує інформаційні технології, аналітичні інструменти та механізми адаптивного управління.

Поглиблення цифровізації логістичних процесів у промисловому будівництві зумовлює необхідність переходу від описових підходів до формалізованого моделювання, що дозволяє кількісно оцінювати ефективність управління матеріальними потоками, прогнозувати ризики та оптимізувати параметри функціонування логістичної системи. У цьому контексті цифрово-орієнтована логістика постачання розглядається як складна багаторівнева система, у якій інформаційні, матеріальні та управлінські потоки інтегруються в єдиний аналітичний контур [6].

Ключовим елементом такої системи є інтеграція трьох базових цифрових підсистем: просторово-часового моделювання, ресурсного управління та логістичної координації. Їх взаємодія формує замкнуту систему управління, у якій кожен логістичний процес супроводжується цифровим відображенням, аналітичною оцінкою та відповідним управлінським рішенням. Це дозволяє забезпечити синхронізацію поставок із виробничими графіками та мінімізувати вплив зовнішніх і внутрішніх факторів невизначеності.

У рамках аналітичного забезпечення особливу роль відіграє моделювання адаптивних буферів постачання, які забезпечують стійкість логістичної системи до коливань попиту, затримок транспортування та збоїв у постачанні. На відміну від статичних моделей, у цифровому середовищі буфер постачання розглядається як змінна величина, що залежить від рівня ризику, інтенсивності відхилень та стабільності функціонування системи.

Формалізація адаптивного буфера може бути представлена у вигляді наступної залежності:

$$B(t) = B_0 \times \left(1 + \int_0^t \left[\lambda_1 \times \Delta(t)^\theta + \lambda_2 \times \ln\left(1 + S(t)\right)\right] \times e^{-\mu \times C(t)}\, dt\right), \quad (2)$$

де B(t) — адаптивний буфер постачання у момент часу t, B_0 — базовий рівень буфера, Δ(t) — інтенсивність відхилень у постачанні, S(t) — сила сигнального впливу (ризикові події, тривожні сигнали) , C(t) — стабільність функціонування системи, λ_1,λ_2,μ,θ — параметри чутливості системи.

Дана модель враховує нелінійний характер впливу ризиків та сигналів на величину буфера і дозволяє динамічно коригувати обсяги запасів відповідно до змін середовища.

Не менш важливим аспектом є оцінка логістичної ефективності з урахуванням цифрової прозорості системи. Зростання рівня доступності та якості даних сприяє підвищенню точності управлінських рішень і зниженню рівня невизначеності. Це може бути формалізовано через наступну модель:

$$E(t) = \frac{1}{T} \int_0^T \left[\frac{ln\left(1 + \kappa \times D(t)\right)}{1 + R(t)} \times \left(1 - e^{-\eta \times Q(t)}\right)\right] dt, \quad (2)$$

де E(t) — ефективність логістичної системи, D(t) — рівень цифрової прозорості (обсяг доступних даних), R(t) — рівень ризику, Q(t) — якість аналітичної обробки інформації, κ,η — коефіцієнти масштабування.

Модель відображає, що ефективність зростає логарифмічно зі збільшенням обсягу доступних даних, проте цей ефект обмежується впливом ризиків.

Для комплексної оцінки ризиків у логістичній системі доцільно використовувати багатофакторну ймовірнісну модель, що враховує вплив окремих каналів постачання, критичність подій та їх часову динаміку:

$$R_{int}(t) = \sum_{i=1}^{n}\sum_{j=1}^{m}\left[P_{ij}(t) \times W_{ij} \times e^{-\delta \times \tau_{ij}}\right] \times \left(1 + \xi \times \sigma_{ij}\right), \qquad (3)$$

де $R_{int}(t)$ — інтегральний ризик логістичної системи, $P_{ij}(t)$ — ймовірність виникнення ризику на j-му каналі i-го рівня, Wij — вагомість ризику, τ_{ij} — час до реалізації події, σ_{ij} — варіативність середовища, δ,ξ — коефіцієнти затухання та посилення ризику.

Запропонована модель дозволяє враховувати як часову, так і структурну складність логістичних ризиків, що є особливо важливим у багатоканальних системах постачання [7].

З метою візуалізації аналітичної структури цифрової логістики доцільно представити рисунок 2, який інтегрує процеси збору даних, аналізу та прийняття рішень.

Рис. 2. Функціонально-аналітична модель інтелектуального модуля управління логістикою постачання матеріалів *(розроблено автором на основі [7])*

Для підтвердження ефективності цифрово-орієнтованого підходу доцільно розглянути умовний приклад оцінки зміни буфера постачання. Нехай базовий буфер B_0=100 одиниць, середній рівень відхилень Δ=0,2, сила сигналу S=0,5, стабільність системи C=0,8. При коефіцієнтах λ_1=0,6, λ_2=0,4, μ=0,5, θ=1,5 отримаємо:

$$B \approx 100 \times \left(1 + \left(0{,}6 \times 0{,}2^{1{,}5} + 0{,}4 \times ln(1{,}5)\right) \times e^{-0{,}5 \times 0{,}8}\right).$$

$$B \approx 100 \times (1 + (0{,}053 + 0{,}162) \times 0{,}67) \approx 100 \times (1 + 0{,}144) = 114{,}4.$$

Отже, адаптивний буфер збільшується приблизно на 14,4 %, що відображає реакцію системи на підвищений рівень ризику.

Застосування математичного моделювання у цифрово-орієнтованій логістиці дозволяє не лише формалізувати процеси управління, але й забезпечити їх оптимізацію на основі кількісних показників.

Практична реалізація цифрово-орієнтованої системи управління логістикою постачання матеріалів у промисловому будівництві передбачає створення інтегрованого інформаційно-аналітичного середовища, у якому всі етапи логістичного процесу поєднуються в єдину керовану систему. Така система функціонує на основі безперервного обміну даними між учасниками будівельного проєкту та забезпечує синхронізацію матеріальних потоків із виробничими графіками.

У реальних умовах промислового будівництва впровадження цифрової логістики доцільно розглядати як поетапний процес. На початковому етапі формується єдина база даних матеріальних ресурсів, яка включає номенклатуру, обсяги, строки постачання та прив’язку до конкретних етапів будівництва. Далі здійснюється інтеграція цієї інформації з календарно-мережевими графіками виконання робіт, що дозволяє визначити точні потреби у матеріалах у часовому розрізі. Наступним кроком є підключення логістичних модулів, які забезпечують планування маршрутів, координацію поставок і контроль виконання замовлень. Завершальним етапом виступає впровадження аналітичних інструментів, що дозволяють здійснювати моніторинг, оцінку ефективності та адаптивне коригування логістичних процесів.

Особливістю цифрово-орієнтованої логістики є формування замкнутого циклу управління, у межах якого будь-яке відхилення у процесі постачання миттєво фіксується, аналізується та стає основою для прийняття управлінського рішення. Наприклад, у випадку затримки постачання матеріалів система автоматично визначає ступінь впливу цієї події на виробничий графік, пропонує альтернативні варіанти постачання або коригує послідовність виконання робіт. Такий підхід дозволяє мінімізувати втрати часу та ресурсів, забезпечуючи стабільність будівельного процесу [8].

Важливим аспектом практичної реалізації є подолання проблем інтеграції цифрових систем. Найбільш поширеними труднощами є різнорідність форматів даних, відсутність єдиних стандартів обміну інформацією та асинхронність оновлення даних у різних підсистемах. Для вирішення цих проблем необхідно впроваджувати уніфіковані протоколи обміну даними, використовувати інтеграційні платформи та забезпечувати централізовану синхронізацію інформації. Крім того, важливим є створення єдиної системи ідентифікації

матеріалів, що дозволяє уникнути дублювання даних і підвищити точність обліку.

З метою оцінки ефективності впровадження цифрово-орієнтованої логістичної системи доцільно використовувати систему ключових показників ефективності (KPI), які відображають різні аспекти функціонування логістики постачання. До основних показників належать своєчасність постачання, точність виконання замовлень, рівень логістичних витрат, середній час реагування на відхилення та рівень адаптивності системи до змін середовища.

Перед представленням кількісної оцінки ефективності доцільно узагальнити відмінності між традиційною та цифрово-орієнтованою логістикою у вигляді таблиці 1 [9].

Таблиця 1.

Порівняльна характеристика традиційної та цифрово-орієнтованої логістики постачання у промисловому будівництві *(розроблено автором на основі [10])*

Критерій	**Традиційна логістика**	**Цифрово-орієнтована логістика**
Характер управління	Фрагментований, переважно ручний	Інтегрований, автоматизований
Інформаційні потоки	Розрізнені, із затримками	Єдина база даних у реальному часі
Реакція на відхилення	Запізніла, залежить від людського фактора	Оперативна, автоматизована
Планування постачання	Статичне	Динамічне, адаптивне
Контроль ресурсів	Періодичний	Безперервний
Прогнозування	Обмежене	Сценарне, аналітичне
Гнучкість системи	Низька	Висока

Аналіз представлених характеристик свідчить про суттєві переваги цифрового підходу, зокрема в аспектах швидкості обробки інформації, адаптивності та точності управління [11].

Для більш детальної оцінки результатів впровадження цифрової логістики доцільно розглянути таблицю 2.

Таблиця 2.

Динаміка показників ефективності логістики після впровадження цифрової системи *(розроблено автором на основі [11])*

Показник	**До впровадження**	**Після впровадження**	**Зміна**
Своєчасність постачання	72 %	91 %	+19 %
Точність виконання замовлень	78 %	94 %	+16 %
Середній час реагування	12 год	4 год	−66 %
Рівень логістичних витрат	100 %	82 %	−18 %
Кількість критичних збоїв	15 випадків/міс	6 випадків/міс	−60 %

Отримані результати демонструють, що впровадження цифрово-орієнтованої системи управління логістикою дозволяє суттєво підвищити ефективність постачання матеріалів, знизити витрати та мінімізувати ризики порушення виробничого графіка [12].

Для візуалізації практичного механізму функціонування системи доцільно представити рисунок 3, який виступає центральним інструментом моніторингу та координації.

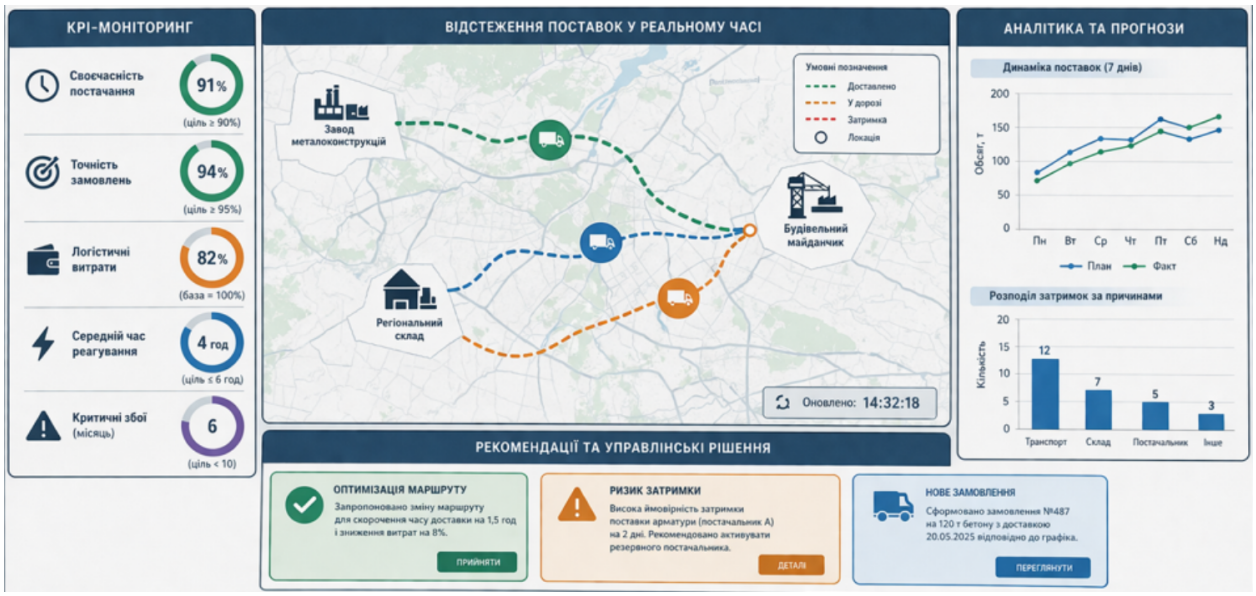


Рис. 3. Інтегрована модель цифрового дашборду управління логістикою постачання матеріалів *(розроблено автором на основі [12])*

Практична реалізація цифрово-орієнтованої логістичної системи у промисловому будівництві забезпечує перехід до якісно нового рівня управління, що базується на інтеграції даних, аналітичній підтримці рішень та високій адаптивності до змін середовища. Це дозволяє підвищити надійність постачання, оптимізувати використання ресурсів і забезпечити стабільність реалізації складних будівельних проєктів.

Висновок

Узагальнення теоретичних положень і результатів аналізу практичних аспектів цифрово-орієнтованого управління логістикою постачання матеріалів свідчить про суттєву трансформацію ролі логістики у промисловому будівництві. Логістичні процеси переходять від допоміжної функції до ключового елементу забезпечення безперервності, ритмічності та економічної ефективності будівельних проєктів.

Встановлено, що інтеграція інформаційних, аналітичних і операційних підсистем формує єдине цифрове середовище управління, яке забезпечує синхронізацію матеріальних потоків із виробничими процесами. Використання

математичних моделей, зокрема інтегральних показників ефективності, адаптивних буферів і ризик-орієнтованих підходів, дозволяє підвищити точність планування та обґрунтованість управлінських рішень. Цифрово-орієнтовані механізми забезпечують перехід від реактивної до проактивної моделі управління, у якій рішення приймаються з урахуванням прогнозованих змін і потенційних ризиків. Практичні результати впровадження свідчать про значне підвищення своєчасності постачання, зниження логістичних витрат і скорочення кількості критичних збоїв у системі.

Література

1. Tavares L.V. A review of the contribution of operational research to project management // European Journal of Operational Research. – 2002. – Vol. 136. – No. 1. – P. 1–18. DOI: 10.1016/S0377-2217(01)00097-2. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0377221701000972

2. Перминова-Харікоскі О., Густафссон М., Вікстрьом К. Визначення невизначеності у проєктах — новий підхід // *International Journal of Project Management*. – 2008. – Т. 26. – № 1. – С. 73–79. DOI: 10.1016/j.ijproman.2007.08.005. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://www.researchgate.net/publication/223598701_Defining_Uncertainty_in_Projects_-_A_New_Perspective

3. Geraldi J., Adlbrecht G. On Faith, Fact, and Interaction in Projects // *IEEE Engineering Management Review*. – 2008. – Vol. 36. – No. 2. – P. 35–49. DOI: 10.1109/EMR.2008.4534318. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://www.researchgate.net/publication/3229637_On_Faith_Fact_and_Interaction_in_Projects

4. Kozlovská M., Struková Z., Tažiková A. Integrated Assessment of Buildings Quality in the Context of Sustainable Development Principles // *Quality Innovation Prosperity*. – 2014. – Vol. 18. – No. 2. – P. 100–115. DOI: 10.12776/QIP.V18I2.383. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://www.researchgate.net/publication/287309855_INTEGRATED_ASSESSMENT_OF_BUILDINGS_QUALITY_IN_THE_CONTEXT_OF_SUSTAINABLE_DEVELOPMENT_PRINCIPLES

5. ЧУПРИНА, І. (2026). Наукові та концептуальні основи когнітивно-інтегративного моделювання організаційно-технологічних будівельних систем в умовах динамічної невизначеності. *Шляхи підвищення ефективності будівництва* , *1* (57), 170–182. https://doi.org/10.32347/2707-501x.2026.57(1).170-182

6. Ahsan K., Gunawan I. Analysis of Cost and Schedule Performance of International Development Projects // *International Journal of Project Management*. – 2010. – Vol. 28. – No. 1. – P. 68–78. [Online]. – Available at: https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0263786309000337

7. Іванов Д., Соколов Б. Управління та системно-теоретична ідентифікація динаміки ланцюга постачання для планування, аналізу та адаптації показників в умовах невизначеності // European Journal of Operational Research. – 2013. – Т. 224. – № 2. – С. 313–323. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0377221712006443

8. Geissdoerfer M., Savaget P., Bocken N. M. P., Hultink E. J. The Circular Economy – A New Sustainability Paradigm? // Journal of Cleaner Production. – 2017. – Т. 143. – С. 757-768. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0959652616321023

9. ЧУПРИНА, І. (2026). Наукові та концептуальні основи когнітивно-інтегративного моделювання організаційно-технологічних будівельних систем в умовах динамічної невизначеності. *Шляхи підвищення ефективності будівництва* , *1* (57), 170–182. https://doi.org/10.32347/2707-501x.2026.57(1).170-182

10. Шпаков А.В., Жалдак Р.Ю., Кушнір І.І. Інноваційно-прикладна основа структурно-функціональної регламентації операційної системи управління провідних стейкхолдерів будівельного проєкту. Управління розвитком складних систем. Київ. 2021. № 47. С. 151 – 161, dx.doi.org\10.32347/2412- 9933.2021.47.151-161. Режим доступу: http://nbuv.gov.ua/UJRN/Urss_2021_47_20

11. Матюшенко І.Ю. Міжнародний інвестиційний менеджмент: підручник для студентів спеціальностей 8.03050301 «Міжнародна економіка», 8.03060104 «Менеджмент зовнішньоекономічної діяльності». – Харків: Харківський національний економічний університет ім. С. Кузнеця, 2014. – ISBN 978-966-676-540-9.

12. Чуприна Ю.А., Ползіков М.О., Оксенчук Р.О., Алексєєнко В.О.. Концептуалізація мультипроєктної діяльності в будівельному секторі. Формування ринкових відносин в Україні, вип.. №9(292), 2025, с. 62-71. https://doi.org/10.5281/zenodo.18037420

Ivanyna Oleksandr,
Kyiv National University of Construction and Architecture, Kyiv

DEVELOPMENT AND IMPLEMENTATION OF DIGITAL-ORIENTED MECHANISMS FOR MANAGING MATERIAL SUPPLY LOGISTICS IN INDUSTRIAL CONSTRUCTION

The digitalization of the construction industry is shaping new requirements for the organization of material supply logistics, which directly affects the efficiency of industrial construction project implementation. The increasing scale of construction, growing complexity of supply chains, and the rising number of process participants necessitate a transition to digitally oriented management mechanisms.

The application of modern digital technologies, including management information systems, monitoring tools, data analytics, and process automation, enhances planning accuracy, ensures transparency of logistics operations, and minimizes the risks of supply delays. A key aspect is the integration of information flows among all participants in the logistics chain, which promotes coordination and improves the speed of decision-making.

The formation of digitally oriented logistics management mechanisms involves combining technological solutions with analytical approaches, ensuring system adaptability to changing project conditions. The implementation of such mechanisms leads to cost optimization, improved resource utilization, and enhanced coordination among participants in the construction process.

Keywords: supply logistics; digital technologies; industrial construction; supply chain management; information systems; digital transformation; resource optimization; business processes.

REFERENCES

1. Tavares L.V. A Review of the Contribution of Operational Research to Project Management // *European Journal of Operational Research*. – 2002. – Vol. 136. – No. 1. – P. 1–18. DOI: 10.1016/S0377-2217(01)00097-2. [Online]. – Available at: https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0377221701000972 {in English}

2. Perminova-Harikoski O., Gustafsson M., Wikström K. Defining Uncertainty in Projects – A New Perspective // *International Journal of Project Management*. – 2008. – Vol. 26. – No. 1. – P. 73–79. DOI: 10.1016/j.ijproman.2007.08.005. [Online]. – Available at: https://www.researchgate.net/publication/223598701_Defining_Uncertainty_in_Projects_-_A_New_Perspective {in English}

3. Geraldi J., Adlbrecht G. On Faith, Fact, and Interaction in Projects // *IEEE Engineering Management Review*. – 2008. – Vol. 36. – No. 2. – P. 35–49. DOI: 10.1109/EMR.2008.4534318. [Online]. – Available at: https://www.researchgate.net/publication/3229637_On_Faith_Fact_and_Interaction_in_Projects {in English}

4. Kozlovská M., Struková Z., Tažiková A. Integrated Assessment of Buildings Quality in the Context of Sustainable Development Principles // *Quality Innovation Prosperity*. – 2014. – Vol. 18. – No. 2. – P. 100–115. DOI: 10.12776/QIP.V18I2.383. [Online]. – Available at: https://www.researchgate.net/publication/287309855_INTEGRATED_ASSESSMENT_OF_BUILDINGS_QUALITY_IN_THE_CONTEXT_OF_SUSTAINABLE_DEVELOPMENT_PRINCIPLES {in English}

5. Chupryna I. Scientific and Conceptual Foundations of Cognitive-Integrative Modeling of Organizational and Technological Construction Systems under Conditions of Dynamic Uncertainty // *Ways to Improve Construction Efficiency*. – 2026. – Vol. 1 (57). – P. 170–182. DOI: 10.32347/2707-501x.2026.57(1).170-182. [Online]. – Available at: https://doi.org/10.32347/2707-501x.2026.57(1).170-182 {in Ukrainian}

6. Ahsan K., Gunawan I. Analysis of Cost and Schedule Performance of International Development Projects // *International Journal of Project Management*. – 2010. – Vol. 28. – No. 1. – P. 68–78. [Online]. – Available at: https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0263786309000337 {in English}

7. Ivanov D., Sokolov B. Control and System-Theoretic Identification of Supply Chain Dynamics for Planning, Analysis and Performance Adaptation under Uncertainty // *European Journal of Operational Research*. – 2013. – Vol. 224. – No. 2. – P. 313–323. [Online]. – Available at:

https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0377221712006443 {in English}

8. Geissdoerfer M., Savaget P., Bocken N. M. P., Hultink E. J. The Circular Economy – A New Sustainability Paradigm? // *Journal of Cleaner Production*. – 2017. – Vol. 143. – P. 757–768. [Online]. – Available at: https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0959652616321023 {in English}

9. Chupryna I. Scientific and Conceptual Foundations of Cognitive-Integrative Modeling of Organizational and Technological Construction Systems under Conditions of Dynamic Uncertainty // *Ways to Improve Construction Efficiency*. – 2026. – Vol. 1 (57). – P. 170–182. DOI: 10.32347/2707-501x.2026.57(1).170-182. [Online]. – Available at: https://doi.org/10.32347/2707-501x.2026.57(1).170-182 {in Ukrainian}

10. Shpakov A.V., Zhaldak R.Yu., Kushnir I.I. Innovation-Applied Basis of Structural and Functional Regulation of the Operational Management System of Leading Stakeholders of a Construction Project // *Management of Development of Complex Systems*. – 2021. – No. 47. – P. 151–161. DOI: 10.32347/2412-9933.2021.47.151-161. [Online]. – Available at: http://nbuv.gov.ua/UJRN/Urss_2021_47_20 {in Ukrainian}

11. Matiushenko I.Yu. *International Investment Management: Textbook for Students of Specialties 8.03050301 "International Economics", 8.03060104 "Management of Foreign Economic Activity"*. – Kharkiv: Simon Kuznets Kharkiv National University of Economics, 2014. – ISBN 978-966-676-540-9 {in Ukrainian}

12. Chupryna Yu.A., Polzikov M.O., Oksenchuk R.O., Alekseienko V.O. Conceptualization of Multiproject Activities in the Construction Sector // *Formation of Market Relations in Ukraine*. – 2025. – No. 9 (292). – P. 62–71. DOI: 10.5281/zenodo.18037420 {in Ukrainian}

DOI: 10.32347/2076-815X.2026.92.403-414
УДК 004.94:005.52:69.003
к.т.н., доцент **Козак А.А.,**
kozak.aa@knuba.edu.ua, ORCID: 0000-0002-3192-1430,
Київський національний університет будівництва і архітектури

ІНТЕГРОВАНА СИСТЕМА ВПРОВАДЖЕННЯ ТА БАГАТОРІВНЕВОЇ ОЦІНКИ ЕФЕКТИВНОСТІ РОЗРОБЛЕНОЇ МОДЕЛІ

У сучасних умовах розвитку складних соціально-економічних та організаційно-технологічних систем зростає потреба у формуванні ефективних підходів до впровадження інноваційних моделей управління та оцінювання їх результативності. Особливої актуальності набуває створення інтегрованих систем, які забезпечують не лише реалізацію розроблених моделей, але й комплексне оцінювання їх ефективності на різних рівнях управління. Такий підхід дозволяє враховувати багатовимірний характер функціонування систем, взаємозв'язки між їх елементами та динамічні зміни зовнішнього середовища.

Інтегрована система впровадження передбачає поєднання організаційних, інформаційних та аналітичних компонентів у єдину структуру, що забезпечує узгодженість дій учасників процесу та ефективну реалізацію управлінських рішень. Багаторівнева оцінка ефективності розглядається як ключовий елемент системи, що забезпечує зворотний зв'язок між результатами впровадження та управлінськими рішеннями. Вона охоплює стратегічний, тактичний та операційний рівні, що дозволяє оцінювати як загальну результативність функціонування системи, так і ефективність окремих процесів і рішень.

Реалізація інтегрованої системи впровадження та багаторівневої оцінки ефективності дозволяє підвищити рівень адаптивності управління, забезпечити ефективне використання ресурсів та досягнення стратегічних цілей розвитку. Водночас створюється основа для переходу до інтелектуалізованих систем управління, здатних до самонавчання та прогнозування, що відповідає сучасним тенденціям цифрової трансформації.

Ключові слова: інтегрована система; оцінка ефективності; багаторівневе управління; системний аналіз; моделювання; управлінські рішення; цифрові технології; організаційно-технологічні процеси.

Постановка проблеми: У сучасних умовах цифрової трансформації економіки та ускладнення організаційно-технологічних процесів виникає необхідність забезпечення ефективного впровадження інноваційних моделей

управління. Однак практика свідчить, що значна частина розроблених моделей не досягає очікуваних результатів через відсутність системного підходу до їх реалізації та оцінювання ефективності.

Однією з ключових проблем є відсутність ефективних механізмів багаторівневої оцінки, які дозволяють враховувати різні аспекти функціонування системи та забезпечувати зворотний зв'язок між результатами та управлінськими діями. Традиційні підходи до оцінювання, як правило, обмежуються аналізом окремих показників і не дозволяють сформувати цілісне уявлення про ефективність функціонування системи.

Метою статті є обґрунтування теоретико-методичних засад формування інтегрованої системи впровадження та багаторівневої оцінки ефективності розробленої моделі в умовах функціонування складних організаційно-технологічних систем.

Досягнення поставленої мети передбачає визначення структури інтегрованої системи, аналіз її ключових компонентів та функціональних зв'язків між ними, а також обґрунтування підходів до формування системи показників оцінювання ефективності на різних рівнях управління. Особлива увага приділяється розробленню методів інтеграції кількісних і якісних показників, що забезпечують комплексність оцінювання та підвищують обґрунтованість управлінських рішень.

Аналіз останніх досліджень і публікацій: Проблематика впровадження управлінських моделей та оцінювання їх ефективності активно досліджується у сучасній науковій літературі. Значна увага приділяється використанню системного підходу, який дозволяє розглядати об'єкт дослідження як цілісну систему з урахуванням взаємозв'язків між її елементами. Дослідження у сфері системного аналізу та моделювання підтверджують необхідність інтеграції різних підходів до оцінювання ефективності, зокрема економічних, організаційних та технологічних. Окремий напрям досліджень пов'язаний із використанням цифрових технологій та інтелектуальних систем для підтримки процесів управління. Застосування інформаційних систем, платформ аналізу даних і методів машинного навчання дозволяє підвищити точність оцінювання та забезпечити оперативність прийняття рішень. У цьому контексті важливим є розвиток методів обробки великих обсягів даних та їх інтеграції в єдину систему.

Виклад основної інформації: Формування інтегрованої системи впровадження моделі є складним багаторівневим процесом, що виходить за межі суто технічної реалізації аналітичного інструментарію. У сучасних умовах цифровізації та зростаючої динаміки зовнішнього середовища впровадження моделі слід розглядати як комплексну трансформацію управлінської системи,

яка охоплює зміну підходів до прийняття рішень, перебудову інформаційних потоків та адаптацію організаційної структури. Такий підхід забезпечує не лише функціонування моделі, але й її інтеграцію в стратегічну архітектуру підприємства.

Ключовим етапом формування інтегрованої системи є визначення цільових орієнтирів, які повинні мати чітку кількісну інтерпретацію. Відмова від декларативних формулювань на користь формалізованих індикаторів дозволяє підвищити точність управлінських рішень і створити основу для подальшого аналітичного контролю. У цьому контексті доцільним є використання принципів структуризації цілей, що передбачають їх деталізацію за параметрами вимірюваності, досяжності, релевантності та часової визначеності.

Важливим компонентом інтегрованої системи виступає ресурсне забезпечення, яке визначає здатність моделі до ефективної реалізації. Ресурсна база повинна розглядатися як багатовимірна система, що включає часові, фінансові, кадрові та технологічні складові. При цьому критичним є не лише обсяг ресурсів, але й їх збалансованість, оскільки диспропорції між окремими компонентами можуть суттєво знизити загальну результативність впровадження.

Для формалізації впливу ресурсного забезпечення на ефективність реалізації моделі доцільно використати узагальнену функцію інтегральної ефективності:

$$E = \prod_{i=1}^{n} P_i^{\alpha_i}, \quad (1)$$

де P_i — рівень забезпеченості і-го ресурсу, α_i — коефіцієнт його вагомості в загальній структурі впровадження.

Застосування такої функції дозволяє врахувати нелінійний характер взаємодії ресурсів та уникнути ситуацій, коли надлишок одного ресурсу компенсує дефіцит іншого. Таким чином формується більш реалістична оцінка потенціалу системи.

Наступним елементом є побудова поетапної моделі впровадження, яка передбачає структуризацію процесу за логікою послідовних фаз. Такий підхід дозволяє знизити рівень невизначеності та забезпечити контрольованість реалізації. Кожен етап має власні цілі, індикатори ефективності та механізми контролю, що створює передумови для поетапної верифікації результатів.

Для наочного відображення логіки побудови інтегрованої системи впровадження моделі доцільно використати рисунок 1.

Зазначена структура відображає логічну послідовність переходу від концептуального рівня до практичної реалізації. Особливістю інтегрованого

підходу є наявність зворотних зв'язків між етапами, що дозволяє коригувати параметри моделі ще до завершення повного циклу впровадження.

Суттєву роль у забезпеченні ефективності відіграє також механізм попередньої апробації моделі, який реалізується через пілотне тестування. На цьому етапі здійснюється перевірка працездатності моделі в умовах, максимально наближених до реальних, що дозволяє виявити потенційні обмеження та скоригувати алгоритми її функціонування.

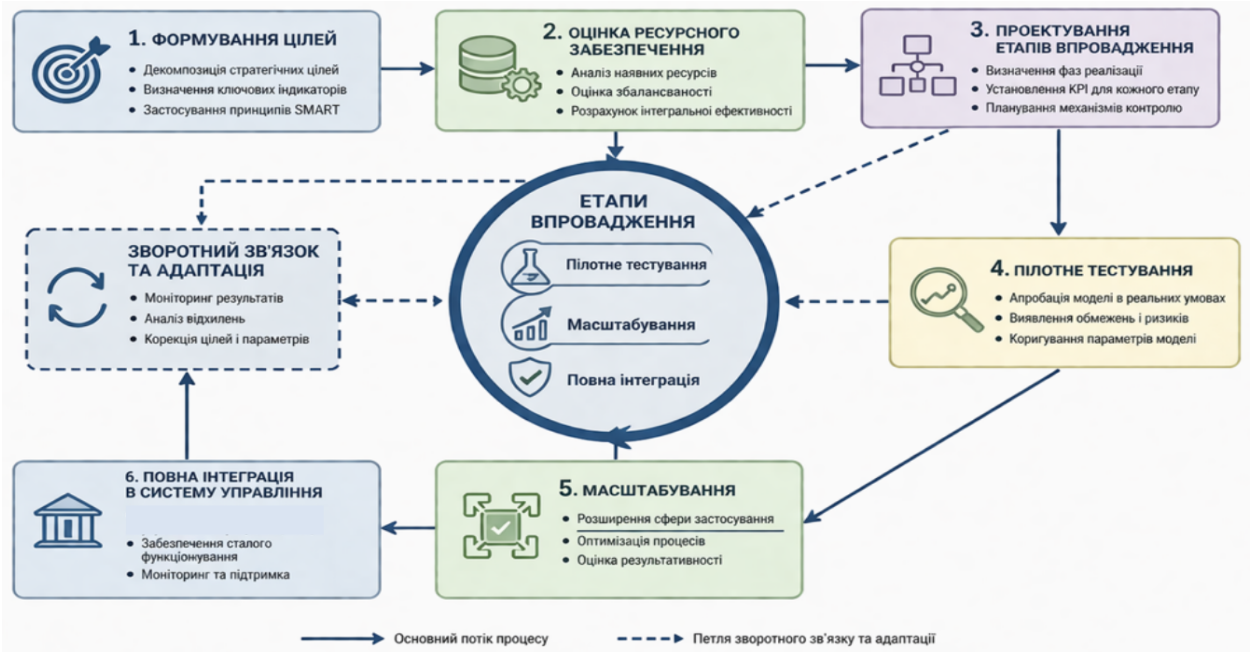


Рис. 1. Структурна схема інтегрованої системи впровадження моделі
(розроблено автором)

Крім того, інтегрована система впровадження повинна враховувати фактори зовнішнього середовища, які можуть впливати на результативність моделі. Це обумовлює необхідність включення елементів адаптивності ще на етапі її проєктування. Відповідно, система впровадження набуває ознак динамічної структури, здатної до самокорекції.

Формування інтегрованої системи впровадження моделі є комплексним процесом, що поєднує стратегічне планування, ресурсну оптимізацію та поетапну реалізацію з елементами контролю і корекції.

Оцінювання ефективності розробленої моделі є ключовим етапом, який забезпечує обґрунтованість її використання у практичній діяльності. На відміну від інтуїтивного підходу, сучасні управлінські системи базуються на формалізованих методах аналізу, що дозволяють перевести результати функціонування моделі у вимірювану площину. Центральним елементом такого підходу виступає система ключових показників ефективності (KPI), яка формує основу для комплексної оцінки результативності.

Багаторівнева структура KPI передбачає їх поділ за рівнями управління, що дозволяє врахувати як стратегічні результати, так і операційні характеристики функціонування моделі, а також вплив зовнішнього середовища. Стратегічні показники відображають досягнення довгострокових цілей і пов'язані з узагальненими економічними результатами. Операційні індикатори характеризують ефективність внутрішніх процесів, тоді як контекстуальні показники фіксують вплив зовнішніх факторів, що можуть змінювати результати моделювання.

Важливим аспектом є забезпечення якісного інформаційного середовища, у межах якого здійснюється оцінювання. Дані повинні бути стандартизованими, очищеними від випадкових аномалій та синхронізованими у часі. Це створює основу для коректного порівняння прогнозованих значень, отриманих за допомогою моделі, з фактичними результатами її функціонування.

Ключовим інструментом кількісного оцінювання є визначення відхилення між прогнозом і фактичними значеннями показників. Для цього використовується середньозважена абсолютна похибка:

$$MAPE_w = \frac{\sum_{i=1}^{n} w_i \times \left|\frac{A_i - F_i}{A_i}\right|}{\sum_{i=1}^{n} w_i}, \quad (2)$$

де A_i — фактичне значення показника, F_i — прогнозоване значення, w_i — коефіцієнт вагомості відповідного KPI.

Для кількісної інтерпретації ефективності доцільно здійснити обчислення на основі сукупності показників. За умови, що фактичні значення становлять 100, 50 та 80 одиниць, а прогнозовані — відповідно 92, 55 та 70, при вагових коефіцієнтах 0.5, 0.3 та 0.2, визначаються відносні відхилення: 0.08, 0.10 та 0.125. Подальше зважування дає інтегральний результат:

$$MAPE_w = 0.5 \times 0.08 + 0.3 \times 0.10 + 0.2 \times 0.125 = 0.095.$$

Отримане значення свідчить про рівень похибки у межах 9.5%, що дозволяє оцінити точність функціонування моделі як прийнятну в контексті управлінських задач.

Окрім статичної оцінки, важливим є аналіз динаміки показників у часі. Для цього використовується механізм згладжування часових рядів, який дозволяє виявити загальні тенденції розвитку без впливу випадкових коливань:

$$D_t = \frac{1}{k} \sum_{i=t-k}^{t} KPI_i, \quad (3)$$

де D_t — усереднене значення показника, k — інтервал згладжування.

Такий підхід дозволяє ідентифікувати тренди зміни ефективності та оцінити стабільність функціонування моделі в динамічному середовищі.

Для забезпечення наочності оцінювання результативності моделі доцільно використати графічне зіставлення фактичних і прогнозних значень ключових показників ефективності у часовій динаміці. Такий підхід дозволяє не лише виявити загальний рівень точності моделі, але й ідентифікувати періоди найбільших відхилень, що є критично важливим для подальшого аналізу та коригування її параметрів. Відповідна візуалізація наведена на рисунку 2.

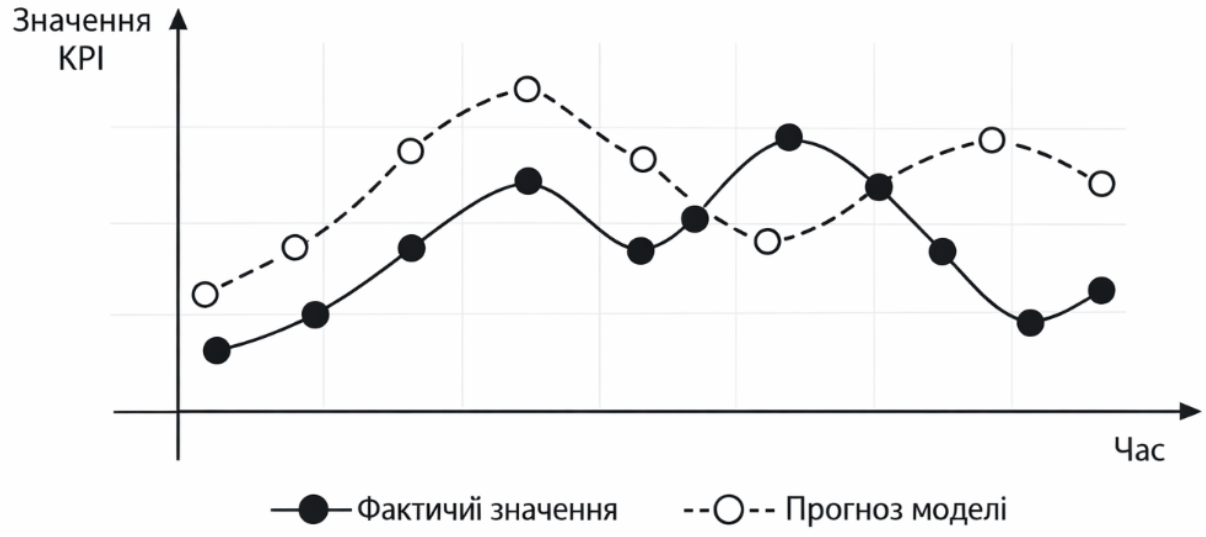


Рис. 2. Динамічне зіставлення фактичних та прогнозних значень KPI
(розроблено автором)

Завершальним етапом аналітичної оцінки є агрегування окремих показників у єдиний інтегральний індикатор, що відображає загальну результативність моделі. Для цього використовується логарифмічна функція згортки:

$$I = \sum_{i=1}^{n} \beta_i \times ln(KPIi), \quad (4)$$

де β_i — коефіцієнти значущості відповідних показників.

Застосування логарифмічної трансформації дозволяє мінімізувати вплив екстремальних значень та забезпечити більш збалансовану інтегральну оцінку. У результаті формується узагальнений показник, який відображає ефективність моделі з урахуванням усіх ключових аспектів її функціонування.

Запропонований методичний інструментарій поєднує процедури порівняльного аналізу, статистичної обробки та інтеграції показників, що забезпечує всебічну оцінку ефективності моделі та створює основу для її подальшого вдосконалення в умовах змінного середовища.

Після завершення етапів впровадження та оцінювання ефективності розробленої моделі ключовим завданням стає забезпечення її стабільного функціонування в умовах динамічного зовнішнього середовища. У сучасних управлінських системах модель не розглядається як статичний інструмент — вона повинна мати здатність до постійного оновлення, корекції та адаптації відповідно до змінних умов функціонування.

Основою адаптивного механізму виступає система зворотного зв'язку, яка забезпечує циклічний характер функціонування моделі. Така система передбачає безперервне порівняння фактичних результатів із прогнозованими, виявлення відхилень та формування управлінських рішень щодо їх усунення. Важливою особливістю є те, що зворотний зв'язок не обмежується лише фіксацією помилок, а включає глибокий аналіз причин їх виникнення.

Процес адаптації доцільно розглядати як послідовність взаємопов'язаних етапів, що формують замкнений цикл управління. На першому етапі здійснюється збір і фіксація даних про фактичні значення KPI. Далі відбувається ідентифікація відхилень, після чого проводиться аналітична інтерпретація їх природи. Наступним кроком є вибір способу корекції, який може передбачати зміну параметрів моделі, уточнення вхідних даних або перегляд логіки прийняття рішень. Завершальним етапом є повторна оцінка результатів після внесення змін.

Для забезпечення цілісного розуміння логіки функціонування адаптивного механізму моделі доцільно візуалізувати послідовність етапів її корекції та саморегуляції. З метою узагальнення зазначених взаємозв'язків побудовано рисунок 3.

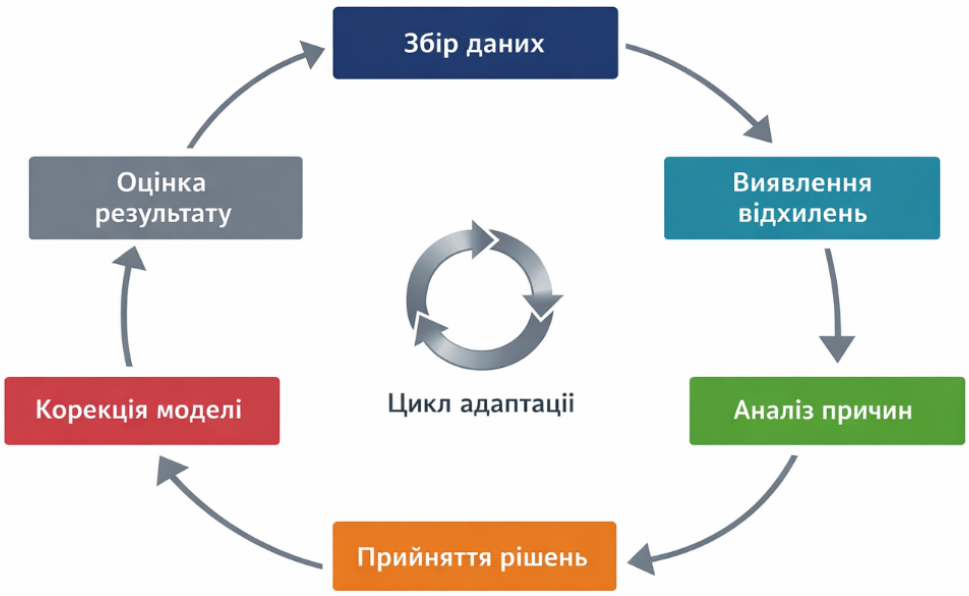


Рис. 3. Цикл адаптивного функціонування моделі

У процесі адаптації особливу роль відіграє класифікація відхилень, що дозволяє більш точно визначити характер змін та обрати адекватні інструменти реагування. Відхилення можуть мати різну природу, що безпосередньо впливає на підхід до їх усунення.

Для забезпечення цілісного підходу до управління процесом адаптації моделі доцільно систематизувати можливі відхилення, що виникають у процесі її функціонування, а також відповідні інструменти реагування на них. З цією метою узагальнено типологію відхилень та відповідні підходи до їх корекції, що представлено у таблиці 1.

Таблиця 1.

Типологія відхилень у системі функціонування моделі та відповідні механізми реагування

Тип відхилення	**Характеристика**	**Причини виникнення**	**Механізм реагування**
Випадкові	Короткострокові незначні коливання	Статистичні флуктуації	Ігнорування або згладжування
Структурні	Системні відхилення, що повторюються	Невраховані фактори в моделі	Модифікація структури моделі
Сценарні	Відхилення, спричинені новими умовами	Зміна зовнішнього середовища	Перебудова сценаріїв функціонування

Важливим аспектом адаптивного механізму є швидкість реагування системи на виявлені відхилення. Чим оперативніше відбувається корекція, тим вища здатність моделі підтримувати актуальність і точність результатів. Затримки у прийнятті рішень можуть призводити до накопичення помилок і, як наслідок, до зниження ефективності всієї системи.

Висновок

Розроблення та впровадження інтегрованої системи реалізації та багаторівневої оцінки ефективності є важливим етапом підвищення якості управління складними організаційно-технологічними системами. Поєднання механізмів впровадження зі структурованими процедурами оцінювання забезпечує цілісне розуміння функціонування системи та створює передумови для її безперервного вдосконалення. Включення стратегічного, тактичного та операційного рівнів в єдину систему формує комплексну основу для моніторингу, аналізу та прийняття управлінських рішень.

Інтеграція організаційних, інформаційних та аналітичних компонентів забезпечує узгодженість реалізації управлінських процесів і сприяє ефективній координації між зацікавленими сторонами. Водночас багаторівнева оцінка ефективності формує механізм зворотного зв’язку, що дозволяє своєчасно виявляти відхилення, визначати їх причини та впроваджувати коригувальні

заходи. Це суттєво підвищує адаптивність і гнучкість систем управління в умовах динамічного та невизначеного середовища.

Крім того, використання сучасних аналітичних інструментів, методів моделювання та цифрових технологій підвищує точність і надійність оцінювання результативності. Це також сприяє переходу до управління, заснованого на даних, та формуванню інтелектуалізованих підходів, здатних враховувати попередній досвід і прогнозувати майбутню поведінку системи.

Загалом інтегрований підхід до впровадження та оцінювання забезпечує раціональніший розподіл ресурсів, підвищення операційної ефективності та досягнення довгострокових стратегічних цілей. Він також формує методологічну основу для подальшого розвитку адаптивних та інтелектуальних систем управління, що відповідають сучасним тенденціям цифрової трансформації.

Література

1. Kerzner H. *Project Management Case Studies*. – Hoboken, NJ: John Wiley & Sons, 2013. – 690 p. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://fliphtml5.com/nepih/ufny/Project_Management_Case_Studies/

2. Sterman J.D. *Business Dynamics: Systems Thinking and Modeling for a Complex World*. – Boston: McGraw-Hill, 2000. – 1008 p. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://surl.lt/tniihp

3. Adimchi C., Edeh C.G., Yusuff A., Joshua A.A. Leveraging Building Information Modelling (BIM) for efficient construction management in the USA // *International Journal of Built Environment and Earth Sciences*. – 2025. – Vol. 7. – No. 4. DOI: 10.70382/tijbees.v07i4.018. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://www.researchgate.net/publication/389723581_LEVERAGING_BUILDING_INFORMATION_MODELLING_BIM_FOR_EFFICIENT_CONSTRUCTION_MANAGEMENT_IN_THE_USA

4. Succar B. Building information modelling framework: A research and delivery foundation for industry stakeholders // *Automation in Construction*. – 2009. – Vol. 18. – No. 3. – P. 357–375. DOI: 10.1016/j.autcon.2008.10.003 [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0926580508001568

5. Фольк, Р., Стенгель, Й. та Шультманн, Ф. (2014) Інформаційне моделювання будівель для існуючих будівель — огляд літератури та майбутні потреби. Автоматизація в будівництві, 38, 109-127. http://dx.doi.org/10.1016/j.autcon.2013.10.023

6. Брайд, Д., Брокетас, М. та Волм, Дж. М. (2013) Переваги інформаційного моделювання будівель (BIM) для проекту. *Міжнародний журнал управління проектами*, 31, 971-980. https://doi.org/10.1016/j.ijproman.2012.12.001

7. Marzouk M., Azab S. Environmental and economic impact assessment of construction and demolition waste disposal using system dynamics // *Resources, Conservation & Recycling*. – 2014. – Vol. 82. – P. 41–49. DOI: 10.1016/j.resconrec.2013.10.015

8. Іванченко Г., Чуприна Ю., Малихін М., Максим'юк О., Мирошник О. Дослідження нестаціонарних коливань пружного простору з двома круговими циліндричними отворами // *Опір матеріалів і теорія споруд*. – 2025. – № 115. – С. 69–75. DOI: https://doi.org/10.32347/2410-2547.2025.115.69-75

9. Tregubova E., Kazaryan R. Assessment of the efficiency of using information modeling technology for buildings and structures as a construction security planning tool // *Revista*

de la Universidad del Zulia. – 2021. – 30 December. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://www.semanticscholar.org/paper/Assessment-of-the-efficiency-of-using-information-a-Tregubova-Kazaryan/5856c7f130b4354543870b1184f3bf490a3f3646

10. Travaglini A., Radujković M., Mancini M. Building Information Modelling (BIM) and Project Management: a Stakeholders Perspective // *Organization, Technology & Management in Construction: An International Journal*. – 2014. – Vol. 6. – No. 2. – P. 1001–1008. DOI: https://doi.org/10.5592/otmcj.2014.2.8. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://hrcak.srce.hr/132886

11. ISO 19650-1:2018 *Organization and digitization of information about buildings and civil engineering works, including building information modelling (BIM) – Part 1: Concepts and principles*.
[Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://www.iso.org/standard/68078.html

12. 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

13. Davenport T.H., Harris J.G. *Competing on Analytics: The New Science of Winning*. – Boston: Harvard Business School Press, 2007. – 240 p. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://hbr.org/product/competing-on-analytics-the-new-science-of-winning/7994

PhD in Technical Science **Kozak Andrii,**
Kyiv National University of Construction and Architecture, Kyiv

INTEGRATED SYSTEM FOR IMPLEMENTATION AND MULTI-LEVEL EFFICIENCY ASSESSMENT OF THE DEVELOPED MODEL

In modern conditions of development of complex socio-economic and organizational-technological systems, there is a growing need to form effective approaches to the implementation of innovative management models and the evaluation of their performance. The creation of integrated systems becomes especially relevant, as they ensure not only the implementation of developed models but also a comprehensive assessment of their effectiveness at different management levels. Such an approach makes it possible to take into account the multidimensional nature of system functioning, the interconnections between its elements, and dynamic changes in the external environment.

An integrated implementation system involves the combination of organizational, informational, and analytical components into a unified structure, ensuring coordination among participants and effective realization of managerial decisions. Multi-level efficiency assessment is considered a key element of the system, providing feedback between implementation results and managerial decisions. It covers strategic, tactical, and operational levels, allowing the evaluation

of both overall system performance and the effectiveness of individual processes and decisions.

The implementation of an integrated system for deployment and multi-level efficiency assessment enhances management adaptability, ensures efficient resource utilization, and supports the achievement of strategic development goals. At the same time, it creates a foundation for the transition to intelligent management systems capable of self-learning and forecasting, which corresponds to current trends in digital transformation.

Keywords: integrated system; efficiency assessment; multi-level management; systems analysis; modeling; managerial decisions; digital technologies; organizational and technological processes.

REFERENCES

1. Kerzner H. *Project Management Case Studies*. – Hoboken, NJ: John Wiley & Sons, 2013. – 690 p. [Online]. – Available at: https://fliphtml5.com/nepih/ufny/Project_Management_Case_Studies/ {in English}

2. Sterman J.D. *Business Dynamics: Systems Thinking and Modeling for a Complex World*. – Boston: McGraw-Hill, 2000. – 1008 p. [Online]. – Available at: https://www.researchgate.net/publication/44827001_Business_Dynamics_System_Thinking_and_Modeling_for_a_Complex_World {in English}

3. Adimchi C., Edeh C.G., Yusuff A., Joshua A.A. Leveraging Building Information Modelling (BIM) for efficient construction management in the USA // *International Journal of Built Environment and Earth Sciences*. – 2025. – Vol. 7. – No. 4. DOI: 10.70382/tijbees.v07i4.018. [Online]. – Available at: https://www.researchgate.net/publication/389723581_LEVERAGING_BUILDING_INFORMATION_MODELLING_BIM_FOR_EFFICIENT_CONSTRUCTION_MANAGEMENT_IN_THE_USA {in English}

4. Succar B. Building information modelling framework: A research and delivery foundation for industry stakeholders // *Automation in Construction*. – 2009. – Vol. 18. – No. 3. – P. 357–375. DOI: 10.1016/j.autcon.2008.10.003. [Online]. – Available at: https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0926580508001568 {in English}

5. Volk R., Stengel J., Schultmann F. Building Information Modeling (BIM) for existing buildings — Literature review and future needs // *Automation in Construction*. – 2014. – Vol. 38. – P. 109–127. DOI: 10.1016/j.autcon.2013.10.023 {in English}

6. Bryde D., Broquetas M., Volm J. The project benefits of Building Information Modelling (BIM) // *International Journal of Project Management*. – 2013. – Vol. 31. – P. 971–980. DOI: 10.1016/j.ijproman.2012.12.001 {in English}

7. Marzouk M., Azab S. Environmental and economic impact assessment of construction and demolition waste disposal using system dynamics // *Resources, Conservation & Recycling*. – 2014. – Vol. 82. – P. 41–49. DOI: 10.1016/j.resconrec.2013.10.015 {in English}

8. Ivanchenko H., Chupryna Yu., Malykhin M., Maksymiuk O., Myroshnyk O. Study of non-stationary oscillations of an elastic space with two circular cylindrical cavities // *Strength of Materials and Theory of Structures*. – 2025. – No. 115. – P. 69–75. DOI: https://doi.org/10.32347/2410-2547.2025.115.69-75 {in Ukrainian}

9. Tregubova E., Kazaryan R. Assessment of the efficiency of using information modeling technology for buildings and structures as a construction security planning tool // *Revista de la Universidad del Zulia*. – 2021. – December 30. [Online]. – Available at: https://www.semanticscholar.org/paper/Assessment-of-the-efficiency-of-using-information-a-Tregubova-Kazaryan/5856c7f130b4354543870b1184f3bf490a3f3646 {in English}

10. Travaglini A., Radujković M., Mancini M. Building Information Modelling (BIM) and Project Management: a Stakeholders Perspective // *Organization, Technology & Management in Construction: An International Journal*. – 2014. – Vol. 6. – No. 2. – P. 1001–1008. DOI: https://doi.org/10.5592/otmcj.2014.2.8. [Online]. – Available at: https://hrcak.srce.hr/132886 {in English}

11. ISO 19650-1:2018 Organization and digitization of information about buildings and civil engineering works, including building information modelling (BIM) – Part 1: Concepts and principles. [Online]. – Available at: https://www.iso.org/standard/68078.html {in English}

12. 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 system of construction development // *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}

13. Davenport T.H., Harris J.G. *Competing on Analytics: The New Science of Winning*. – Boston: Harvard Business School Press, 2007. – 240 p. [Online]. – Available at: https://hbr.org/product/competing-on-analytics-the-new-science-of-winning/7994 {in English}

DOI: 10.32347/2076-815X.2026.92.415-428
УДК 69.003:658.5:620.9

Козак Т.В.,
kozak_tv-2024@knuba.edu.ua, ORCID: 0009-0002-1800-0239,
Київський національний університет будівництва і архітектури, м. Київ

ІНЖЕНЕРНО-ТЕХНОЛОГІЧНІ ПІДХОДИ ДО ВИЯВЛЕННЯ СИСТЕМНИХ ДИСФУНКЦІЙ І РИЗИКІВ В ОРГАНІЗАЦІЙНО-ТЕХНОЛОГІЧНИХ СИСТЕМАХ УПРАВЛІННЯ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНІСТЮ БУДІВЕЛЬ

Організаційно-технологічні системи управління енергоефективністю будівель функціонують у складному середовищі, де ефективність визначається узгодженістю інженерних, інформаційних та управлінських компонентів. Порушення цієї узгодженості формує системні дисфункції, які мають прихований характер і поступово знижують результативність управління. Вони проявляються через фрагментацію процесів, інформаційну асиметрію, інерційність реагування та вплив людського фактора.

Накопичення дисфункцій призводить до нелінійного зниження ефективності функціонування системи та ускладнює досягнення запланованих енергетичних показників. Взаємодія окремих порушень формує кумулятивний ефект, що підсилює їх негативний вплив. Ідентифікація таких відхилень потребує застосування інженерно-аналітичних підходів, заснованих на кількісному оцінюванні відхилень між фактичними та еталонними параметрами функціонування системи.

Системні дисфункції виступають джерелом формування ризиків, які проявляються на різних рівнях управління та впливають на стабільність і адаптивність функціонування будівлі. Їх трансформація у ризики відбувається через накопичення відхилень і порушення режимів роботи інженерних систем. Для оцінювання ризиків доцільно використовувати інтегральні показники, що враховують імовірність негативних сценаріїв і тяжкість їх наслідків. Комплексний підхід до виявлення дисфункцій і ризиків забезпечує підвищення стійкості організаційно-технологічних систем управління та створює передумови для досягнення стабільної енергоефективності будівель.

Ключові слова: енергоефективність будівель; організаційно-технологічні системи; системні дисфункції; управління енергоефективністю; інженерний аналіз; ризики управління; інформаційна невизначеність; адаптивність систем.

Постановка проблеми: Сучасний розвиток будівельної галузі характеризується зростанням вимог до енергоефективності об'єктів, що обумовлює необхідність удосконалення систем управління їх функціонуванням. Організаційно-технологічні системи управління енергоефективними будівлями стають складними багаторівневими структурами, у межах яких відбувається взаємодія інженерних, інформаційних та управлінських компонентів. За таких умов традиційні підходи до управління, орієнтовані на локальну оптимізацію окремих процесів, втрачають свою ефективність.

Однією з ключових проблем є наявність системних дисфункцій, які виникають унаслідок неузгодженості між елементами управлінської системи. Такі дисфункції часто мають прихований характер і не виявляються на ранніх етапах, проте з часом призводять до накопичення відхилень від оптимальних режимів енергоспоживання. У результаті навіть сучасні інженерні системи не забезпечують очікуваного рівня енергоефективності.

Додатковою складністю є трансформація дисфункцій у ризики, що охоплюють різні рівні управління та впливають на стабільність функціонування будівлі. Відсутність системного підходу до їх ідентифікації обмежує можливості своєчасного реагування та знижує адаптивність управлінських рішень.

Метою статті є розробка та обґрунтування інженерно-технологічних підходів до виявлення системних дисфункцій і ризиків в організаційно-технологічних системах управління енергоефективністю будівель. Досягнення поставленої мети передбачає дослідження природи виникнення дисфункцій у складних управлінських структурах, визначення їх ключових типів та механізмів впливу на ефективність енергоспоживання. Особлива увага приділяється формалізації дисфункцій на основі кількісних показників і аналітичних моделей, що дозволяють оцінювати їх інтенсивність і наслідки.

Аналіз останніх досліджень і публікацій: Проблематика системних дисфункцій і ризиків в організаційно-технологічних системах управління енергоефективними будівлями розглядається в контексті досліджень управління складними техніко-економічними системами. У наукових працях акцентується увага на тому, що ефективність функціонування таких систем визначається не лише якістю окремих рішень, а й узгодженістю взаємодії їх елементів.

Дослідження організаційно-технологічних дисфункцій у будівництві свідчать про їх структурний характер і зв'язок із розривами між етапами життєвого циклу будівельних об'єктів. Особливу увагу приділено проблемі фрагментації управління, яка знижує цілісність системи та ускладнює

досягнення енергоефективних показників. В роботах, присвячених інформаційним аспектам управління, підкреслюється значення якості даних та їх своєчасності для прийняття ефективних рішень.

Виклад основної інформації: Організаційно-технологічні системи управління енергоефективністю будівель являють собою складні інтегровані структури, у межах яких поєднуються інженерні рішення, інформаційні потоки та управлінські механізми. Їх функціонування базується на принципі узгодженості всіх підсистем, що забезпечує досягнення цільових енергетичних показників. Водночас порушення цієї узгодженості формує системні дисфункції, які мають глибинну інженерно-технологічну природу та не зводяться до окремих помилок або збоїв [1].

Системна природа дисфункцій полягає у виникненні відхилень внаслідок неузгодженості між структурними, процесними та інформаційними компонентами управління. Структурна неузгодженість проявляється у відсутності єдиного інтеграційного центру управління енергоефективністю, що призводить до фрагментації відповідальності. Процесні дисфункції виникають через порушення послідовності та синхронізації управлінських дій, тоді як інформаційні — через затримки, спотворення або неповноту даних щодо енергоспоживання [2].

Інженерно-технологічний аспект цих порушень особливо чітко проявляється у розриві між стадіями життєвого циклу будівлі — проєктуванням, будівництвом і експлуатацією. На етапі проєктування закладаються параметри енергоефективності, однак їх подальша реалізація залежить від якості будівельних робіт і алгоритмів експлуатаційного управління. Відсутність інтеграції між цими стадіями призводить до ситуації, коли високоефективні інженерні системи не забезпечують очікуваного результату через неузгоджені режими їх функціонування [1; 3]. На рисунку 1 відображено концептуальну модель інтеграції стадій життєвого циклу будівлі.

Характерною особливістю системних дисфункцій є їх нелінійний і кумулятивний вплив на ефективність управління. На відміну від локальних збоїв, дисфункції взаємодіють між собою, підсилюючи загальний негативний ефект. Навіть незначні відхилення у різних підсистемах можуть у сукупності призводити до різкого зниження енергоефективності. Такий ефект обумовлений складною структурою взаємозв’язків у системі управління, де зміни одного параметра впливають на інші [2].

Рис. 1. Концептуальна модель інтеграції стадій життєвого циклу будівлі в системі управління енергоефективністю (проєктування – будівництво – експлуатація)
(розроблено автором на основі [1])

На рисунку 2 представлено узагальнену залежність ефективності управління від інтенсивності системних дисфункцій.

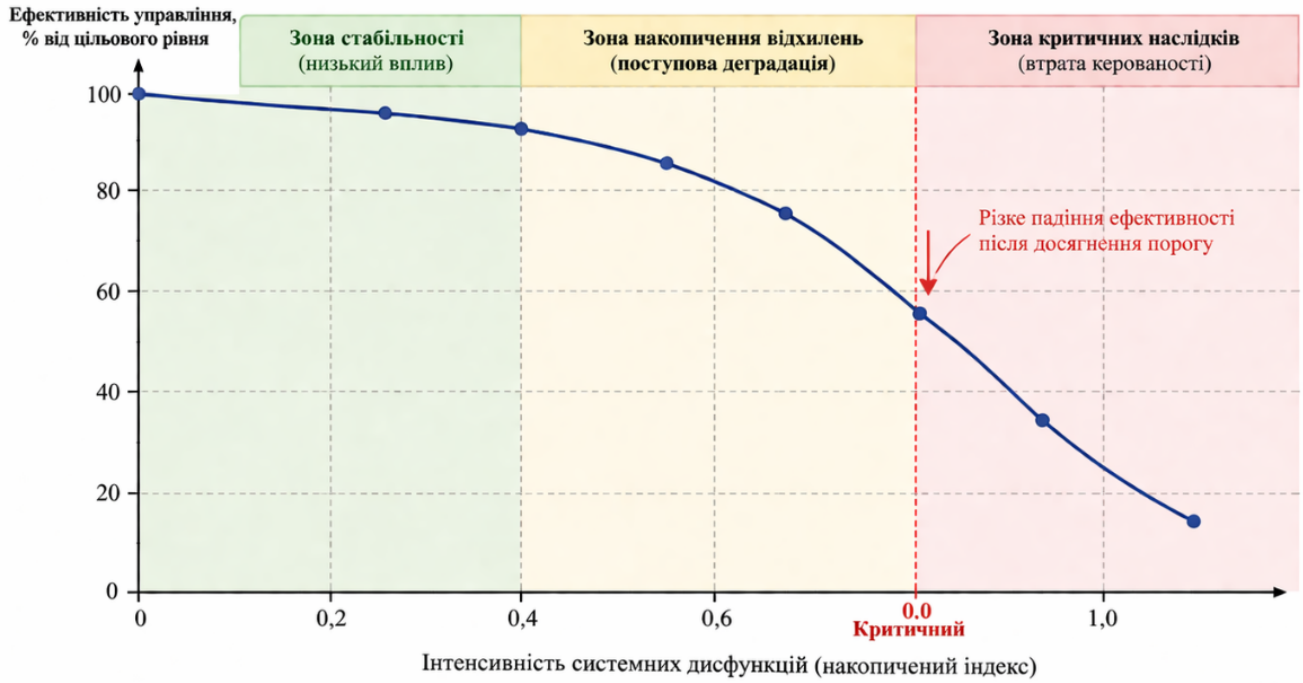


Рис. 2. Нелінійна залежність ефективності управління енергоефективністю будівель від інтенсивності системних дисфункцій
(розроблено автором на основі [2])

Суттєвими тригерами виникнення дисфункцій є інформаційна ентропія, процесна інерційність та людський фактор. Інформаційна ентропія відображає рівень невизначеності та фрагментарності даних, що надходять до системи управління. Зі зростанням ентропії знижується точність управлінських рішень, що призводить до неефективних режимів енергоспоживання. Процесна

інерційність характеризує затримку реакції системи на зміни зовнішніх або внутрішніх умов, що викликає накопичення відхилень від оптимальних параметрів. Людський фактор, у свою чергу, виступає джерелом стохастичних порушень, які посилюють нестійкість системи [3].

Для систематизації основних закономірностей виникнення системних дисфункцій доцільно узагальнити їх у вигляді таблиці 1.

Ефективна ідентифікація системних дисфункцій в організаційно-технологічних системах управління енергоефективністю будівель потребує переходу від описових характеристик до формалізованих інженерно-аналітичних моделей [4].

Таблиця 1.

Інженерно-технологічні закономірності виникнення системних дисфункцій *(розроблено автором на основі [3])*

Тип дисфункції	*Джерело виникнення*	*Інженерно-технологічний прояв*	*Наслідки для енергоефективності*
Структурна	Фрагментація управління	Розрив між стадіями життєвого циклу	Втрата системної узгодженості
Інформаційна	Ентропія даних	Затримка/спотворення інформації	Неефективні режими управління
Процесна	Інерційність реагування	Запізніле коригування параметрів	Накопичення енергетичних втрат
Організаційна	Людський фактор	Помилки прийняття рішень	Нестабільність показників

Узагальнення відхилень реалізується через інтегральний показник системної дисфункції, який враховує різнорідні параметри функціонування системи — енергоспоживання, режими роботи інженерних систем, параметри мікроклімату та часові характеристики управління:

$$D_{sys} = \sum_{i=1}^{n} \alpha_i \times \left| \frac{X_i^{fact} - X_i^{ref}}{X_i^{ref}} \right|, \quad (1)$$

де X_i^{fact}— фактичні значення параметрів, X_i^{ref} — еталонні значення, αi\alpha_iαi — вагові коефіцієнти.

Застосування такого показника дозволяє не лише фіксувати факт відхилення, але й оцінювати його інтенсивність і вплив на загальну ефективність системи управління [5]. Формалізація системних дисфункцій на основі інтегральних показників відхилень реалізується через поєднання параметричного аналізу та агрегування даних у єдиний індекс, що дозволяє комплексно оцінити стан системи управління енергоефективністю будівлі. Узагальнену структуру такого підходу представлено на рисунку 3.

Подальше поглиблення аналізу передбачає використання аналітичних моделей, що дозволяють встановити причинно-наслідкові зв'язки між дисфункціями та результативністю управління. Однією з ключових є модель ефективності, яка описує нелінійне зниження результативності системи під впливом дисфункцій і затримок управління:

$$F_{eff} = F_0 \cdot e^{-\sum(\alpha_i D_i + \beta_j \tau_j)}, \quad (2)$$

де D_i — інтенсивність дисфункцій, τ_j — часові затримки.

Рис. 3. Схема формалізації системних дисфункцій на основі інтегральних показників відхилень в системах управління енергоефективністю будівель
(розроблено автором на основі [4; 5])

Паралельно важливу роль відіграє оцінка інформаційної ентропії, яка характеризує рівень невизначеності в системі управління:

$$H = -\int_{k=1}^{p} q_k log\,(q_k), \quad (3)$$

Зростання цього показника свідчить про погіршення якості інформаційних потоків і зниження обґрунтованості управлінських рішень [6]. У

динамічному аспекті доцільним є використання індексу неузгодженості режимів енергоспоживання:

$$I_{dyn} = \frac{1}{T}\int_0^T \left|E_{fact}(t) - E_{opt}(t)\right| dt, \quad (4)$$

який дозволяє оцінити здатність системи адаптуватися до змін умов функціонування.

Взаємозв'язок між інформаційною ентропією, динамічною неузгодженістю та ефективністю управління має складний нелінійний характер, що проявляється у поступовій деградації результативності системи. Графічну інтерпретацію зазначених залежностей наведено на рисунку 4.

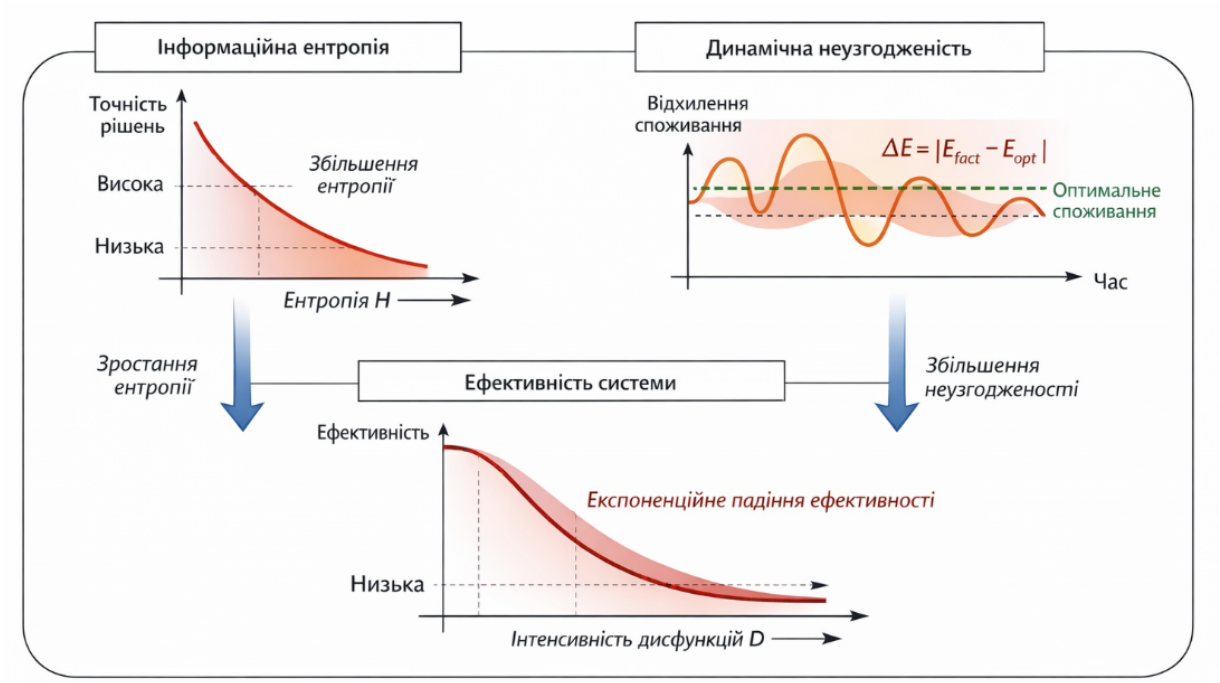


Рис. 4. Графічна інтерпретація впливу інформаційної ентропії, динамічної неузгодженості та дисфункцій на ефективність управління енергоефективністю будівель
(розроблено автором на основі [6])

Комплексне використання зазначених моделей є особливо важливим в умовах невизначеності, що притаманна експлуатації сучасних будівель. Варіативність зовнішніх умов, поведінкові фактори користувачів і обмежена точність вимірювань формують середовище, у якому управління здійснюється з урахуванням імовірнісних характеристик. У таких умовах ризик доцільно оцінювати як функцію ймовірності виникнення відхилення та тяжкості його наслідків:

$$R_i = P_i \times S_i \times \kappa, \quad (5)$$

де P_i — імовірність події, S_i — наслідки, к — коефіцієнт підсилення, що залежить від рівня дисфункцій [7].

Практичне застосування наведених підходів можна продемонструвати на прикладі умовного житлового комплексу «ЕнергоДім». За проєктного рівня енергоспоживання 100 кВт·год/м² та фактичного 130 кВт·год/м² відносне відхилення становить 0,3. За вагового коефіцієнта 0,6 інтегральний показник дисфункції дорівнює:

$$\times 0.3 = 0.18.$$

Підставивши це значення в модель ефективності, отримуємо:

$$F_{eff} = e^{-0.18} \approx 0.84.$$

що свідчить про зниження ефективності системи управління до 84 % від потенційного рівня. За умов імовірності виникнення відхилень 0,4 та тяжкості наслідків 0,7 інтегральний ризик становить:

$$R = 0.4 \times 0.7 = 0.28.$$

Отримані результати демонструють, що навіть відносно невеликі відхилення параметрів функціонування можуть призводити до суттєвого зниження ефективності та формування ризиків.

У складних організаційно-технологічних системах управління енергоефективністю будівель системні дисфункції не залишаються ізольованими відхиленнями, а формують передумови для виникнення ризиків, що мають багаторівневий і взаємопов’язаний характер.

Початковим етапом цього процесу є виникнення латентних дисфункцій, які проявляються у вигляді незначних відхилень у роботі окремих елементів системи управління — затримок у передачі інформації, неузгодженості режимів роботи інженерних систем або часткової втрати зворотного зв’язку. На цьому етапі їх вплив є обмеженим, однак за відсутності своєчасної ідентифікації такі відхилення накопичуються і формують системні порушення. Подальша ескалація відбувається через взаємодію дисфункцій, що підсилюють одна одну та призводять до зростання нестабільності управління [8].

З позицій інженерного аналізу, перехід дисфункцій у ризики можна трактувати як зміну стану системи від контрольованого до частково керованого, а згодом — до нестійкого. Багаторівнева структура ризиків зумовлена ієрархічною організацією систем управління енергоефективністю

будівель. На стратегічному рівні ризики пов'язані з невідповідністю між запланованими показниками енергоефективності та фактичними результатами експлуатації. Причиною цього виступає структурна фрагментація управління, яка призводить до відсутності єдиної координації між стадіями життєвого циклу будівлі [9].

На тактичному рівні ризики формуються внаслідок інформаційних і процесних дисфункцій. Неповнота або затримка даних щодо фактичного енергоспоживання знижує точність управлінських рішень, що призводить до помилок у плануванні та налаштуванні режимів роботи інженерних систем. Процесна інерційність, у свою чергу, обмежує здатність системи оперативно реагувати на зміну умов, що спричиняє накопичення відхилень.

Операційний рівень є найбільш чутливим до прояву ризиків, оскільки саме тут відбувається безпосередня реалізація управлінських рішень. Дисфункції на цьому рівні пов'язані з людським фактором, технічними збоями та недосконалістю алгоритмів управління [10]. Для систематизації взаємозв'язку між дисфункціями та ризиками доцільно узагальнити їх у вигляді таблиці 2.

Таблиця 2.

Трансформація системних дисфункцій у багаторівневі ризики управління енергоефективністю будівель *(розроблено автором на основі [10])*

Тип дисфункції	**Рівень управління**	**Тип ризику**	**Наслідки для системи**
Структурна	Стратегічний	Ризик неузгодженості цілей	Втрата системної ефективності
Інформаційна	Тактичний	Ризик помилкових рішень	Зниження точності управління
Процесна	Тактичний/операційний	Ризик запізнілого реагування	Накопичення енергетичних втрат
Організаційна	Операційний	Ризик людського фактора	Нестабільність функціонування

Висновок

Функціонування організаційно-технологічних систем управління енергоефективністю будівель визначається складною взаємодією інженерних, інформаційних і управлінських компонентів, узгодженість яких є критичною умовою досягнення запланованих енергетичних результатів. Порушення цієї узгодженості формує системні дисфункції, що мають латентний, кумулятивний і нелінійний характер впливу на ефективність управління.

Встановлено, що ключовими джерелами дисфункцій виступають структурна фрагментація, інформаційна невизначеність, процесна інерційність і людський фактор. Їх накопичення призводить до поступової деградації

адаптивності системи та відхилення режимів енергоспоживання від оптимальних значень. За відсутності своєчасної ідентифікації такі дисфункції трансформуються у багаторівневі ризики, що охоплюють стратегічний, тактичний та операційний рівні управління.

Застосування інженерно-аналітичних підходів до ідентифікації дисфункцій дозволяє формалізувати відхилення та оцінювати їх вплив на результативність управління. Використання інтегральних показників і моделей ризику створює можливість переходу до проактивного управління, орієнтованого на попередження негативних сценаріїв.

Урахування взаємозв'язку між дисфункціями та ризиками забезпечує підвищення стійкості організаційно-технологічних систем управління та сприяє досягненню стабільної енергоефективності будівель в умовах зростаючої складності.

Література

1. Oti A.H., Kurul E., Cheung F.K.T., Tah J.H.M. A framework for the utilization of Building Information Models in building energy performance management // *Energy and Buildings*. – 2018. – Vol. 158. – P. 139–151 [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://surl.li/jdfuzt

2. Perera A.T.D., Nik V.M., Chen D., Scartezzini J.L., Hong T. Quantifying the impacts of climate change and extreme climate events on energy systems // *Nature Energy*. – 2020. – Vol. 5. – P. 150–159. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://portal.research.lu.se/en/publications/quantifying-the-impacts-of-climate-change-and-extreme-climate-eve/

3. Боголюбов В.І. Методи оцінки й управління поверхневим стоком урбанізованих територій // *Наукові записки*. – 2003. – Т. 22. – С. 416–419. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://surl.li/fkyswq

4. Скок С.В. Методичні аспекти оцінки впливу міських стічних вод на якість річки Дніпро. Водні біоресурси та аквакультура, 2020. № 2 (8). С.251–267. DOI: https://doi.org/10.32851/wba.2020.2.20

5. ISO 52000-1:2017 *Energy performance of buildings — Overarching EPB assessment — Part 1: General framework and procedures*. – Geneva: International Organization for Standardization (ISO), 2017. – 19 p. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://www.scribd.com/document/758304602/ISO-52000-1-2017-EN-pdf

6. Sacks R., Eastman C. M., Lee G., Teicholz P. M. BIM Handbook: A Guide to Building Information Modeling for Owners, Designers, Engineers, Contractors, and Facility Managers. – 3rd ed. – Hoboken, NJ: John Wiley & Sons, 2018. – 688 p. ISBN 9781119287568. [Електронний ресурс]. – Режим доступу:

https://www.benardmakaa.com/wp-content/uploads/2021/11/BIM-Handbook_-A-Guide-to-Building-Information-Modeling-for-Owners-Designers-Engineers-Contractors-and-Facility-Managers-Wiley-2018.pdf

7. Dong B., O'Neill Z., Li Z. A BIM-enabled information infrastructure for building energy fault detection and diagnostics // Automation in Construction. – 2014. – Vol. 44. – P. 197–211. DOI: 10.1016/j.autcon.2014.04.007. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://www.researchgate.net/publication/262195357_A_BIM-enabled_information_infrastructure_for_building_energy_Fault_Detection_and_Diagnostics

8. Alekseienko V. O., Lytarev O. H., Chupryna Yu. A. Formation of organizational and technological solutions for the construction of multi-storey buildings of development companies based on the ABC method for operational system evaluation in the context of the scientific and educational process // *Current Issues of the Educational Process in the Context of the European Choice of Ukraine: Proceedings of the VIII International Conference (November 12, 2025)*. – Kyiv: Kyiv National University of Construction and Architecture, Lira-K, 2026. – P. 555–556. [Online]. – Available at: https://repositary.knuba.edu.ua/handle/123456789/18470

9. ISO 31000:2018 *Risk management — Guidelines*. – 2nd ed. – Geneva: International Organization for Standardization (ISO), 2018. – Прийнято як національний стандарт: ДСТУ ISO 31000:2018 Менеджмент ризиків. Принципи та настанови (ISO 31000:2018, IDT). – Чинний від 01.01.2019. – Київ: ДП «УкрНДНЦ», 2018. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://zakon.isu.net.ua/sites/default/files/normdocs/dstu_iso_31000_2018.pdf

10. Kozlovská M., Struková Z., Tažiková A. Integrated assessment of buildings quality in the context of sustainable development principles // *Quality Innovation Prosperity*. – 2014. – Vol. 18. – No. 2. – P. 100–115. DOI: 10.12776/QIP.V18I2.383. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://www.researchgate.net/publication/287309855_INTEGRATED_ASSESSMENT_OF_BUILDINGS_QUALITY_IN_THE_CONTEXT_OF_SUSTAINABLE_DEVELOPMENT_PRINCIPLES

11. ЧУПРИНА, І. (2026). Наукові та концептуальні основи когнітивно-інтегративного моделювання організаційно-технологічних будівельних систем в умовах динамічної невизначеності. Шляхи підвищення ефективності будівництва , 1 (57), 170–182. https://doi.org/10.32347/2707-501x.2026.57(1).170-182

Kozak Taras,
Kyiv National University of Construction and Architecture, Kyiv

ENGINEERING AND TECHNOLOGICAL APPROACHES TO IDENTIFYING SYSTEMIC DYSFUNCTIONS AND RISKS IN ORGANIZATIONAL AND TECHNOLOGICAL SYSTEMS OF BUILDING ENERGY EFFICIENCY MANAGEMENT

Organizational and technological systems for managing building energy efficiency operate within a complex environment where performance is determined by the coherence of engineering, informational, and managerial components. Disruptions in this coherence give rise to systemic dysfunctions that are latent in nature and gradually reduce management effectiveness. These dysfunctions manifest through process fragmentation, information asymmetry, response inertia, and the influence of the human factor.

The accumulation of dysfunctions leads to a nonlinear decline in system performance and complicates the achievement of target energy indicators. The interaction of individual disturbances generates a cumulative effect that amplifies their negative impact. Identifying such deviations requires the application of engineering and analytical approaches based on the quantitative assessment of discrepancies between actual and reference system performance parameters.

Systemic dysfunctions act as a source of risk formation, which manifests at different management levels and affects the stability and adaptability of building operation. Their transformation into risks occurs through the accumulation of deviations and disruptions in the operating modes of engineering systems. Risk assessment should be based on integrated indicators that account for the probability of adverse scenarios and the severity of their consequences.

A comprehensive approach to identifying dysfunctions and risks ensures increased resilience of organizational and technological management systems and creates the conditions for achieving stable building energy efficiency.

Keywords: building energy efficiency; organizational and technological systems; systemic dysfunctions; energy efficiency management; engineering analysis; management risks; information uncertainty; system adaptability.

REFERENCES

1. Oti A.H., Kurul E., Cheung F.K.T., Tah J.H.M. A framework for the utilization of Building Information Models in building energy performance management // *Energy and Buildings*. – 2018. – Vol. 158. – P. 139–151. [Online]. – Available at: https://surl.li/jdfuzt {in English}

2. Perera A.T.D., Nik V.M., Chen D., Scartezzini J.L., Hong T. Quantifying the impacts of climate change and extreme climate events on energy systems // *Nature Energy*. – 2020. – Vol. 5. – P. 150–159. [Online]. – Available at: https://portal.research.lu.se/en/publications/quantifying-the-impacts-of-climate-change-and-extreme-climate-eve/ {in English}

3. Boholiubov V.I. Methods for assessment and management of surface runoff in urbanized territories // *Scientific Notes*. – 2003. – Vol. 22. – P. 416–419. [Online]. – Available at: https://surl.li/fkyswq {in Ukrainian}

4. Skok S.V. Methodological aspects of assessing the impact of urban wastewater on the quality of the Dnipro River // *Water Bioresources and Aquaculture*. – 2020. – No. 2 (8). – P. 251–267. DOI: https://doi.org/10.32851/wba.2020.2.20 {in Ukrainian}

5. ISO 52000-1:2017 *Energy performance of buildings — Overarching EPB assessment — Part 1: General framework and procedures*. – Geneva: International Organization for Standardization (ISO), 2017. – 19 p. [Online]. – Available at: https://www.scribd.com/document/758304602/ISO-52000-1-2017-EN-pdf {in English}

6. Sacks R., Eastman C.M., Lee G., Teicholz P.M. *BIM Handbook: A Guide to Building Information Modeling for Owners, Designers, Engineers, Contractors, and Facility Managers*. – 3rd ed. – Hoboken, NJ: John Wiley & Sons, 2018. – 688 p. [Online]. – Available at: https://www.benardmakaa.com/wp-content/uploads/2021/11/BIM-Handbook_-A-Guide-to-Building-Information-Modeling-for-Owners-Designers-Engineers-Contractors-and-Facility-Managers-Wiley-2018.pdf {in English}

7. Dong B., O'Neill Z., Li Z. A BIM-enabled information infrastructure for building energy fault detection and diagnostics // *Automation in Construction*. – 2014. – Vol. 44. – P. 197–211. DOI: 10.1016/j.autcon.2014.04.007. [Online]. – Available at: https://www.researchgate.net/publication/262195357_A_BIM-enabled_information_infrastructure_for_building_energy_Fault_Detection_and_Diagnostics {in English}

8. Alekseienko V.O., Lytarev O.H., Chupryna Yu.A. Formation of organizational and technological solutions for the construction of multi-storey buildings of development companies based on the ABC method for operational system evaluation in the context of the scientific and educational process // *Current Issues of the Educational Process in the Context of the European Choice of Ukraine: Proceedings of the VIII International Conference (November 12, 2025)*. – Kyiv: Kyiv National University of Construction and Architecture, Lira-K, 2026. – P. 555–556. [Online]. – Available at: https://repositary.knuba.edu.ua/handle/123456789/18470 {in Ukrainian}

9. ISO 31000:2018 *Risk management — Guidelines*. – 2nd ed. – Geneva: International Organization for Standardization (ISO), 2018. – Adopted as a national standard: DSTU ISO 31000:2018 *Risk Management. Principles and Guidelines*. – Effective from 01.01.2019. – Kyiv: UkrNDNC, 2018. [Online]. – Available at: https://zakon.isu.net.ua/sites/default/files/normdocs/dstu_iso_31000_2018.pdf {in English/Ukrainian}

10. Kozlovská M., Struková Z., Tažiková A. Integrated assessment of buildings quality in the context of sustainable development principles // *Quality Innovation Prosperity*. – 2014. – Vol. 18. – No. 2. – P. 100–115. DOI: 10.12776/QIP.V18I2.383. [Online]. – Available at: https://www.researchgate.net/publication/287309855_INTEGRATED_ASSESSMENT_OF_BUILDINGS_QUALITY_IN_THE_CONTEXT_OF_SUSTAINABLE_DEVELOPMENT_PRINCIPLES {in English}

11. Chupryna I. Scientific and conceptual foundations of cognitive-integrative modeling of organizational and technological construction systems under dynamic uncertainty // *Ways to Improve Construction Efficiency*. – 2026. – Vol. 1 (57). – P. 170–182. DOI: https://doi.org/10.32347/2707-501x.2026.57(1).170-182 {in Ukrainian}

DOI: 10.32347/2076-815X.2026.92.429-441
УДК 004.9:69.059:658.5

Кривда К.Є.,
nebisa57@gmail.com, ORCID: 0009-0005-6724-4119,
к.п.н., доцент **Красильник Ю.С.,**
krasulnyk.yus@knuba.edu.ua, ORCID: 0000-0003-0358-0066,
Київський національний університет будівництва і архітектури

ІНТЕЛЕКТУАЛЬНІ ТЕХНОЛОГІЇ ТА ПРОГРАМНО-АПАРАТНІ РІШЕННЯ В СИСТЕМІ УПРАВЛІННЯ ЕКСПЛУАТАЦІЙНОЮ БЕЗПЕКОЮ БУДІВЕЛЬ І СПОРУД

Архітектура інтелектуальних систем управління експлуатаційною безпекою базується на взаємодії фізичних і цифрових компонентів, що забезпечує безперервний збір, обробку та аналіз даних у режимі реального часу. Використання когнітивних моделей дозволяє ідентифікувати закономірності зміни параметрів конструкцій, виявляти приховані дефекти та формувати прогнози щодо їх подальшого стану. Застосування цифрових двійників створює умови для синхронізації реального об'єкта з його інформаційною моделлю, що розширює можливості аналітичного супроводу експлуатаційних процесів.

Практична апробація інтелектуальних програмно-апаратних рішень демонструє їх високу ефективність у підвищенні рівня безпеки та оптимізації експлуатаційних витрат. Досягнуті результати свідчать про суттєве скорочення часу виявлення дефектів, зменшення кількості аварійних інцидентів і підвищення точності прогнозування технічного стану будівельних конструкцій. Використання інтегральних показників дозволяє комплексно оцінювати ефективність функціонування системи з урахуванням технічних, інформаційних і управлінських параметрів.

Інтелектуалізація процесів управління експлуатаційною безпекою забезпечує перехід до проактивної моделі функціонування, орієнтованої на попередження ризиків та підвищення надійності об'єктів. Подальший розвиток таких рішень пов'язаний із їх масштабуванням у межах концепції «розумної» інфраструктури, що сприятиме підвищенню ефективності управління будівельними системами та сталому розвитку урбанізованого середовища.

Ключові слова: інтелектуальні технології; експлуатаційна безпека; будівлі і споруди; програмно-апаратні системи; цифровий двійник; машинне навчання; IoT; прогнозування.

Постановка проблеми: Сучасний розвиток будівельної галузі характеризується ускладненням конструктивних рішень, підвищенням вимог до надійності об'єктів та зростанням відповідальності за забезпечення їх експлуатаційної безпеки. Традиційні підходи до контролю технічного стану будівель і споруд, які базуються на періодичних обстеженнях та реактивному усуненні дефектів, не забезпечують належного рівня оперативності та точності управлінських рішень. У таких умовах виникає необхідність переходу до нових моделей управління, орієнтованих на безперервний моніторинг, аналітичну обробку даних та прогнозування можливих ризиків.

Особливої актуальності набуває впровадження інтелектуальних технологій, які дозволяють інтегрувати різнорідні джерела інформації, автоматизувати процеси аналізу та підвищити обґрунтованість прийняття рішень. Проте на практиці існує низка проблем, пов'язаних із недостатньою інтеграцією сенсорних систем, обмеженим використанням цифрових моделей та відсутністю комплексного підходу до оцінки експлуатаційної безпеки. Крім того, значна частина підприємств не використовує можливості машинного навчання та прогнозної аналітики, що обмежує ефективність управління технічним станом об'єктів.

Метою статті є обґрунтування теоретичних і прикладних засад формування інтелектуальних технологій та програмно-апаратних рішень у системі управління експлуатаційною безпекою будівель і споруд, а також оцінка їх ефективності в умовах практичного застосування. Досягнення поставленої мети передбачає визначення архітектурних принципів побудови інтелектуальних систем моніторингу, дослідження можливостей інтеграції технологій Інтернету речей, цифрових двійників та алгоритмів машинного навчання у процеси аналізу технічного стану об'єктів.

Крім того, метою є розроблення підходів до оцінки ефективності функціонування таких систем, зокрема шляхом використання інтегральних показників експлуатаційної безпеки та економічної доцільності. Особлива увага приділяється аналізу практичних результатів впровадження інтелектуальних технологій та визначенню їх впливу на підвищення надійності, зниження ризиків та оптимізацію витрат у процесі експлуатації будівельних об'єктів.

Аналіз останніх досліджень і публікацій: Проблематика впровадження інтелектуальних технологій у сферу управління експлуатаційною безпекою будівель і споруд активно досліджується вітчизняними та зарубіжними науковцями. Значна увага приділяється розвитку технологій інформаційного моделювання будівель (BIM), які розглядаються як базова платформа для інтеграції даних про об'єкт на всіх етапах його життєвого циклу. У працях C. Eastman та інших дослідників обґрунтовано роль BIM як інструменту

підвищення ефективності управління будівельними процесами та експлуатацією об’єктів.

Важливим напрямом сучасних досліджень є інтеграція BIM із технологіями Інтернету речей, що дозволяє забезпечити безперервний моніторинг стану конструкцій у реальному часі. Зокрема, у роботах S. Tang та інших авторів розглянуто можливості поєднання сенсорних мереж із цифровими моделями для створення інтелектуальних інфраструктурних систем.

Виклад основної інформації: Формування сучасних підходів до управління експлуатаційною безпекою будівель і споруд пов’язане з активним впровадженням інтелектуальних технологій, які забезпечують інтеграцію фізичних процесів, цифрових моделей та аналітичних інструментів у єдину інформаційно-керовану систему. У цьому контексті програмно-апаратні рішення виступають основою створення адаптивного середовища, здатного здійснювати безперервний моніторинг технічного стану об’єктів і підтримувати прийняття управлінських рішень на основі даних .

Архітектура таких систем характеризується багаторівневою організацією, що передбачає тісну взаємодію сенсорної інфраструктури, телекомунікаційного середовища, цифрових моделей та аналітичного ядра. На базовому рівні функціонування формується мережа сенсорних вузлів, які забезпечують реєстрацію ключових параметрів експлуатації конструкцій. До них належать показники напружено-деформованого стану, вібраційні характеристики, температурні та вологісні режими, а також динамічні навантаження, що впливають на об’єкт у процесі його функціонування.

Передача зібраної інформації реалізується через інфраструктуру Інтернету речей, що забезпечує безперервність і швидкість обміну даними. Важливою складовою цього процесу є використання проміжних обчислювальних вузлів, які виконують функції агрегування, первинної обробки та фільтрації інформаційних потоків.

Наступним етапом є інтеграція отриманих даних у цифрове середовище, представлене інформаційними моделями будівель. Зокрема, застосування концепції цифрового двійника дозволяє синхронізувати фізичний стан об’єкта з його віртуальною моделлю, що створює передумови для комплексного аналізу та прогнозування. У цифровому середовищі акумулюються історичні та поточні дані, що формує інформаційну основу для подальших аналітичних процедур [1].

Як показано на рисунку 1, взаємодія основних компонентів системи здійснюється у вигляді інтегрованої архітектури, де сенсорні пристрої, IoT-шлюзи, аналітичні модулі та BIM-середовище формують єдиний замкнутий цикл обробки даних і прийняття рішень.

Центральне місце в архітектурі займає аналітичне ядро, яке реалізує функції інтелектуальної обробки даних. Використання алгоритмів машинного навчання та когнітивного аналізу дозволяє здійснювати оцінку технічного стану об'єкта, виявляти приховані закономірності та формувати прогнози щодо подальшої поведінки конструкцій [2]. Функціонування системи відбувається у замкнутому інформаційному циклі, в межах якого результати аналітичної обробки трансформуються у управлінські рішення.

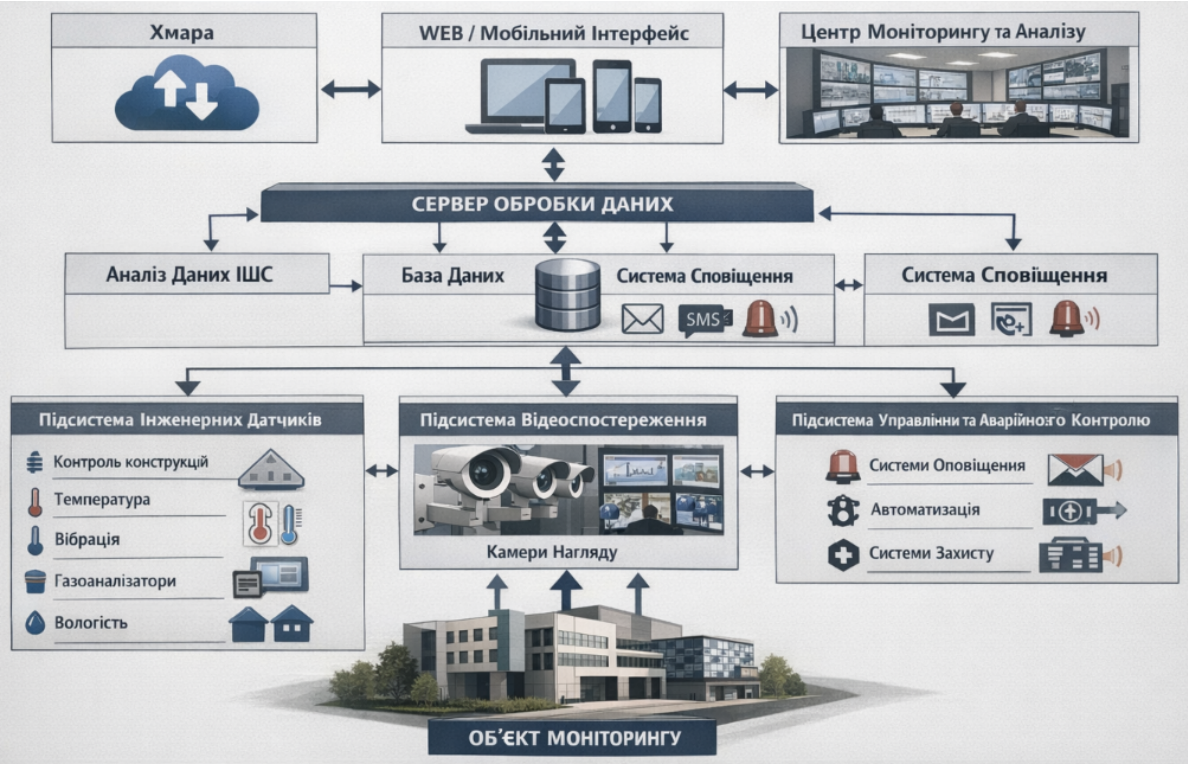


Рис. 1. Узагальнена архітектура інтелектуальної програмно-апаратної системи управління експлуатаційною безпекою будівель і споруд *(розроблено авторами на основі [1])*

Структурно-логічну модель такого процесу наведено на рисунку 2, де відображено послідовність трансформації даних — від їх збору до формування управлінського впливу.

Нині етап розвитку систем управління експлуатаційною безпекою будівель і споруд характеризується переходом від традиційних методів контролю до інтелектуально орієнтованих підходів, що базуються на інтеграції когнітивних моделей, алгоритмів машинного навчання та цифрових двійників [10].

Ключовим елементом інтелектуалізації систем моніторингу є впровадження когнітивних моделей, здатних інтерпретувати великі масиви даних, що надходять із сенсорної інфраструктури. На відміну від класичних аналітичних підходів, такі моделі враховують нелінійні залежності між

параметрами, що дозволяє більш точно оцінювати технічний стан конструкцій і виявляти приховані дефекти на ранніх стадіях їх розвитку [3].

Рис. 2. Логіко-функціональна схема обробки даних та прийняття рішень в інтелектуальній системі управління експлуатаційною безпекою *(розроблено авторами на основі [2])*

Інтеграція машинного навчання в систему моніторингу реалізується через побудову прогностичних моделей, які аналізують динаміку зміни параметрів конструкцій. На основі історичних і поточних даних система формує індекси стійкості та безпеки, що дозволяють кількісно оцінювати рівень ризику. Як показано на рисунку 3, після впровадження інтелектуальних алгоритмів спостерігається суттєве підвищення точності прогнозування технічного стану будівельних об’єктів.

Аналіз результатів функціонування системи свідчить про суттєве зменшення відхилень між прогнозованими та фактичними значеннями параметрів. Паралельно з підвищенням точності прогнозів відбувається оптимізація процесів виявлення дефектів. Завдяки інтеграції інтелектуальних алгоритмів значно скорочується час реагування на критичні зміни в стані конструкцій. Як видно з рисунку 4, впровадження системи дозволяє зменшити тривалість виявлення дефектів у кілька разів порівняно з традиційними методами моніторингу.

Важливу роль у забезпеченні ефективності прогнозування відіграє використання цифрових двійників, які виступають інтеграційною платформою для об’єднання даних, аналітичних моделей та сценарного аналізу. Цифровий двійник дозволяє моделювати різні варіанти поведінки об’єкта в умовах

змінних навантажень, що створює можливість для випереджального виявлення потенційних ризиків і визначення оптимальних управлінських рішень.

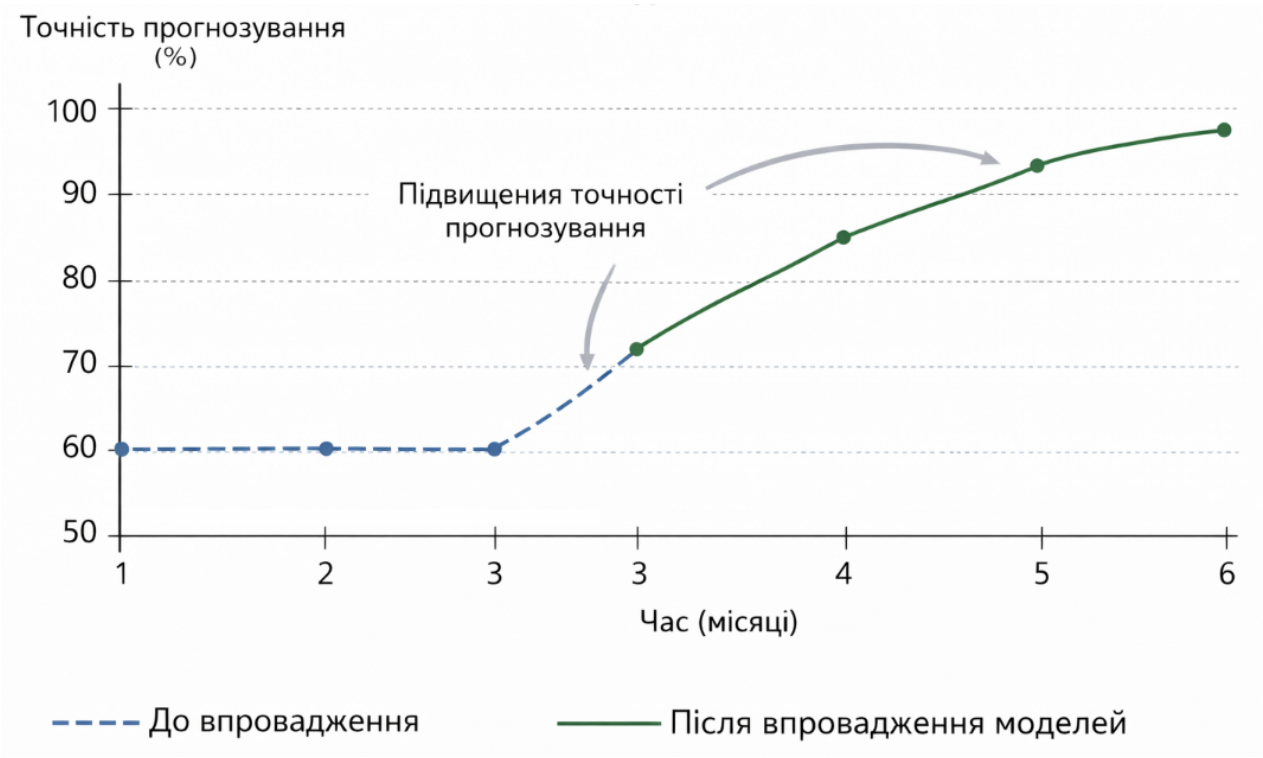


Рис. 3. Динаміка підвищення точності прогнозування технічного стану конструкцій після впровадження інтелектуальних моделей *(розроблено авторами на основі [3])*

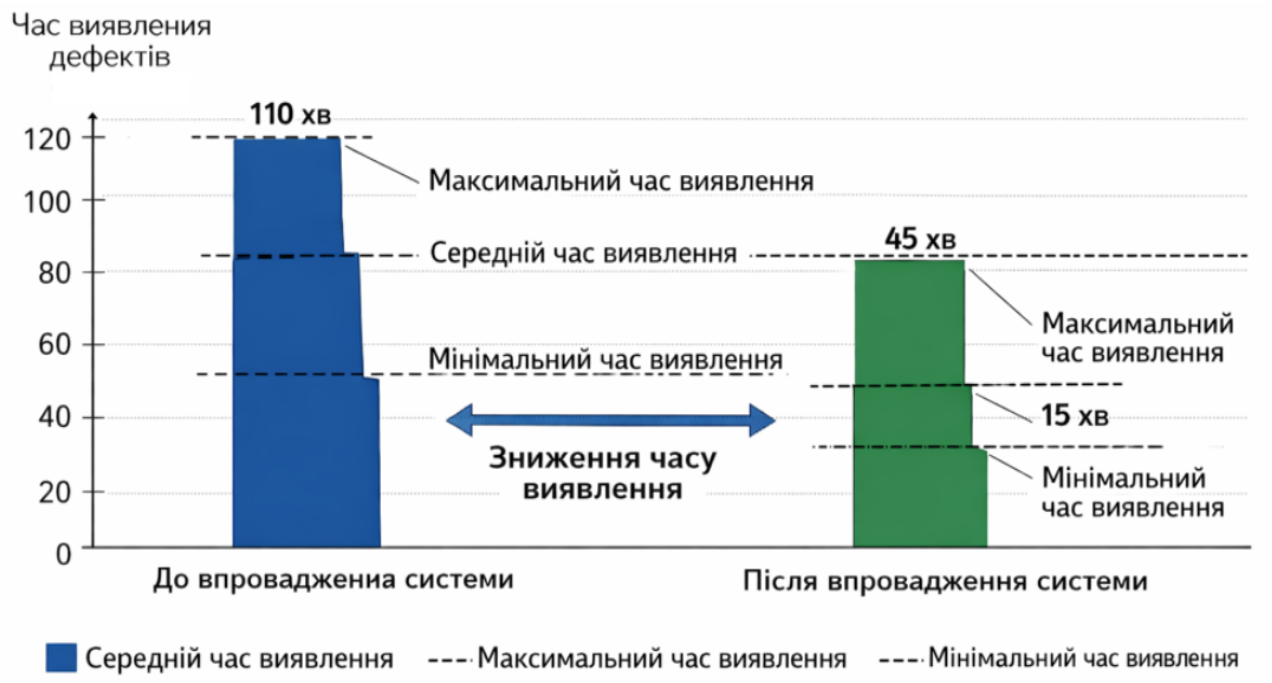


Рис. 4. Порівняння часу виявлення дефектів до та після впровадження інтелектуальної системи *(розроблено авторами на основі [3])*

У процесі функціонування системи формується комплексна інформаційна база, що включає як фактичні дані моніторингу, так і результати прогнозування. З метою узагальнення ефективності інтеграції інтелектуальних технологій доцільно представити порівняльні характеристики ключових показників функціонування системи у вигляді таблиці 1 [4].

Таблиця 1.

Порівняльна характеристика ефективності систем моніторингу до та після впровадження інтелектуальних технологій *(розроблено авторами на основі [4])*

Показник	**Традиційний підхід**	**Інтелектуальна система**	**Зміна**
Точність прогнозування	~70–75%	~95%	+20%
Час виявлення дефектів	до 6 годин	до 50 хвилин	↓ у 6–7 разів
Частота аварійних інцидентів	висока	знижена на ~30–35%	↓
Витрати на ремонт	базовий рівень	зниження до 22%	↓
Адаптивність системи	низька	висока (самонавчання)	↑

Додатково слід зазначити, що інтеграція інтелектуальних технологій дозволяє реалізувати концепцію проактивного управління, в межах якої система не лише реагує на вже наявні проблеми, а й прогнозує їх виникнення. Це досягається шляхом аналізу тенденцій зміни параметрів та формування сценаріїв розвитку подій.

Як показано на рис. 5, узагальнена модель інтеграції когнітивних технологій у процес моніторингу включає взаємодію сенсорних даних, аналітичних алгоритмів і управлінських рішень у єдиному циклі [5].

Практична реалізація інтелектуальних технологій у сфері управління експлуатаційною безпекою будівель і споруд потребує комплексного аналізу їх ефективності з урахуванням технічних, інформаційних та економічних аспектів. У цьому контексті доцільним є розгляд результатів впровадження програмно-апаратного комплексу в діяльність компанії SmartBuild Systems, де система була інтегрована в процеси експлуатації житлового, виробничого та адміністративного об’єктів [9].

Оцінювання ефективності здійснювалося за трьома взаємопов’язаними напрямами: технічним (точність прогнозування та стабільність роботи системи), інформаційним (достовірність і узгодженість даних) та управлінським (оперативність і обґрунтованість прийняття рішень). Такий підхід дозволяє сформувати цілісне уявлення про результативність функціонування інтелектуальної системи.

Для кількісної оцінки точності прогнозування використовується показник відносного відхилення [6]:

$$\delta = \frac{|S_{pred} - S_{fact}|}{S_{fact}}, \quad (1)$$

де S_{pred} — прогнозоване значення індексу стійкості, S_{fact} — фактичне значення.

Рис. 5. Інтеграція когнітивних моделей у процес моніторингу та прогнозування технічного стану будівельних об'єктів *(розроблено авторами на основі [5])*

За результатами експлуатації системи середнє значення відхилення становило близько 0,035, що відповідає високій точності прогнозування (близько 95 %). Це свідчить про ефективність застосування когнітивних моделей у процесах аналізу технічного стану будівельних конструкцій.

Інтегральну оцінку експлуатаційної безпеки доцільно визначати за допомогою узагальненого показника:

$$S_{exp}(t) = w_1 S_{tech} + w_2 S_{info} + w_3 S_{man}, \quad (2)$$

де S_{tech} , S_{man} — відповідно технічна, інформаційна та управлінська складові, w_i — вагові коефіцієнти (наприклад, w_1=0.4, w_2=0.3, w_3=0.3).

Для ілюстрації ефективності системи розглянемо умовний приклад для виробничого об'єкта SmartBuild Systems:

- S_{tech}=0.92;
- S_{info}=0.95;
- S_{man}=0.90.

Тоді:

$$S_{exp} = 0.4 \times 0.92 + 0.3 \times 0.95 + 0.3 \times 0.90 = 0.368 + 0.285 + 0.27 = 0.923.$$

Отримане значення S_{exp}=0.923 свідчить про високий рівень експлуатаційної безпеки об’єкта.

Економічний ефект від впровадження системи визначимо через показник зниження витрат [7]:

$$E = \frac{C_{before} - C_{after}}{C_{before}} \times 100\%, \quad (3)$$

де C_{before}=15000, C_{after}=11700.

$$E = \frac{15000 - 11700}{15000} \times 100\% = 22\%$$

Це підтверджує суттєве зниження витрат на технічне обслуговування.

Як показано на рисунку 6, впровадження інтелектуальної системи супроводжується одночасним зростанням інтегрального індексу експлуатаційної безпеки та зменшенням витрат на обслуговування, що свідчить про комплексний позитивний ефект [8].

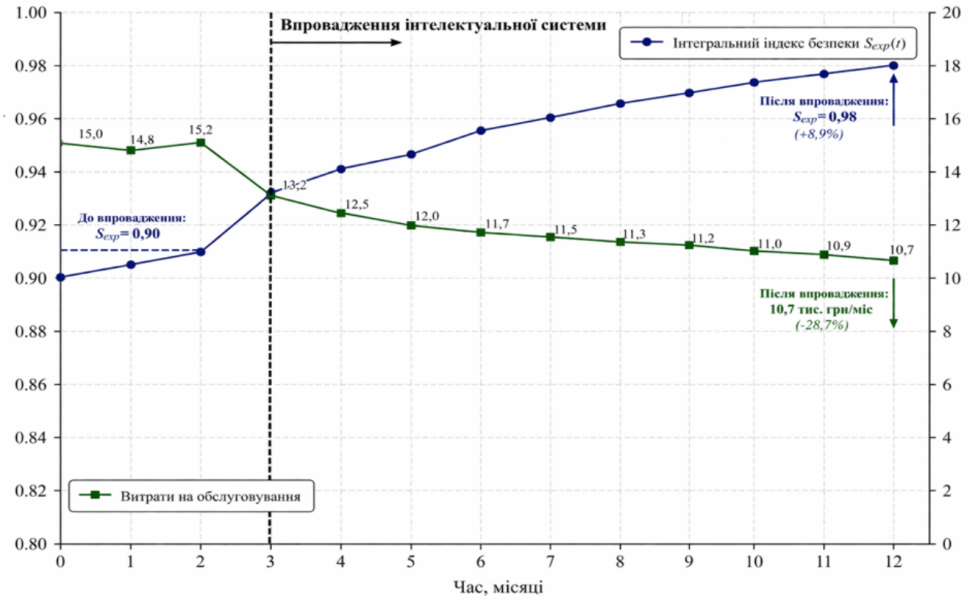


Рис. 6. Динаміка інтегрального індексу експлуатаційної безпеки $S_{exp}(t)$ та витрат на технічне обслуговування після впровадження інтелектуальної системи *(розроблено авторами на основі [8])*

Висновок. Практичні результати впровадження системи в SmartBuild Systems засвідчили суттєве покращення управлінських показників. Зокрема, кількість аварійних інцидентів зменшилася приблизно на 30–35 %, а середній час виявлення дефектів скоротився з кількох годин до менш ніж однієї години.

Це дозволило значно підвищити оперативність реагування та мінімізувати ризики розвитку критичних ситуацій.

Важливою перевагою є перехід до прогнозного обслуговування, що базується на аналізі даних у реальному часі. Такий підхід забезпечує оптимізацію графіків технічного обслуговування, зменшення кількості позапланових втручань та підвищення загальної надійності функціонування об'єктів.

Крім того, система демонструє високий рівень адаптивності, що дозволяє застосовувати її для різних типів будівель і споруд. Модульна архітектура та використання універсальних алгоритмів обробки даних створюють передумови для масштабування рішення в межах концепції «Smart Infrastructure».

Таким чином, результати впровадження інтелектуальних програмно-апаратних рішень на прикладі SmartBuild Systems підтверджують їх високу ефективність як інструменту управління експлуатаційною безпекою. Поєднання когнітивних моделей, машинного навчання та цифрових технологій забезпечує перехід до проактивного управління, що дозволяє одночасно підвищити рівень безпеки, знизити витрати та оптимізувати управлінські процеси у будівельній галузі.

Література

1. Sacks, R., Eastman, C., Lee, G. and Teicholz, P. (2018) BIM Handbook, a Guide to Building Information Modeling for Owners, Managers, Designers, Engineers, and Contractors, 3rd Edition, John Wiley & Sons Inc., New Jersey, Hoboken. https://doi.org/10.1002/9781119287568

2. Konstantinou E., Lasenby J., Brilakis I. Adaptive computer vision-based 2D tracking of workers in complex environments // Automation in Construction. – 2019. – Vol. 103. – P. 168–184. [Електронний ресурс] – Режим доступу: https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0926580518303777

3. Pan Y., Zhang L. Automated process discovery from event logs in BIM construction projects // Automation in Construction. – 2021. – Vol. 127. – Article 103713. DOI: 10.1016/j.autcon.2021.103713. [Електронний ресурс] – Режим доступу: https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0926580521001643

4. Silvestri L., Forcina A., Introna V., Santolamazza A., Cesarotti V. Maintenance transformation through Industry 4.0 technologies: A systematic literature review // Computers in Industry. – 2020. – Vol. 123. – Article 103335. [Електронний ресурс] – Режим доступу: https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0166361520305698

5. Desogus G., Quaquero E., Rubiu G., Gatto G., Perra C. BIM and IoT Sensors Integration: A Framework for Consumption and Indoor Conditions Data

Monitoring of Existing Buildings // Sustainability. – 2021. – Vol. 13. – No. 8. – Article 4496. DOI: 10.3390/su13084496. [Електронний ресурс] – Режим доступу: https://www.mdpi.com/2071-1050/13/8/4496

6. Lee J., Bagheri B., Kao H.-A. A Cyber-Physical Systems architecture for Industry 4.0-based manufacturing systems // Manufacturing Letters. – 2015. – Vol. 3. – P. 18–23. [Електронний ресурс] – Режим доступу: https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S221384631400025X

7. Grieves M., Vickers J. Digital twin: Mitigating unpredictable, undesirable emergent behavior in complex systems. In: Transdisciplinary Perspectives on Complex Systems. Cham: Springer, 2017. P. 85–113.

8. Федорова, Я., Петренко, Г., Гриненко, І., Рижакова Г., Чуприна, Ю., & Ніколаєва, М. (2021). МЕТОДИКО-АНАЛІТИЧНІ КОМПОНЕНТИ ТА БАЗОВІ ФУНКЦІОНАЛИ УПРАВЛІННЯ ПІДПРИЄМСТВОМ В СУЧАСНІЙ СИСТЕМІ БУДІВЕЛЬНОГО ДЕВЕЛОПМЕНТУ. *Управління розвитком складних систем*, (47), 130–137. https://doi.org/10.32347/2412-9933.2021.47.130-137

9. Сакс Р., Істмен Ч., Лі Г., Тейхольц П. Довідник BIM: посібник з інформаційного моделювання будівель для власників, проектувальників, інженерів, підрядників та керівників об’єктів. – Hoboken: John Wiley & Sons, 2018. – 688 с. DOI: 10.1002/9781119287568.

10. Liang C.-J., Kamat V.R., Menassa C. C. Teaching robots to perform quasi-repetitive construction tasks through human demonstration // Automation in Construction. – 2020. – Vol. 120. – Article 103370. [Електронний ресурс] – Режим доступу: https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S092658052030950X

11. 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).105-117.

Kryvda Kyrylo, Associate Professor **Krasylnyk Yurii**,
Kyiv National University of Construction and Architecture, Kyiv

INTELLIGENT TECHNOLOGIES AND SOFTWARE-HARDWARE SOLUTIONS IN THE SYSTEM OF OPERATIONAL SAFETY MANAGEMENT OF BUILDINGS AND STRUCTURES

The architecture of intelligent operational safety management systems is based on the interaction of physical and digital components, ensuring continuous data collection, processing, and analysis in real time. The use of cognitive models makes it

possible to identify patterns in structural parameter changes, detect hidden defects, and generate forecasts of their future condition. The application of digital twins creates conditions for synchronizing a real object with its information model, thereby expanding the capabilities of analytical support for operational processes.

Practical implementation of intelligent software-hardware solutions demonstrates their high efficiency in enhancing safety levels and optimizing operational costs. The obtained results indicate a significant reduction in defect detection time, a decrease in the number of аварійних incidents, and an improvement in the accuracy of forecasting the technical condition of building structures. The use of integrated indicators enables a comprehensive assessment of system performance, taking into account technical, informational, and managerial parameters.

The intellectualization of operational safety management processes ensures a transition to a proactive functioning model focused on risk prevention and increasing the reliability of facilities. Further development of such solutions is associated with their scaling within the concept of "smart infrastructure," which will contribute to improving the efficiency of building system management and supporting the sustainable development of urban environments.

Keywords: intelligent technologies; operational safety; buildings and structures; software-hardware systems; digital twin; machine learning; IoT; forecasting.

REFERENCES

1. Sacks R., Eastman C., Lee G., Teicholz P. BIM Handbook: A Guide to Building Information Modeling for Owners, Managers, Designers, Engineers, and Contractors. – 3rd ed. – Hoboken, NJ: John Wiley & Sons Inc., 2018. DOI: 10.1002/9781119287568. {in English}

2. Konstantinou E., Lasenby J., Brilakis I. Adaptive computer vision-based 2D tracking of workers in complex environments // Automation in Construction. – 2019. – Vol. 103. – P. 168–184. [Online] – Available at: https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0926580518303777 {in English}

3. Pan Y., Zhang L. Automated process discovery from event logs in BIM construction projects // Automation in Construction. – 2021. – Vol. 127. – Article 103713. DOI: 10.1016/j.autcon.2021.103713. [Online] – Available at: https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0926580521001643 {in English}

4. Silvestri L., Forcina A., Introna V., Santolamazza A., Cesarotti V. Maintenance transformation through Industry 4.0 technologies: A systematic literature review // Computers in Industry. – 2020. – Vol. 123. – Article 103335.

[Online] – Available at: https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0166361520305698 {in English}

5. Desogus G., Quaquero E., Rubiu G., Gatto G., Perra C. BIM and IoT Sensors Integration: A Framework for Consumption and Indoor Conditions Data Monitoring of Existing Buildings // Sustainability. – 2021. – Vol. 13. – No. 8. – Article 4496. DOI: 10.3390/su13084496. [Online] – Available at: https://www.mdpi.com/2071-1050/13/8/4496 {in English}

6. Lee J., Bagheri B., Kao H.-A. A Cyber-Physical Systems architecture for Industry 4.0-based manufacturing systems // Manufacturing Letters. – 2015. – Vol. 3. – P. 18–23. [Online] – Available at: https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S221384631400025X {in English}

7. Grieves M., Vickers J. Digital twin: Mitigating unpredictable, undesirable emergent behavior in complex systems // Transdisciplinary Perspectives on Complex Systems. – Cham: Springer, 2017. – P. 85–113. {in English}

8. Fedorova Y., Petrenko H., Hrynenko I., Ryzhakova H., Chupryna Y., Nikolaieva M. Methodological and analytical components and basic functionalities of enterprise management in the modern system of construction development // Management of Development of Complex Systems. – 2021. – No. 47. – P. 130–137. DOI: 10.32347/2412-9933.2021.47.130-137 {in Ukrainian}

9. Sacks R., Eastman C., Lee G., Teicholz P. BIM Handbook: A Guide to Building Information Modeling for Owners, Designers, Engineers, Contractors, and Facility Managers. – Hoboken: John Wiley & Sons, 2018. – 688 p. DOI: 10.1002/9781119287568 {in English}

10. Liang C.-J., Kamat V.R., Menassa C.C. Teaching robots to perform quasi-repetitive construction tasks through human demonstration // Automation in Construction. – 2020. – Vol. 120. – Article 103370. [Online] – Available at: https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S092658052030950X {in English}

11. Chupryna I. Conceptual principles of knowledge management in integrated systems for the implementation of construction projects // Ways to Improve Construction Efficiency. – 2025. – Issue 2(56). – P. 105–117. DOI: 10.32347/2707-501x.2025.56(2).105-117 {in English}

DOI: 10.32347/2076-815X.2026.92.442-454
УДК 005.52:005.21:658.012.4
Кузьміч Я.Л.,
koozmichyaroslav2@gmail.com, ORCID: 0009-0009-7941-4890,
Київський національний університет будівництва і архітектури

РОЗРОБЛЕННЯ ІНТЕГРОВАНОЇ СИСТЕМИ КЛЮЧОВИХ ПОКАЗНИКІВ ЕФЕКТИВНОСТІ В КОНТЕКСТІ ОЦІНЮВАННЯ РЕЗУЛЬТАТИВНОСТІ СТРАТЕГІЧНОГО УПРАВЛІННЯ

Сучасне управління підприємствами відбувається в умовах зростаючої динаміки зовнішнього середовища, що обумовлює необхідність використання інструментів, здатних забезпечити об'єктивне та своєчасне оцінювання результативності стратегічного розвитку. Одним із ключових елементів такої системи виступають показники ефективності, які дозволяють перевести стратегічні цілі у вимірювану форму та забезпечити контроль їх досягнення. Використання KPI сприяє підвищенню прозорості управлінських процесів і формуванню аналітичної основи для прийняття обґрунтованих рішень.

Формування інтегрованої системи показників передбачає встановлення логічних зв'язків між стратегічними орієнтирами, підцілями та операційними результатами діяльності. Узгодженість індикаторів між різними рівнями управління забезпечує цілісність реалізації стратегії та дозволяє уникнути розривів між плануванням і фактичними результатами. Суттєву роль відіграє інтеграція KPI у цифрове середовище підприємства. Використання сучасних інформаційних систем створює можливість оперативного збору та обробки даних, їх візуалізації та постійного моніторингу. Це підвищує якість управління, дозволяє швидко реагувати на відхилення та забезпечує безперервність стратегічного контролю. Застосування кількісних методів оцінювання, зокрема агрегованих показників, дозволяє узагальнювати результати діяльності підприємства та визначати рівень досягнення стратегічних цілей.

Ключові слова: ключові показники ефективності; стратегічне управління; KPI-система; інтеграція; цифровізація управління; ефективність підприємства; адаптивне управління; стратегічний контроль.

Постановка проблеми: У сучасних умовах господарювання підприємства функціонують у середовищі високої динамічності, невизначеності та посиленої конкуренції, що зумовлює необхідність підвищення ефективності стратегічного управління. Традиційні підходи до оцінювання діяльності, які базуються переважно на фінансових показниках, не забезпечують повноцінного відображення результативності реалізації стратегії, оскільки не враховують

нефінансові аспекти розвитку, такі як інноваційність, клієнтська орієнтованість та ефективність бізнес-процесів.

У зв'язку з цим актуалізується проблема розроблення інтегрованої системи ключових показників ефективності, яка б забезпечувала комплексне оцінювання стратегічної діяльності підприємства. Відсутність узгодженої системи KPI призводить до фрагментарності управлінських рішень, втрати контролю над реалізацією стратегії та зниження конкурентоспроможності організації. Крім того, в умовах цифровізації економіки зростає потреба в інтеграції KPI у сучасні інформаційні системи управління, що дозволяє здійснювати моніторинг показників у режимі реального часу. Проте на практиці багато підприємств стикаються з проблемами формування ефективних KPI-систем, їх адаптації до змін середовища та забезпечення взаємозв'язку між різними рівнями управління.

Метою статті є теоретичне обґрунтування та розроблення методичних підходів до формування інтегрованої системи ключових показників ефективності в контексті оцінювання результативності стратегічного управління підприємством. Досягнення поставленої мети передбачає вирішення низки взаємопов'язаних завдань, зокрема дослідження сутності KPI як інструменту стратегічного контролю, визначення принципів їх формування та класифікації, а також обґрунтування механізмів інтеграції KPI у цифрове середовище управління.

Окрему увагу приділено розробленню підходів до агрегування показників ефективності та оцінювання рівня досягнення стратегічних цілей на основі кількісних методів. Реалізація зазначених завдань дозволить сформувати цілісну концепцію інтегрованої KPI-системи, яка забезпечує підвищення ефективності стратегічного управління та адаптивності підприємства.

Аналіз останніх досліджень і публікацій: Проблематика формування та використання системи ключових показників ефективності у стратегічному управлінні активно досліджується як зарубіжними, так і вітчизняними науковцями. Значний внесок у розвиток теорії KPI зробили дослідники, які обґрунтували необхідність інтеграції показників у систему стратегічного контролю та їх зв'язок із досягненням довгострокових цілей підприємства.

У наукових працях зарубіжних авторів значна увага приділяється питанням узгодження KPI зі стратегічними цілями організації, а також їх ролі у підвищенні ефективності бізнес-процесів. Зокрема, дослідження присвячені формуванню збалансованих систем показників, які дозволяють оцінювати діяльність підприємства за різними напрямами, включаючи фінансові та нефінансові аспекти.

Вітчизняні науковці акцентують увагу на адаптації KPI-систем до умов національної економіки, а також на проблемах їх практичного впровадження. У

їх роботах розглядаються питання формування ієрархічних структур показників, забезпечення їх узгодженості між рівнями управління та використання KPI як інструменту підвищення ефективності діяльності підприємств.

Виклад основної інформації: У сучасних умовах динамічного розвитку економічного середовища стратегічне управління підприємством набуває дедалі більш складного та багатовимірного характеру. Зростання рівня невизначеності, посилення конкуренції та цифровізація бізнес-процесів зумовлюють необхідність переходу від інтуїтивних управлінських рішень до формалізованих систем оцінювання результативності реалізації стратегії. У цьому контексті ключові показники ефективності (KPI) виступають як базовий інструмент забезпечення вимірюваності стратегічних цілей і контролю їх досягнення.

На відміну від традиційних фінансових індикаторів, які здебільшого відображають ретроспективний стан підприємства, система KPI орієнтована на оцінювання процесів і результатів у межах стратегічного горизонту. Вона дозволяє трансформувати абстрактні цілі розвитку в конкретні, кількісно визначені параметри, що забезпечує підвищення прозорості управління та можливість своєчасного коригування стратегічного курсу. Таким чином, KPI виконують функцію інструменту стратегічного зворотного зв’язку, що інтегрує планування, контроль і аналіз у єдину систему.

Сутність KPI полягає у відображенні ключових аспектів діяльності підприємства через систему індикаторів, що безпосередньо пов’язані зі стратегічними пріоритетами. Це означає, що кожен показник має бути не просто вимірюваним, а релевантним до конкретної цілі та здатним відображати рівень її досягнення. У цьому контексті важливим є принцип стратегічної узгодженості (alignment), відповідно до якого кожен рівень управління — від корпоративного до операційного — повинен бути забезпечений системою показників, що логічно випливають із загальної стратегії.

Ключовою характеристикою ефективної KPI-системи є її ієрархічність. Стратегічні цілі підприємства деталізуються у вигляді підцілей, які, у свою чергу, трансформуються в конкретні завдання та операційні показники. Такий підхід дозволяє забезпечити узгодженість між різними рівнями управління та створити цілісну систему контролю реалізації стратегії. При цьому KPI виконують роль сполучної ланки між стратегічним баченням і практичною діяльністю підприємства [1].

З метою узагальнення теоретичних підходів до формування системи ключових показників ефективності та відображення їх місця у структурі стратегічного управління доцільно представити концептуальну модель взаємозв’язку між основними елементами стратегії та індикаторами її реалізації, що наведена на рисунку 1.

Рис. 1. Концептуальна модель формування системи KPI у стратегічному управлінні *(розроблено на основі [1])*

Важливим аспектом є також класифікація KPI за їх функціональним призначенням. Зокрема, доцільно виокремлювати результативні показники (output KPI), що характеризують досягнуті результати, та процесні показники (input KPI), які відображають ефективність виконання окремих бізнес-процесів. Такий поділ дозволяє не лише оцінювати кінцеві результати, а й здійснювати управлінський вплив на етапах їх формування.

Крім того, KPI можуть бути згруповані за стратегічними напрямами діяльності підприємства, такими як фінансова ефективність, клієнтська орієнтованість, внутрішні бізнес-процеси та інноваційний розвиток. Це відповідає сучасним підходам до побудови збалансованих систем показників, де оцінювання здійснюється не лише за фінансовими результатами, а й за нефінансовими параметрами, що формують довгострокову конкурентоспроможність [2].

У процесі формування KPI-системи важливо забезпечити не лише їх змістовну релевантність, а й можливість кількісного вимірювання. Для цього застосовуються спеціальні аналітичні інструменти, що дозволяють оцінити ступінь покриття стратегічних цілей відповідними показниками. Одним із таких інструментів є індекс стратегічного покриття KPI, який відображає узагальнений рівень відповідності системи індикаторів стратегічним орієнтирам підприємства.

$$I_{KPI} = \sum_{i=1}^{n} \frac{w_i \times R_i}{T \times A}, \quad (1)$$

де w_i — ваговий коефіцієнт і-го показника, R_i — фактична результативність показника, T — тривалість стратегічного періоду, A — коефіцієнт узгодженості KPI зі стратегічними цілями.

Запропонований індекс дозволяє оцінити не лише факт наявності KPI, а й їхню якісну характеристику — ступінь впливу на досягнення стратегічних результатів. Чим вищим є значення індексу, тим більш збалансованою та ефективною є система показників.

Формування системи ключових показників ефективності є складним багаторівневим процесом, що поєднує стратегічне планування, аналітичне моделювання та управлінський контроль. KPI виступають не лише інструментом вимірювання, а й механізмом трансформації стратегії в практичну площину управління, забезпечуючи її реалізацію, моніторинг і адаптацію в умовах змінного середовища.

У сучасних умовах трансформації економіки ключовим завданням стратегічного управління стає не лише формування системи показників ефективності, а й забезпечення їх інтеграції у єдину управлінську та інформаційну архітектуру підприємства. Це зумовлено тим, що розрізнені показники, навіть за умов їх правильної побудови, не забезпечують цілісного уявлення про стан реалізації стратегії. Відтак виникає необхідність у формуванні інтегрованої системи KPI, яка поєднує стратегічні, тактичні та операційні рівні управління в єдину аналітичну модель.

Процес розроблення інтегрованої KPI-системи передбачає послідовну реалізацію кількох етапів. На першому етапі здійснюється ідентифікація стратегічних цілей підприємства та їх структуризація відповідно до ключових напрямів розвитку. Далі відбувається трансформація цих цілей у систему кількісних індикаторів, які можуть бути виміряні, проконтрольовані та проаналізовані. Важливим елементом цього процесу є визначення причинно-наслідкових зв’язків між показниками, що дозволяє формувати логічну модель досягнення стратегічних результатів [3].

Особливого значення набуває механізм каскадування KPI, який забезпечує декомпозицію стратегічних цілей на рівень структурних підрозділів підприємства. Такий підхід дозволяє досягти узгодженості між глобальними орієнтирами розвитку та операційною діяльністю. Наприклад, стратегічна мета підвищення конкурентоспроможності може бути деталізована у вигляді показників для різних функціональних підсистем: маркетингу, виробництва, фінансів та управління персоналом. Кожен із цих напрямів отримує власні KPI, які одночасно є частиною загальної системи стратегічного контролю.

З метою узагальнення взаємозв'язків між інформаційними потоками, цифровими інструментами та аналітичними компонентами системи управління доцільно візуалізувати рисунок 2 [4].

В умовах цифровізації особливу роль відіграє інтеграція KPI у сучасні інформаційні системи управління. Використання ERP-, CRM- та BI-платформ дозволяє забезпечити автоматизований збір, обробку та візуалізацію даних, що значно підвищує оперативність прийняття управлінських рішень. KPI-панелі (dashboards) стають інструментом постійного моніторингу стратегічних показників, що дає змогу керівництву оперативно реагувати на відхилення та прогнозувати подальший розвиток ситуації.

Рис. 2. Цифрова архітектура інтегрованої KPI-системи
(розроблено на основі [4])

Інтегрована KPI-система також передбачає узгодження показників за різними функціональними напрямами діяльності. Для цього використовується підхід, заснований на багатовимірному аналізі, де кожен показник розглядається не ізольовано, а в контексті взаємозв'язків із іншими індикаторами. Такий підхід дозволяє уникнути ситуацій, коли покращення одного показника призводить до погіршення іншого, що є типовою проблемою фрагментованих систем управління [5]. З практичної точки зору доцільно представити структуру узгодження стратегічних цілей і KPI у вигляді таблиці 1.

Таблиця 1.

Узгодження стратегічних цілей та KPI в інтегрованій системі управління
(розроблено на основі [5])

Стратегічна ціль	**Підцілі**	**KPI (результат)**	**KPI (процес)**	**Інструмент вимірювання**	**Відповідальний**
1	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**
Зростання ринкової позиції	Розширення клієнтської бази	Приріст частки ринку, %	Кількість нових клієнтів	CRM / BI-система	Директор з маркетингу

1	2	3	4	5	6
Підвищення ефективності діяльності	Оптимізація витрат	Рентабельність, %	Рівень витрат на одиницю продукції	ERP-система	Фінансовий директор
Інноваційний розвиток	Впровадження нових продуктів	Частка інноваційної продукції	Кількість нових розробок	R&D аналітика	Технічний директор

Важливим елементом інтегрованої KPI-системи є агрегування показників, що дозволяє сформувати узагальнену оцінку стратегічної ефективності підприємства. Для цього використовується метод зваженого підсумовування, який враховує значущість кожного індикатора у загальній системі.

$$E_{str} = \sum_{j=1}^{m} W_j \times \frac{KPI_j(t)}{KPI_j^{target}}, \quad (2)$$

де W_j — ваговий коефіцієнт j-го показника, $KPI_j(t)$ — фактичне значення показника, KPI_j^{target} — цільове значення показника.

Цей показник дозволяє оцінити загальний рівень досягнення стратегічних цілей із урахуванням різної ваги окремих KPI.

Окрім агрегованої оцінки, доцільно використовувати коефіцієнт ефективності досягнення окремих KPI, який характеризує ступінь виконання кожного показника відносно встановленого плану.

$$K_{eff} = \frac{KPI_{fact}}{KPI_{plan}}, \quad (3)$$

де KPI_{fact} — фактичне значення показника, KPI_{plan} — заплановане значення.

Практичне застосування цього коефіцієнта дозволяє здійснювати оперативний контроль за виконанням стратегічних завдань і своєчасно виявляти відхилення.

Для ілюстрації застосування розрахункових підходів розглянемо спрощений приклад. Припустимо, що для підприємства встановлено три ключові KPI із вагами 0,4; 0,35 та 0,25 відповідно. Якщо фактичні значення виконання становлять 90%, 80% та 110% від плану, то інтегральний показник ефективності становитиме [6]:

$$E_{str} = 0.4 \times 0.9 + 0.35 \times 0.8 + 0.25 \times 1.1 = 0.36 + 0.28 + 0.275 = 0.915.$$

Отримане значення (0,915) свідчить про високий рівень досягнення стратегічних цілей, хоча окремі показники потребують додаткової уваги.

Інтегрована система KPI виступає не лише інструментом оцінювання, а комплексною управлінською моделлю, що забезпечує взаємозв’язок між цілями,

процесами та результатами діяльності підприємства. Її впровадження в цифрове середовище дозволяє підвищити прозорість управління, забезпечити оперативність прийняття рішень та сформувати аналітичну основу для стратегічного розвитку.

У сучасному середовищі господарювання, що характеризується високим рівнем невизначеності, турбулентності ринків та швидкою зміною зовнішніх умов, ефективність стратегічного управління значною мірою залежить від здатності системи KPI не лише фіксувати результати, а й адаптуватися до нових викликів. Традиційні підходи, за яких ключові показники ефективності встановлюються на тривалий період і залишаються незмінними, втрачають свою релевантність, оскільки не враховують динаміку зовнішнього середовища та внутрішніх трансформацій підприємства [7].

У цьому контексті особливого значення набуває концепція адаптивної KPI-системи, яка передбачає можливість перегляду цільових орієнтирів, вагових коефіцієнтів та інтерпретації результатів залежно від змін у стратегічному середовищі. Такий підхід дозволяє перетворити KPI з інструменту статичного контролю на механізм динамічного управління, що забезпечує гнучкість і стійкість підприємства.

Оцінювання ефективності KPI-системи в умовах нестабільності базується на аналізі відхилень фактичних значень показників від запланованих. Однак важливо враховувати, що ці відхилення можуть бути зумовлені не лише внутрішніми управлінськими помилками, а й впливом зовнішніх факторів, таких як економічні кризи, зміни попиту або технологічні зрушення. Тому система оцінювання повинна включати механізми врахування ризиків і сценарних змін.

З огляду на необхідність забезпечення гнучкості стратегічного управління, особливого значення набуває формалізація процесу адаптації ключових показників ефективності до змін зовнішнього та внутрішнього середовища. З метою наочного відображення логіки взаємозв'язку між етапами моніторингу, аналізу та коригування показників доцільно представити рисунок 3 [8].

Одним із ключових інструментів оцінювання є аналіз ступеня відхилення KPI, який дозволяє визначити рівень відповідності фактичних результатів стратегічним орієнтирам. Водночас для більш глибокого аналізу доцільно враховувати вплив зовнішніх факторів, що модифікують інтерпретацію результатів.

$$\Delta KPI = \frac{KPI_{fact} - KPI_{target}}{KPI_{target}} \times \rho(t), \quad (4)$$

де KPI_{fact} — фактичне значення показника, KPI_{target} — цільове значення, ρ(t) — коефіцієнт впливу зовнішнього середовища (ризику) у момент часу t.

Рис. 3. Цикл адаптивного управління KPI в умовах нестабільності *(розроблено на основі [8])*

Запропонована модель дозволяє врахувати не лише абсолютне відхилення, а й коригувати його з урахуванням рівня зовнішніх збурень. Це забезпечує більш об'єктивну оцінку ефективності стратегічного управління.

Важливим аспектом адаптації KPI є зміна вагових коефіцієнтів показників у системі. У періоди стабільності ваги KPI залишаються відносно постійними, однак в умовах кризових або перехідних процесів певні показники можуть набувати більшої значущості. Наприклад, у період економічного спаду ключового значення набувають показники ліквідності та витрат, тоді як у фазі зростання — показники інноваційності та розширення ринку.

Практична реалізація адаптивного підходу передбачає використання сценарного управління KPI. У межах цього підходу формуються альтернативні сценарії розвитку подій (оптимістичний, базовий, кризовий), для кожного з яких визначаються відповідні значення KPI та механізми реагування. Це дозволяє підприємству не лише реагувати на зміни, а й проактивно готуватися до них [9].

Розглянемо спрощений приклад. Припустимо, що цільове значення KPI рентабельності становить 20%, фактичне — 16%, а коефіцієнт зовнішнього впливу дорівнює 0,8 (що відображає кризові умови). Тоді:

$$\Delta KPI = \frac{16 - 20}{20} \times 0.8 = -0.16.$$

Отримане значення свідчить про відхилення на рівні -16%, однак з урахуванням зовнішніх умов це відхилення може бути оцінене як допустиме або таке, що потребує часткового коригування, а не кардинальних змін стратегії.

Ще одним важливим елементом адаптації є регулярний перегляд системи KPI. Це передбачає аналіз актуальності показників, їх відповідності стратегічним цілям та ефективності використання у процесі прийняття рішень. У результаті

такого перегляду можуть змінюватися як самі показники, так і їх цільові значення, методи вимірювання та інтерпретації.

Оцінювання та адаптація KPI-системи є невід'ємною складовою сучасного стратегічного управління. Гнучка система показників дозволяє підприємству не лише контролювати процес реалізації стратегії, а й активно реагувати на зміни середовища, забезпечуючи стійкість, конкурентоспроможність та довгостроковий розвиток. KPI у такій системі виступають не лише інструментом вимірювання, а й механізмом стратегічної навігації, що визначає напрям руху організації в умовах невизначеності.

Висновок

У результаті проведеного дослідження встановлено, що інтегрована система ключових показників ефективності є необхідним інструментом сучасного стратегічного управління підприємством. Вона забезпечує трансформацію стратегічних цілей у систему кількісно вимірюваних параметрів, що дозволяє здійснювати об'єктивне оцінювання результативності діяльності організації.

Обґрунтовано, що ефективна KPI-система повинна базуватися на принципах стратегічної узгодженості, ієрархічності та інтегрованості, що забезпечує зв'язок між різними рівнями управління. Важливим елементом є також використання цифрових технологій, які дозволяють автоматизувати процеси збору та аналізу даних, підвищуючи оперативність прийняття управлінських рішень.

Запропоновані підходи до формалізації KPI, зокрема використання агрегованих індикаторів та коефіцієнтів ефективності, дозволяють оцінити рівень досягнення стратегічних цілей та виявити відхилення у процесі їх реалізації. Це створює основу для своєчасного коригування управлінських рішень. Особливого значення набуває адаптивність KPI-системи, яка забезпечує її здатність реагувати на зміни зовнішнього середовища. Використання сценарного підходу дозволяє враховувати ризики та формувати альтернативні варіанти розвитку, що підвищує стійкість підприємства.

Література

1. НАЗАРЧУК, Т., ТЮРІНА, Н., & БАКАЙ, А. (2024). ФОРМУВАННЯ СТРАТЕГІЧНО-ОРІНТОВАНОЇ СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ НА ЗАСАДАХ КЛЮЧОВИХ ПОКАЗНИКІВ ЕФЕКТИВНОСТІ. *Development Service Industry Management*, *3*, 101-107. https://doi.org/10.31891/dsim-2024-7(15)

2. Олійник, А.С., & Толочій, О.Р. (2025). Фактори ефективності проєктного менеджменту в умовах цифрової трансформації: концептуальний

підхід. *Актуальні питання економічних наук*, (15). https://doi.org/10.5281/zenodo.17214336

3. Астаф'єва, К.О., & Нікульнікова, Г.В. (2026). Показники ефективності маркетингових інформаційних систем територіального маркетингу в умовах електронної комерції. *Актуальні питання економічних наук*, (20). https://doi.org/10.5281/zenodo.19026076

4. Ареф'єва О.В., Тіщенко Є.А. Прийняття рішень в системі стратегічного управління бізнес-процесами як інструмент підвищення ефективності і конкурентоспроможності підприємств в умовах сталого розвитку // Український журнал прикладної економіки та техніки. – 2025. – Т. 10. – № 4. – С. 26–31. DOI: https://doi.org/10.36887/2415-8453-2025-4-4

5. Кулій Б.О. Застосування HR-контролінгу у муніципальному управлінні в аспекті підвищення ефективності кадрової політики за матеріалами Городоцької міської ради: кваліфікаційна робота магістра: 051 Економіка. HR-інжиніринг у бізнес-економіці / Б. О. Кулій ; Хмельниц. нац. ун-т. – Хмельницький, 2025. –91 с. URI: https://elar.khmnu.edu.ua/handle/123456789/20658

6. Самодай К.С. Система ключових показників ефективності (KPI) для стратегічного управління розвитком муніципальних організацій у цифрову добу // Вісник Одеського національного університету. Серія: Економіка. – 2025. – № 65. – С. 57–66. DOI: https://doi.org/10.32782/2413-2675/2025-65-8. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: http://www.vestnik-econom.mgu.od.ua/journal/2025/65-2025/10.pdf

7. Chupryna, G. Ryzhakova, V. Pokolenko, D. Prykhodko and A. Faizullin, "Establishment of the rational economic and analytical basis for projects in different sectors for their integration into the targeted diversified program for sustainable energy development," *2021 IEEE International Conference on Smart Information Systems and Technologies (SIST)*, 2021, pp. 1-9

8. Чуприна Ю.А. Методологічні проблеми фінансової стійкості територіальних громад як складової конкурентоспроможності територіального кластеру // – С. 165–168. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://repositary.knuba.edu.ua/server/api/core/bitstreams/5779b555-e7b8-43b4-b866-11e4fefac4a7/content

9. Криворучко О.М., Шморгун О.А. Розроблення стратегій управління персоналом в умовах цифровізації // Вісник економіки транспорту і промисловості. – 2025. – № 90. – DOI: https://doi.org/10.18664/btie.90.337059. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: http://btie.kart.edu.ua/article/view/337059

Kuzmich Yaroslav,
Kyiv National University of Construction and Architecture, Kyiv

DEVELOPMENT OF AN INTEGRATED SYSTEM OF KEY PERFORMANCE INDICATORS IN THE CONTEXT OF ASSESSING THE EFFECTIVENESS OF STRATEGIC MANAGEMENT

Modern enterprise management operates in conditions of increasing environmental dynamism, which necessitates the use of tools capable of ensuring objective and timely assessment of strategic performance. One of the key elements of such a system is performance indicators that enable the transformation of strategic goals into measurable parameters and ensure control over their achievement. The use of KPIs contributes to enhancing the transparency of management processes and provides an analytical foundation for well-informed decision-making.

The formation of an integrated system of indicators involves establishing logical relationships between strategic priorities, sub-goals, and operational outcomes. The alignment of indicators across different management levels ensures the integrity of strategy implementation and helps to avoid discrepancies between planning and actual results. A significant role is played by the integration of KPIs into the enterprise's digital environment. The application of modern information systems enables efficient data collection and processing, visualization, and continuous monitoring. This improves the quality of management, allows for rapid response to deviations, and ensures continuity of strategic control.

The application of quantitative evaluation methods, including aggregated indicators, makes it possible to generalize the results of enterprise activities and determine the level of achievement of strategic objectives.

Keywords: key performance indicators; strategic management; KPI system; integration; digitalization of management; enterprise efficiency; adaptive management; strategic control.

REFERENCES

1. Nazarchuk T., Tiurina N., Bakai A. Formation of a Strategically Oriented Management System Based on Key Performance Indicators // Development Service Industry Management. – 2024. – No. 3. – P. 101–107. DOI: 10.31891/dsim-2024-7(15) {in Ukrainian}
2. Oliinyk A.S., Tolochii O.R. Factors of Project Management Efficiency in the Context of Digital Transformation: A Conceptual Approach // Current Issues of Economic Sciences. – 2025. – No. 15. DOI: 10.5281/zenodo.17214336 {in Ukrainian}

3. Astafieva K.O., Nikulnikova H.V. Performance Indicators of Marketing Information Systems in Territorial Marketing under E-Commerce Conditions // Current Issues of Economic Sciences. – 2026. – No. 20. DOI: 10.5281/zenodo.19026076 {in Ukrainian}

4. Arefieva O.V., Tishchenko Ye.A. Decision-Making in the System of Strategic Business Process Management as a Tool for Increasing Enterprise Efficiency and Competitiveness in the Context of Sustainable Development // Ukrainian Journal of Applied Economics and Technology. – 2025. – Vol. 10. – No. 4. – P. 26–31. DOI: https://doi.org/10.36887/2415-8453-2025-4-4 {in Ukrainian}

5. Kulii B.O. Application of HR Controlling in Municipal Management in Terms of Improving Personnel Policy Efficiency (Based on the Materials of Horodok City Council): Master's Thesis in Specialty 051 "Economics". – Khmelnytskyi: Khmelnytskyi National University, 2025. – 91 p. [Online]. – Available at: https://elar.khmnu.edu.ua/handle/123456789/20658 {in Ukrainian}

6. Samodai K.S. Key Performance Indicators (KPI) System for Strategic Management of the Development of Municipal Organizations in the Digital Era // Odesa National University Herald. Series: Economics. – 2025. – No. 65. – P. 57–66. DOI: https://doi.org/10.32782/2413-2675/2025-65-8. [Online]. – Available at: http://www.vestnik-econom.mgu.od.ua/journal/2025/65-2025/10.pdf {in Ukrainian}

7. Chupryna Y., Ryzhakova G., Pokolenko V., Prykhodko D., Faizullin A. Establishment of the Rational Economic and Analytical Basis for Projects in Different Sectors for Their Integration into the Targeted Diversified Program for Sustainable Energy Development // 2021 IEEE International Conference on Smart Information Systems and Technologies (SIST). – 2021. – P. 1–9 {in English}

8. Chupryna Y.A. Methodological Problems of Financial Sustainability of Territorial Communities as a Component of Competitiveness of a Territorial Cluster. – P. 165–168. [Online]. – Available at: https://repositary.knuba.edu.ua/server/api/core/bitstreams/5779b555-e7b8-43b4-b866-11e4fefac4a7/content {in Ukrainian}

9. Kryvoruchko O.M., Shmorhun O.A. Development of Personnel Management Strategies under Digitalization Conditions // Bulletin of Transport Economics and Industry. – 2025. – No. 90. DOI: https://doi.org/10.18664/btie.90.337059. [Online]. – Available at: http://btie.kart.edu.ua/article/view/337059 {in Ukrainian}

DOI: 10.32347/2076-815X.2026.92.455-468
УДК 719
Кучабський К.В.,
kuchabskyi_kv-2025@knuba.edu.ua, ORCID: 0009-0009-8410-9217,
Київський національний університет будівництва і архітектури

ЛОКАЛЬНА ПАМ'ЯТЬ ЯК ЧИННИК МІСЬКОЇ РЕГЕНЕРАЦІЇ: ВІД КУЛЬТУРНИХ ПРАКТИК ДО ПРОСТОРОВИХ ЗМІН

У сучасній містобудівній практиці просторові зміни часто реалізуються як інфраструктурні або архітектурні втручання, тоді як довготривалі соціально-культурні процеси, що формують реальне використання середовища, залишаються недостатньо врахованими. Стаття досліджує, яким чином локальний історичний наратив може переходити у просторові практики та запускати процеси низової міської регенерації. Емпіричною основою є кейс ініціативи з комеморації українського шістдесятництва на Чоколівці в Києві, що розвивається з 2020 року навколо події «Світличник» і з часом розгорнулася у фестивальні формати, резиденцію «Уманська 35/20» та створення Простору Світличних. Дослідження виконано у логіці participatory action research і поєднує аналіз хронології подій, просторових практик і матеріальних інтервенцій із рефлексивною позицією дослідника-учасника. Показано, що міський простір у межах кейсу формується через послідовність взаємопов'язаних процесів: актуалізацію пам'яті, формування повторюваних практик взаємодії з місцем, виникнення практик турботи та появу матеріальних змін. Виявлено, що нематеріальні ефекти — мережі взаємодії, локальна ідентичність, просторова зв'язність та інституційна спроможність — передують фізичним трансформаціям і визначають їхню стійкість. Окремо окреслено роль організаційної платформи як інфраструктури тяглості, що забезпечує накопичення ресурсів і підтримку процесу в часі. Отримані результати дозволяють інтерпретувати локальні культурні ініціативи як чинники просторової регенерації та можуть бути використані у передпроєктних дослідженнях і практиках планування поетапних змін у житлових районах.

Ключові слова: міська регенерація; просторові практики; локальна пам'ять; самоорганізація; етика турботи; міська стійкість; плейсмейкінг; participatory action research; залучення.

Постановка проблеми. У практиці міського розвитку просторові трансформації найчастіше мисляться як результат проєктного або інфраструктурного втручання: реконструкції території, благоустрою, створення нового об'єкта чи встановлення символічного елемента у публічному просторі.

Подібна логіка характерна і для роботи з історичною пам'яттю, де комеморація зазвичай реалізується через матеріальні маркери — пам'ятники, меморіальні знаки, назви вулиць або інформаційні таблички. У такому підході простір часто розглядається як кінцева точка втручання, а не як процес, що формується в часі через взаємодію людей, практик і середовища.

Водночас сталі просторові зміни рідко виникають як результат одноразового матеріального рішення. Їм передують менш помітні процеси — формування локальної уваги, повторюваних практик присутності, самоорганізації, довіри та турботи. Саме ці процеси часто залишаються поза фокусом містобудівного аналізу, передпроєктних досліджень і практик планування, хоча значною мірою визначають, чи матиме втручання реальне соціальне підґрунтя і чи стане простір справді спільним і життєздатним.

Особливо виразно ця проблема проявляється у роботі з локальною історією та пам'яттю. Історичний наратив зазвичай розглядається як об'єкт репрезентації, але рідше — як чинник просторових практик і самоорганізації. В українському контексті, особливо в умовах війни, зростає запит на локальну ідентичність і тяглість, що дозволяє розглядати історію як ресурс міської стійкості та трансформації.

Попри розвиток досліджень соціального виробництва простору, культурної пам'яті, міських спільнот та етики турботи, все ще бракує емпіричних кейсів, які б показували, як саме локальний історичний наратив, підтримуваний локальними акторами, переходить у тривалі просторові практики і створює передумови для міської регенерації. У зв'язку з цим постає потреба в аналізі таких процесів не лише як культурних або комеморативних, а як важливих складових просторового розвитку.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. У сучасних урбаністичних дослідженнях міський простір дедалі частіше розглядається не лише як результат архітектурного або планувального проєктування, а як процес, що формується через соціальні практики та взаємодії між людьми і середовищем. Одним із ключових теоретичних підходів у цьому напрямі є концепція соціального виробництва простору Анрі Лефевра, у якій простір постає як результат взаємодії матеріального середовища, соціальних відносин і практик повсякденного життя [6]. Близьку оптику пропонують дослідження повсякденних міських практик Мішеля де Серто, який описує місто як середовище, що постійно переосмислюється користувачами через повсякденні дії, маршрути і тактики використання простору [3]. У реляційній теорії простору Мартини Льов простір розглядається як результат взаємного розташування людей, об'єктів і практик, що формують просторові конфігурації та наділяють середовище значенням [7]. Цей підхід є важливим для даного дослідження, оскільки дозволяє розглядати

кейс Простору Світличних не як ізольовану локацію, а як частину ширшої мережі зв'язків між місцями, маршрутами, акторами і формами взаємодії. Важливим аспектом цих процесів є також сприйняття міського середовища мешканцями. У дослідженнях Кевіна Лінча показано, що уявлення про місто формується через систему маршрутів, орієнтирів і знакових місць, які виникають у процесі повсякденної взаємодії з простором [8].

Паралельно з цими підходами у дослідженнях культурної пам'яті підкреслюється її роль у формуванні значень міського середовища. У класичній концепції "місць пам'яті" П'єра Нора пам'ять пов'язується з матеріальними символами і локаціями, через які суспільство фіксує історичні наративи [10]. У подальших дослідженнях цей підхід розширюється: Аляйда Ассман розглядає культурну пам'ять як динамічний процес, що постійно актуалізується у нових соціальних і медіальних контекстах [1]. Пам'ять дедалі частіше аналізується як практика взаємодії з місцем. Зокрема, Карен Тілл вводить поняття *memory work*, підкреслюючи, що пам'ять формується через дії, події та форми присутності у просторі, які пов'язують минуле з повсякденним життям міста [14]. Подібну перспективу пропонують дослідження спадщини як процесу турботи про середовище, де спадщина розглядається не лише як об'єкт збереження, але як практика взаємодії спільнот із матеріальним і культурним середовищем [15].

Окремий напрям сучасних досліджень пов'язаний із практиками турботи і підтримки міського середовища. У теорії етики турботи Джоан Тронто турбота розглядається як соціальна практика, що підтримує функціонування спільнот, формує взаємозв'язки між людьми та середовищем і в цьому сенсі є важливою передумовою стійкості [17]. У роботах Марії Пуїг де ла Беллакаса турбота інтерпретується як матеріальна і реляційна практика, що формує взаємодію між людьми, об'єктами та просторами [11]. У контексті урбаністичних досліджень ці підходи розвиваються у роботах Шеннон Маттерн, яка підкреслює значення процесів *maintenance and care* — повсякденних дій із підтримки інфраструктури і середовища, що часто залишаються невидимими у традиційних моделях планування міста [9].

Важливим напрямом сучасних урбаністичних досліджень також є аналіз міських спільних просторів і самоорганізованих ініціатив. У концепції *urban commons* Ставрос Ставрідіс розглядає міський простір як результат процесів *commoning* — колективних практик спільного користування, підтримки і переосмислення середовища [13]. Подібні ідеї розвиваються у дослідженнях культурних просторів та локальних ініціатив, де культурні середовища розглядаються як потенційні *cultural commons*, що можуть формувати локальні мережі взаємодії та підтримувати стійкість міських спільнот [16]. Така перспектива дає можливість мислити про присвоєння простору не через

формальне володіння, а через спільне користування, турботу і накопичення соціального капіталу громади. У контексті українських досліджень важливим є аналіз центрів спільнотворення та культурних просторів як інфраструктури для розвитку локальної активності [4; 5]. У роботах Urban Coalition for Ukraine (Ro3kvit) також підкреслюється роль локальних ініціатив і культурних практик у формуванні нових соціальних і просторових зв'язків у містах, особливо в умовах криз і трансформацій [12]. У сучасних дослідженнях міська стійкість також дедалі частіше розглядається не лише як властивість інфраструктури, але і як здатність міських спільнот до адаптації, самоорганізації та взаємодії в умовах кризи [18; 19].

Таким чином, існуючі дослідження дозволяють розглядати міський простір як процес взаємодії соціальних практик, пам'яті та матеріального середовища. Водночас вони переважно зосереджені на теоретичних підходах або окремих аспектах цих процесів, залишаючи недостатньо розкритим питання їх емпіричної взаємодії у конкретних локальних кейсах.

Метою публікації є виявлення механізмів, через які локальний історичний наратив трансформується у просторові практики та ініціює процеси міської регенерації. На основі аналізу кейсу ініціативи «Світличник» на Чоколівці у Києві стаття розглядає механізм переходу від актуалізації пам'яті до формування повторюваних практик взаємодії з місцем, виникнення практик турботи та появи матеріальних змін у просторі. Дослідження спрямоване на виявлення послідовності цих процесів і осмислення ролі локальних культурних ініціатив та організаційних платформ у формуванні низових форм міської регенерації.

Основна частина. Матеріалом для дослідження є ініціатива з комеморації українського шістдесятництва на Чоколівці у Києві, що розвивається з 2020 року. У фокусі дослідження — процеси, через які локальний історичний наратив поступово переходить у практики взаємодії з міським середовищем і впливає на формування просторових змін.

Ініціатива виникла у 2020 році як спроба актуалізувати локальну історію українського шістдесятництва, пов'язану з постаттю літературознавця і дисидента Івана Світличного. У 1960-х роках він мешкав на вулиці Уманській 35 на Чоколівці, а квартира родини Світличних була одним із місць зустрічей кола шістдесятників. У межах локальної історії району ця локація тривалий час залишалася майже непомітною у публічному просторі, попри перейменування вулиці на честь Івана Світличного.

Перший «Світличник» був організований як культурна подія у публічному просторі поруч із будинком на Уманській 35. Формат події частково спирався на реконструкцію атмосфери дому Світличних, відомої зі спогадів їхніх сучасників. У просторі з'явилися елементи, що відсилали до цього повсякдення: бібліотека і

буккросинг, чай і традиційні страви, музика епохи. Таким чином історичний наратив був переведений із рівня текстів і спогадів у форму безпосереднього досвіду взаємодії з місцем.

На початковому етапі подія виконувала передусім функцію актуалізації локальної історії та пояснення її контексту для мешканців району. Вона дозволяла співвіднести нову назву вулиці з конкретною постаттю і місцем, пов'язаним з історією українського культурного опору. У цьому сенсі подія стала механізмом локалізації історичного наративу у просторі району.

Важливою особливістю цього формату було те, що комеморація відбувалася не через встановлення матеріального меморіалу, а через культурну подію у публічному просторі. Такий підхід відповідає сучасним дослідженням міської пам'яті, у яких пам'ятання розглядається як процес, що формується через практики взаємодії людей із конкретними місцями [1; 14].

Проведення події безпосередньо біля будинку на Уманській створило нову точку уваги у просторі району. Локація, яка раніше не мала виразного символічного значення у повсякденному сприйнятті мешканців, почала поступово асоціюватися з історією українського шістдесятництва та культурними подіями.

Після першої події ініціатива поступово почала переходити від одноразового культурного жесту до регулярних форм взаємодії з місцем. Повторюваність події «Світличник», прив'язаної до дня народження Івана Світличного, створила часовий ритм, через який історичний наратив почав закріплюватися у просторі району та у колективній пам'яті учасників. Важливо, що з часом подія розширювалася і ставала більш поліфонічною за формою, включаючи нові голоси, мистецькі інтерпретації та способи взаємодії з темою. Фестиваль поступово розширював свою форматну рамку: до програми увійшли дискусії, лекції, мейкерські воркшопи, покази кіно, музичні виступи та аудіопрогулянки районом. Навколо теми почали об'єднуватися митці та локальні активісти, зокрема Настя Лелюк та Лос Соломас. Саме ця повторюваність і відкритість формату стали першим кроком до формування стійкіших просторових практик [6; 14].

Паралельно з подієвим форматом почали виникати менш помітні, але не менш важливі практики повсякденної взаємодії з простором. Учасники ініціативи та команда платформи «Острів» — локального науково-мистецького осередку, що діє на Чоколівці, — почали регулярно відвідувати територію навколо будинку на Уманській 35, поєднуючи ці відвідування з прогулянками через парк і ротонду, одну з впізнаваних, хоча тривалий час маргіналізованих локацій району. З часом ці переміщення сформували повторювані маршрути, що стали частиною повсякденного досвіду взаємодії з районом.

Такі практики поступово змінювали ментальну карту місцевості. Просторовий зв'язок між платформою «Острів», ротондою у парку та будинком на Уманській почав сприйматися як єдина послідовність місць, хоча раніше ці точки існували у сприйнятті мешканців як розрізнені. Повторювані маршрути не лише формували нові способи взаємодії з окремими локаціями, але й зшивали між собою різні частини району, розділені транспортною магістраллю, активізуючи проміжні простори [8].

Подібні процеси можна описати також через поняття повсякденних просторових практик, запропоноване Мішелем де Серто. У його підході місто формується не лише через інституційне планування, але й через щоденні тактики використання простору його користувачами [3]. Повторювані маршрути, неформальні зупинки, спільні прогулянки або екскурсії поступово створюють нові сценарії використання міського середовища.

У межах цього кейсу події і повсякденні маршрути виконували різні функції. Подія створює інтенсивний досвід: вона концентрує увагу на певному місці і тимчасово змінює спосіб його використання. Наприклад, проведення концертів на ротонді завдяки використанню звуку і світла тимчасово змінювало атмосферу локації, створюючи новий досвід присутності у просторі. Натомість регулярні прогулянки і повторювана присутність працюють у режимі повсякденності. Вони дозволяють спостерігати середовище у звичному стані, взаємодіяти з іншими користувачами простору, що поступово формує колективне відчуття стабільності та передбачуваності місця.

У результаті цих процесів поступово формувалася нова просторова зв'язність району: окремі точки — платформа «Острів», ротонда у парку та будинок на Уманській — почали сприйматися як послідовний маршрут. Саме на цьому етапі відбувався перехід від символічної актуалізації історії до формування більш тривалих відносин між людьми і місцем, що згодом створило передумови для появи практик турботи.

Поступове формування просторових практик створило передумови для виникнення іншого типу взаємодії з середовищем — практик турботи. Якщо на попередньому етапі взаємодія з місцем відбувалася переважно через події та маршрути, то з часом вона почала включати дії, спрямовані на підтримку і покращення простору. Одним із переломних моментів стало висаджування меморіальних клумб разом із мешканцями району.

Такі практики проявлялися у різних формах: прибиранні території перед подіями, догляді за зеленими насадженнями, тимчасових облаштуваннях простору, дрібних ремонтах, зокрема оновленні фарби ротонди або під час спільних толок перед подіями. Хоча ці дії були відносно невеликими за

масштабом, їхня регулярність створювала відчуття відповідальності за місце і поступово змінювала спосіб взаємодії з ним.

У дослідженнях міського середовища подібні практики часто описуються через концепцію турботи (*care*). У межах етики турботи Джоан Тронто турбота розглядається як соціальна діяльність, спрямована на підтримку і відновлення спільного середовища. У цьому підході турбота включає не лише емоційний аспект, але й конкретні дії, через які люди підтримують взаємозв'язки між собою та середовищем [2; 11].

Як показують дослідження повсякденних практик підтримки інфраструктури, процеси обслуговування, догляду і дрібних втручань часто залишаються малопомітними у традиційних моделях планування міста [9]. У межах цього кейсу йдеться не про інституційну підтримку інфраструктури у вузькому сенсі, а про близьку за логікою форму колективного догляду за просторами, що також забезпечує їх тривале функціонування.

У межах розглянутого кейсу практики турботи стали важливим етапом переходу від символічної взаємодії з місцем до більш тривалих форм присутності у просторі. Учасники ініціативи почали сприймати окремі локації району не лише як місця проведення подій, але як середовище, за яке вони частково несуть відповідальність.

У результаті простори на Уманській та поруч із нею поступово змінювали свій статус: від нейтральної або транзитної території до місця спільної уваги і взаємодії. Саме через такі практики формується відчуття приналежності до середовища і виникають передумови для подальших просторових змін.

У ширшій перспективі такі практики можна розглядати і як один із чинників міської стійкості. У сучасних дослідженнях міська стійкість дедалі частіше розглядається не лише як властивість інфраструктури або планувальних рішень, а як здатність спільнот до самоорганізації, взаємодії та адаптації в умовах кризи [18; 19]. Спільний досвід подій, толок і турботи про простір формує не лише локальну ідентичність, але й базову соціальну інфраструктуру довіри. Спільний досвід подій і турботи формує соціальну інфраструктуру довіри, що підсилює здатність спільноти до взаємодії та адаптації в кризових ситуаціях, зокрема в умовах війни. У межах цього кейсу така стійкість проявляється не як абстрактна властивість, а як потенціал до взаємодопомоги, координації і швидшого реагування.

Поступове формування просторових практик і практик турботи з часом створило передумови для більш помітних змін у фізичному середовищі району. Якщо на попередніх етапах трансформації були пов'язані передусім зі зміною сприйняття місця і формуванням нових соціальних зв'язків, то згодом вони почали проявлятися і у матеріальних втручаннях у простір.

Одним із прикладів стала ротонда у парку, яка тривалий час сприймалася мешканцями радше як маргіналізований і занедбаний елемент середовища. Проведення концертів, зустрічей і культурних подій у цьому просторі поступово змінило його символічний статус. Ротонда почала асоціюватися з культурними подіями і спільними зустрічами, що перетворило її на одну з точок тяжіння у локальній ментальній карті району. Згодом у районі з'явилися трафарети з портретами і цитатами шістдесятників, створені мешканцями, не пов'язаними безпосередньо з ініціативою.

Зміна способів використання просторів району створила передумови для появи різних типів матеріальних втручань — інформаційних табличок, візуальних маркерів, тимчасових інсталяцій або інших невеликих просторових елементів, пов'язаних із темою шістдесятництва. Такі втручання не запускали процес змін самі по собі, але робили вже сформовані практики більш видимими для ширшого кола користувачів середовища.

Паралельно з цими символічними змінами почав розвиватися і більш довготривалий просторовий проєкт — трансформація приміщення на Уманській 35 у майбутній Простір Світличних. У цьому випадку регенерація пов'язана з виявленням і реактуалізацією прихованого потенціалу наявної, занедбаної інфраструктури. Спочатку це місце існувало лише як символічна точка, пов'язана з історією родини Світличних. Згодом воно стало об'єктом спільнокошту, волонтерських робіт та організаційної взаємодії різних учасників ініціативи. У межах ініціативи така логіка проявляється у переосмисленні ротонди як концертного майданчика, гаражних просторів як основи для соціального кафе, а підвального приміщення — як потенційного культурного центру. Запустився процес адаптації і повторного включення існуючих просторів у життя спільноти.

На цьому етапі до процесу почали долучатися нові актори — мешканці району, культурні організації, дослідники, представники місцевих інституцій та університетського середовища. Таким чином локальна ініціатива поступово перетворювалася на ширшу мережу взаємодій, у якій історичний наратив виконував роль спільної точки відліку.

У результаті цих процесів просторові зміни почали формуватися не як результат одного масштабного проєкту, а як наслідок накопичення різних типів практик у часі. Ці етапи не утворюють жорстку лінійну послідовність, а радше формують повторювані цикли, у яких кожна нова ітерація взаємодії з місцем може знову актуалізувати пам'ять, практики і матеріальні зміни. Матеріальні втручання у цьому випадку виконували передусім роль фіксації змін у сприйнятті і використанні простору, що вже відбулися на рівні соціальних взаємодій.

На основі аналізу кейсу запропоновано узагальнену модель процесу:

Етап	**Характер змін**
Пам’ять	актуалізація локального історичного наративу
Просторові практики	події, маршрути, повторювана присутність
Турбота	догляд за простором, спільні роботи
Матеріальні зміни	символічні маркери, невеликі просторові втручання
Регенерація	розвиток стійкого спільного середовища

Важливою умовою тяглості описаного процесу була не лише повторюваність практик, але й наявність організаційного середовища, здатного підтримувати їх у часі. Його тяглість була пов’язана з наявністю організаційної платформи, здатної утримувати тему в часі та створювати умови для поступового розвитку ініціативи. У розглянутому кейсі таку роль відіграла науково-мистецька платформа «Острів». Фізична присутність платформи в районі створювала важливу інфраструктурну основу процесу. Простір «Острова», що існує з 2013 року, функціонував як місце зустрічей, подій, навчання і спільної роботи, забезпечуючи точку тяжіння для локальних ініціатив. Це дозволяло не починати кожен цикл взаємодії заново, а поступово накопичувати досвід, ресурси і соціальні зв’язки. У цьому сенсі платформа виконувала роль інфраструктури тяглості — середовища, в якому ініціативи могли з’являтися, змінювати форми та взаємодіяти між собою.

Водночас платформа не фіксувала єдиного наративу і не централізувала зміст ініціативи. Її функція полягала радше у створенні умов, у яких різні актори могли працювати з темою у власний спосіб. Така організаційна модель дозволяла ініціативі зберігати відкритість і водночас підтримувати її тривалість у часі.

Висновки. Проведене дослідження показує, що локальні культурні практики можуть виступати чинником самоорганізації спільноти, акумуляції ресурсів і поступового формування нових сценаріїв використання міського простору, тоді як локальний історичний наратив надає цьому процесу стійку символічну основу і внутрішню енергію. На прикладі ініціативи «Світличник» на Чоколівці продемонстровано, що робота з локальною пам’яттю може переходити з рівня символічної комеморації у сферу повсякденних практик взаємодії з міським середовищем.

Аналіз кейсу дозволяє виділити послідовність взаємопов’язаних процесів, через які культурний наратив поступово трансформується у просторові зміни: актуалізація пам’яті, формування повторюваних практик взаємодії з місцем,

виникнення практик турботи, поява матеріальних втручань і поступове формування середовища спільного користування. У цій логіці матеріальні зміни виникають не як початковий етап трансформації, а як результат накопичення соціальних практик і взаємодій у просторі.

Дослідження також показує, що важливу роль у цих процесах відіграють локальні культурні ініціативи та організаційні платформи. Їхня діяльність створює інфраструктуру для тривалих процесів взаємодії з місцем, сприяє формуванню соціальних мереж, локальної ідентичності та нових сценаріїв використання міського середовища. Таким чином низові культурні ініціативи можуть виступати агентами просторової регенерації, особливо на ранніх етапах трансформації міських територій. Крім того, результати дослідження дають підстави розглядати такі процеси як важливий соціальний вимір міської стійкості, оскільки вони формують мережі довіри, навички співдії та здатність локальної спільноти до адаптації в умовах безпекових викликів і ресурсної нестачі.

Водночас описаний процес не слід розуміти як жорстку універсальну модель, що може бути механічно відтворена в іншому контексті. Поєднання конкретного місця, історичного наративу, соціального складу району і особистих мотивацій учасників є унікальним. Відтворюваною може бути радше логіка розвитку ініціативи: опора на локальну тему з чіткою просторовою прив’язкою, початок із невеликих практик взаємодії з місцем, поступове нарощування інтенсивності дій і формування мережі взаємин, здатної підтримувати процес у часі.

Отримані результати дозволяють розглядати культурні практики і роботу з локальною пам’яттю як важливий ресурс просторового розвитку міських районів. Подальші дослідження можуть бути спрямовані на порівняння подібних ініціатив у різних міських контекстах, а також на аналіз ролі культурних просторів і локальних платформ як інфраструктури для довготривалих процесів спільнотворення та міської регенерації.

Наукова новизна дослідження полягає у виявленні механізму переходу локального історичного наративу у просторові практики та обґрунтуванні ролі організаційних платформ як інфраструктури тяглості у процесах міської регенерації.

Література.

1. Assmann A. (2011) 'Cultural Memory and Western Civilization: Functions, Media, Archives.' Cambridge: Cambridge University Press, 376, pp. 26–39. https://doi.org/10.1017/CBO9780511996306

2. Barnes M. (2012) 'Care in Everyday Life: An Ethic of Care in Practice.' Bristol: Policy Press, 224, pp. 125–132. https://policy.bristoluniversitypress.co.uk/care-in-everyday-life

3. Certeau M. de (1984) 'The Practice of Everyday Life.' Berkeley: University of California Press, 229, pp. 91–117. https://archive.org/details/practiceofeveryd00cert

4. Cedos (2023) 'Простір, що творить спільноту: дослідження функціонування центрів спільнотворення.' https://cedos.org.ua/researches/prostir-shho-tvoryt-spilnotu-doslidzhennya-funkczionuvannya-czentriv-spilnotvorennya/

5. Cedos (2023) 'Як розвивати центри спільнотворення: приклади та практичні поради.' https://cedos.org.ua/researches/yak-rozvyvaty-czentry-spilnototvorennya-pryklady-ta-praktychni-porady/.

6. Lefebvre H. (1991) 'The Production of Space.' Oxford: Blackwell Publishing, 454, pp. 31–36. https://monoskop.org/images/7/75/Lefebvre_Henri_The_Production_of_Space.pdf

7. Löw M. (2016) 'The Sociology of Space: Materiality, Social Structures, and Action.' New York: Palgrave Macmillan, 240, pp. 9–21. https://doi.org/10.70771/jocw.v5i1.52

8. Lynch K. (1960) 'The Image of the City.' Cambridge: MIT Press, 194, pp. 46–90. https://mitpress.mit.edu/9780262620017/the-image-of-the-city/

9. Mattern S. (2018) 'Maintenance and Care.' Places Journal https://placesjournal.org/article/maintenance-and-care/

10. Nora P. (1989) 'Between Memory and History: Les Lieux de Mémoire.' Representations. https://www.jstor.org/stable/2928520

11. Puig de la Bellacasa M. (2017) 'Matters of Care: Speculative Ethics in More than Human Worlds.' Minneapolis: University of Minnesota Press, 280, pp. 11–23. https://www.upress.umn.edu/9781517900656/matters-of-care/

12. Ro3kvit Urban Coalition for Ukraine (2023) 'Rebuilding Ukraine: Principles and Policies.' Berlin: Ro3kvit. https://ro3kvit.com/

13. Stavrides S. (2016) 'Common Space: The City as Commons.' London: Zed Books, 256, pp. 55–80. https://doi.org/10.5040/9781350219267

14. Till K. (2012) 'Wounded Cities: Memory-Work and a Place-Based Ethics of Care.' Political Geography. https://doi.org/10.1016/j.polgeo.2011.10.008

15. Veldpaus L., Szemző H. (2021) 'Heritage as a Matter of Care, and Conservation as Caring for the Matter.' https://doi.org/10.4324/9781003031536-23

16. Schaik M. van (2018) Culture commons for resilient Ukraine. Ro3kvit Urban Coalition for Ukraine https://drive.google.com/file/d/1dtCsMOYy6rUqHvk0JiTP9W6twoJRiRNv

17. Tronto J. (2020) 'Moral Boundaries: A Political Argument for an Ethic of Care.' New York: Routledge, 224, pp. 107–128. https://doi.org/10.4324/9780429499149

18. Апостолова-Сосса Л. (2025) 'Посилення міської стійкості засобами просторового та стратегічного планування.' Містобудування та територіальне планування, 2026, 91, 338-352. DOI: 10.32347/2076-815x.2026.91.338-352.

19. Дронова О.Л., Кононенко О.Ю. (2019). Славутич: формування потенціалу стійкості міста в умовах сучасних викликів та загроз. Ukrainian Geographical Journal, 2019, 3(107), 22–36. https://doi.org/10.15407/ugz2019.03.022

Kuchabskyi Kostiantyn,
Kyiv National University of Construction and Architecture

LOCAL MEMORY AS A DRIVER OF URBAN REGENERATION: FROM CULTURAL PRACTICES TO SPATIAL TRANSFORMATIONS

In contemporary urban planning practice, spatial transformations are often implemented as infrastructural or architectural interventions, while long-term socio-cultural processes shaping the actual use of space remain insufficiently considered. This article explores how a local historical narrative can be transformed into spatial practices and initiate processes of grassroots urban regeneration. The empirical basis of the study is a case of a commemorative initiative dedicated to the Ukrainian Sixtiers movement in the Chokolivka district of Kyiv, developed since 2020 around the event “Svitlychnyk” and later expanded into festival formats, the residency “Umanska 35/20,” and the creation of the Svitlychnyi Space. The research follows the logic of participatory action research and combines analysis of event chronology, spatial practices, and material interventions with the reflexive position of the researcher as a participant. The study demonstrates that urban space within this case is shaped through a sequence of interconnected processes: activation of memory, formation of recurring practices of engagement with place, emergence of care practices, and subsequent material transformations. It is shown that intangible effects—networks of interaction, local identity, spatial connectivity, and institutional capacity—precede and reinforce physical changes. Special attention is given to the role of an organizational platform as

an infrastructure of continuity, enabling the accumulation of resources and sustaining the process over time. The findings provide an analytical framework for interpreting local cultural initiatives as drivers of urban regeneration and may be useful for pre-design research and planning of phased spatial transformations in residential areas.

Keywords: urban regeneration; spatial practices; local memory; self-organization; ethics of care; urban resilience; placemaking; participatory action research; engagement.

REFERENCES.

1. Assmann A. (2011) 'Cultural Memory and Western Civilization: Functions, Media, Archives.' Cambridge: Cambridge University Press, 376, pp. 26–39. https://doi.org/10.1017/CBO9780511996306. {in English}
2. Barnes M. (2012) 'Care in Everyday Life: An Ethic of Care in Practice.' Bristol: Policy Press, 224, pp. 125–132. https://policy.bristoluniversitypress.co.uk/care-in-everyday-life. {in English}
3. Certeau M. de (1984) 'The Practice of Everyday Life.' Berkeley: University of California Press, 229, pp. 91–117. https://archive.org/details/practiceofeveryd00cert. {in English}
4. Cedos (2023) 'Простір, що творить спільноту: дослідження функціонування центрів спільнотворення.' https://cedos.org.ua/researches/prostir-shho-tvoryt-spilnotu-doslidzhennya-funkczionuvannya-czentriv-spilnotvorennya/.{in English}
5. Cedos (2023) 'Як розвивати центри спільнотворення: приклади та практичні поради.' https://cedos.org.ua/researches/yak-rozvyvaty-czentry-spilnototvorennya-pryklady-ta-praktychni-porady/.{in English}
6. Lefebvre H. (1991) 'The Production of Space.' Oxford: Blackwell Publishing, 454, pp. 31–36. https://monoskop.org/images/7/75/Lefebvre_Henri_The_Production_of_Space.pdf. {in English}
7. Löw M. (2016) 'The Sociology of Space: Materiality, Social Structures, and Action.' New York: Palgrave Macmillan, 240, pp. 9–21. https://doi.org/10.70771/jocw.v5i1.52. {in English}
8. Lynch K. (1960) 'The Image of the City.' Cambridge: MIT Press, 194, pp. 46–90. https://mitpress.mit.edu/9780262620017/the-image-of-the-city/. {in English}
9. Mattern S. (2018) 'Maintenance and Care.' Places Journal https://placesjournal.org/article/maintenance-and-care/.{in English}
10. Nora P. (1989) 'Between Memory and History: Les Lieux de Mémoire.' Representations. https://www.jstor.org/stable/2928520. {in English}

11. Puig de la Bellacasa M. (2017) 'Matters of Care: Speculative Ethics in More than Human Worlds.' Minneapolis: University of Minnesota Press, 280, pp. 11–23. https://www.upress.umn.edu/9781517900656/matters-of-care/.{in English}

12. Ro3kvit Urban Coalition for Ukraine (2023) 'Rebuilding Ukraine: Principles and Policies.' Berlin: Ro3kvit. https://ro3kvit.com/.{in English}

13. Stavrides S. (2016) 'Common Space: The City as Commons.' London: Zed Books, 256, pp. 55–80. https://doi.org/10.5040/9781350219267. {in English}

14. Till K. (2012) 'Wounded Cities: Memory-Work and a Place-Based Ethics of Care.' Political Geography. https://doi.org/10.1016/j.polgeo.2011.10.008. {in English}

15. Veldpaus L., Szemző H. (2021) 'Heritage as a Matter of Care, and Conservation as Caring for the Matter.' https://doi.org/10.4324/9781003031536-23. {in English}

16. Schaik M. van (2018) Culture commons for resilient Ukraine. Ro3kvit Urban Coalition for Ukraine. https://drive.google.com/file/d/1dtCsMOYy6rUqHvk0JiTP9W6twoJRiRNvю. {in English}

17. Tronto J. (2020) 'Moral Boundaries: A Political Argument for an Ethic of Care.' New York: Routledge, 224, pp. 107–128. https://doi.org/10.4324/9780429499149. {in English}

18. Apostolova-Sossa L. (2025) Posylennia miskoi stiikosti zasobamy prostorovoho ta stratehichnoho planuvannia. Mistobuduvannia ta terytorialne planuvannia, 2026, 91, 338-352. DOI: 10.32347/2076-815x.2026.91.338-352. {in Ukrainian}

19. Dronova O.L., Kononenko O.Yu. (2019). Slavutych: formuvannia potentsialu stiikosti mista v umovakh suchasnykh vyklykiv ta zahroz. Ukrainian Geographical Journal, 2019, 3(107), 22–36. https://doi.org/10.15407/ugz2019.03.022 {in Ukrainian}

DOI: 10.32347/2076-815X.2026.92.469-476
УДК 711.11
к.т.н., доцент **Лісниченко С.В.**,
dosssent@ukr.net, ORCID: 0000-0003-1054-1129,
Київський національний університет будівництва та архітектури

ПОКАЗНИКИ ВЛАСТИВОСТЕЙ ТЕХНІЧНОЇ БЕЗПЕКИ ПІДСОБНИХ ПРИМІЩЕНЬ КВАРТИР

На підставі аналізу нормативної документації, документальних даних та експертної оцінки, визначено чисельні значення і обґрунтування характеристик бракувальних, еталонних та базових показників простих властивостей зовнішньої та внутрішньої технічної безпеки підсобних приміщень квартир.

Ключові слова: експертна оцінка; підсобні приміщення квартири; інженерні мережі; еталонні; бракувальні; базові значення; відсотковий; документальний; експертний методи визначення показників; технічний стан; пожежна безпека.

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 підсобних приміщень квартир.

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 підсобних приміщень квартир відповідно до вимог нормативної документації в галузі будівництва і результатів експертних оцінок.

Методи дослідження базуються на використанні системного аналізу, загальнонаукового емпіричного (спостереження, опис) та теоретичного методів (аналіз, синтез), а також математичних моделей теорії кваліметрії.

Основний зміст дослідження: категорії та методи визначення бракувальних, базових та еталонних показників житлових 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] передбачено термін «підсобні приміщення квартири» та визначено позначене ним поняття:

«п.п. 3.26 підсобні приміщення квартири

Приміщення, призначені для гігієнічних або господарсько-побутових потреб мешканців (ванна, туалет, душова, приміщення для прання, кухня, гардеробна, комора), а також передпокій, внутрішньоквартирний хол, коридор».

Відповідно до вище наведених категорій і методів, а також на підставі аналізу нормативної документації, документальних даних та експертної оцінки, визначено наступні чисельні значення і обґрунтування характеристик бракувальних, еталонних та базових показників простих властивостей зовнішньої та внутрішньої технічної безпеки підсобних приміщень квартир, згідно розробленого кола властивостей містобудівної якості життя [3]:

кліматичний вплив:

- вітрові навантаження - входить до складної властивості технічної зовнішньої безпеки підсобних приміщень квартир 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 - входить до складної властивості технічної зовнішньої безпеки підсобних приміщень квартир 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 - входить до складної властивості технічної зовнішньої безпеки підсобних приміщень квартир 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 - входить до складної властивості технічної зовнішньої безпеки підсобних приміщень квартир, 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 - $q^{em}=100\%$;

технічний стан:

- інженерні мережі - входить до складної властивості технічної внутрішньої безпеки підсобних приміщень квартир, пов'язаної з технічним станом і характеризується фізичним зносом систем електропостачання, водопостачання (холодного та гарячого), каналізації, електроосвітлення та опалення. 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 інженерних мереж;
- несучі конструкції - входить до складної властивості технічної внутрішньої безпеки підсобних приміщень квартир, 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 - входить до складної властивості технічної внутрішньої безпеки підсобних приміщень квартир, 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 - входить до складної властивості технічної внутрішньої безпеки підсобних приміщень квартир і характеризується вогнестійкістю ненесучих стін і перегородок. Документальний метод визначення показника відповідно до п. 8.3 [8]: клас вогнестійкості ненесучих стін та/або перегородок (EI) в будинках I ступеня вогнестійкості $q^{баз}=q^{ет}>44хв.$, $q^{бр}<45хв.$; в будинках II й III ступенів вогнестійкості $q^{баз}=q^{ет}>59хв.$, $q^{бр}<60хв.$;
- сповіщення - входить до складної властивості технічної внутрішньої безпеки підсобних приміщень квартир 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 житлових приміщеннях будинків з умовною висотою 26,5 м і вище пожежних сповіщувачів $q^{баз}=100\%$; наявність в житлових приміщеннях всіх будинків пожежних сповіщувачів $q^{ет}=100\%$; відсутність в житлових приміщеннях всіх будинків пожежних сповіщувачів $q^{бр}=0\%$;
- евакуація - входить до складної властивості технічної внутрішньої безпеки підсобних приміщень квартир і характеризується розмірами евакуаційного виходу (дверей) з підсобних приміщень. Документальний метод визначення

показника відповідно до п. 5.16 [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, документальних даних та експертної оцінки визначено конкретні чисельні значення, обґрунтування характеристик і методи визначення бракувальних, еталонних та базових показників простих властивостей зовнішньої та внутрішньої технічної безпеки підсобних приміщень квартир.

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.1.1-12:2014 «Будівництво в сейсмічних районах України». - К.: Мінрегіонбуд, 2014. – 110 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.

Ph.D., associate professor **Lisnychenko Serhii**,
Kyiv National University of Construction and Architecture

INDICATORS OF TECHNICAL SAFETY PROPERTIES OF SUPPLY ROOMS OF APARTMENTS

According to the general algorithm of the first theoretical stage, the basic principles of formulating reference, basic and reject values of urban planning quality of life property indicators and their categories have been 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 utility rooms of apartments.

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 base
- indicator;
- regulated value of the product quality indicator - the value of the product quality indicator established by regulatory documentation;
- nominal value of the product quality indicator - the value of the product quality indicator, which corresponds to certain average or fixed conditions and is taken as the starting point for counting tolerances;
- limit value of product quality indicators - the maximum or minimum permissible value of the product quality indicator;
- optimal value of the product quality indicator - the value of the product quality indicator at which the greatest ratio of effectto 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 the product - a relative characteristic of product quality, built on a comparison of the values of the indicators characterizing 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 a range of indicators that characterize the technical perfection of the evaluated product, determining the values of these indicators and comparing them with the basic 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, documentary data and expert assessment, the numerical values and justification of the characteristics of the defective, reference and basic indicators of simple properties of external and internal technical safety of utility rooms of apartments were 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; utility rooms of apartments; engineering networks; reference; defective; basic values; percentage; documentary; expert methods of determining indicators; technical condition; fire safety.

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. {in Ukrainian}.

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.1.1-12:2014 «Budivnytstvo v seismichnykh raionakh Ukrainy». - K.: Minrehionbud, 2014. – 110 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}.

DOI: 10.32347/2076-815X.2026.92.477-488
УДК: 005.8:69.003:004.94
к.т.н., доцент **Малихін М.О.,**
malykhin.mo@knuba.edu.ua, ORCID: 0000-0002-9721-2733,
Київський національний університет будівництва і архітектури

РОЗРОБЛЕННЯ БАГАТОРІВНЕВОЇ МОДЕЛІ СЦЕНАРНО-ІМІТАЦІЙНОГО АНАЛІЗУ СТРАТЕГІЙ БУДІВЕЛЬНОГО ДЕВЕЛОПМЕНТУ З УРАХУВАННЯМ ІНЕРЦІЙНИХ ЕФЕКТІВ ОРГАНІЗАЦІЙНО-ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПРОЦЕСІВ

Сучасні умови функціонування будівельної галузі характеризуються високим рівнем динамічності, невизначеності та складності взаємодії між учасниками девелоперських процесів. Реалізація будівельних проєктів відбувається під впливом значної кількості зовнішніх і внутрішніх факторів, що формують багаторівневу систему управління з численними зворотними зв'язками. У таких умовах особливого значення набуває врахування часових затримок, накопичувальних ефектів і нелінійності процесів, які суттєво впливають на результати діяльності.

Багаторівнева модель сценарно-імітаційного аналізу розглядається як інструмент, що дозволяє відобразити взаємозв'язки між стратегічними, тактичними та операційними рівнями управління будівельним девелопментом. На стратегічному рівні формуються довгострокові орієнтири розвитку з урахуванням макроекономічних умов і інвестиційної привабливості. Тактичний рівень пов'язаний із формуванням портфеля проєктів, управлінням ресурсами та координацією взаємодії стейкхолдерів. Операційний рівень охоплює організаційно-технологічні процеси будівництва, включаючи планування робіт, використання ресурсів і дотримання строків виконання.

Ключові слова: будівельний девелопмент; сценарно-імітаційне моделювання; системний аналіз; інерційні ефекти; організаційно-технологічні процеси; управління проєктами; стратегічне планування; цифровізація будівництва.

Постановка проблеми: Сучасний розвиток будівельної галузі характеризується високим рівнем складності, багатофакторністю та динамічністю зовнішнього середовища. Девелоперські проєкти реалізуються в умовах невизначеності, що зумовлена коливанням економічних показників, змінами регуляторного середовища, технологічними інноваціями та поведінкою стейкхолдерів. Традиційні підходи до управління будівельними проєктами

часто не забезпечують належного рівня адаптивності та не дозволяють адекватно враховувати складні взаємозв'язки між елементами системи.

Особливої складності додають інерційні ефекти, що проявляються у вигляді часових затримок між прийняттям управлінських рішень та їх фактичними результатами, а також у накопиченні відкладених наслідків управлінських впливів. Недооцінка цих ефектів призводить до неефективного планування, перевищення термінів реалізації проєктів і зростання витрат.

У зв'язку з цим виникає необхідність розроблення нових підходів до аналізу та прогнозування розвитку будівельних систем, які б дозволяли враховувати складність їх структури, динаміку процесів та наявність зворотних зв'язків. Одним із таких підходів є сценарно-імітаційне моделювання, що забезпечує можливість дослідження альтернативних варіантів розвитку системи та оцінювання наслідків управлінських рішень у різних умовах.

Метою статті є розроблення теоретико-методичних засад та практичного інструментарію багаторівневої моделі сценарно-імітаційного аналізу стратегій будівельного девелопменту з урахуванням інерційних ефектів організаційно-технологічних процесів.

Досягнення поставленої мети передбачає вирішення таких завдань: обґрунтування доцільності використання системного підходу для аналізу будівельних девелоперських систем; визначення структури та основних елементів багаторівневої моделі; формування підходів до врахування інерційних ефектів у процесах моделювання; розроблення механізму формування сценаріїв розвитку; оцінювання впливу різних стратегій на ефективність реалізації будівельних проєктів.

Реалізація зазначених завдань спрямована на підвищення якості управлінських рішень, оптимізацію використання ресурсів та забезпечення стійкого розвитку будівельних підприємств у довгостроковій перспективі.

Аналіз останніх досліджень і публікацій: Проблематика управління складними соціально-економічними системами та застосування імітаційного моделювання активно досліджується у сучасній науковій літературі. Значний внесок у розвиток системного підходу здійснено у працях, присвячених загальній теорії систем, де обґрунтовано необхідність розгляду об'єктів як цілісних структур із взаємопов'язаними елементами.

У сфері управління проєктами дослідження зосереджені на врахуванні невизначеності, ризиків та динамічних змін середовища. Науковці підкреслюють важливість адаптивних підходів до управління, що базуються на аналізі сценаріїв та використанні інструментів моделювання для прогнозування результатів. Окремий напрям досліджень присвячений застосуванню цифрових технологій у будівництві, зокрема інформаційному моделюванню будівель,

інтеграції інтелектуальних систем та використанню великих даних для підтримки прийняття рішень.

Виклад основної інформації: Будівельний девелопмент у сучасних умовах господарювання розглядається як складна багатокомпонентна система, що поєднує інвестиційні, організаційні, технологічні та управлінські процеси. Його функціонування характеризується високим рівнем невизначеності, довготривалістю реалізації проєктів та значною залежністю від зовнішніх і внутрішніх факторів. У таких умовах формування ефективних стратегій розвитку вимагає застосування інструментарію, здатного враховувати динамічність середовища та багатоваріантність можливих сценаріїв.

Ключовим аспектом дослідження виступає трактування девелопменту як організаційно-технологічної системи, в межах якої взаємодіють ресурси, процеси та результати діяльності. Така система має ієрархічну структуру, що включає стратегічний рівень (визначення напрямів розвитку), тактичний рівень (планування реалізації проєктів) та операційний рівень (безпосереднє виконання будівельних робіт). Взаємозв’язок між цими рівнями зумовлює необхідність комплексного підходу до аналізу стратегій.

Особливу роль у формуванні та реалізації стратегій відіграє явище інерційності організаційно-технологічних процесів. Інерційність проявляється у затримці реакції системи на управлінські впливи, що обумовлено складністю перебудови виробничих процесів, обмеженістю ресурсів, технологічною залежністю етапів будівництва та інституційними факторами. У результаті навіть за наявності оптимальної стратегії ефект від її впровадження може проявлятися із запізненням, що суттєво впливає на кінцеву ефективність девелоперського проєкту.

З огляду на зазначені особливості, традиційні методи планування та прогнозування виявляються недостатньо ефективними, оскільки вони здебільшого базуються на статичних припущеннях та не враховують складної динаміки системи. Саме тому актуалізується використання сценарного підходу, який передбачає формування декількох альтернативних варіантів розвитку подій залежно від зміни ключових параметрів середовища. Сценарний аналіз дозволяє не лише оцінити можливі результати реалізації різних стратегій, але й визначити їх стійкість до впливу ризиків та невизначеності [1].

У свою чергу, імітаційне моделювання забезпечує можливість відтворення поведінки складної системи у часовому вимірі. Його перевагою є здатність враховувати нелінійні залежності, часові лаги та взаємозв’язки між окремими елементами системи. Поєднання сценарного підходу з імітаційним моделюванням створює методологічну основу для глибокого аналізу стратегій

будівельного девелопменту, дозволяючи досліджувати наслідки управлінських рішень у різних умовах функціонування.

Таким чином, сценарно-імітаційний аналіз можна визначити як інтегрований інструмент дослідження, що поєднує варіативність сценаріїв розвитку з можливістю моделювання динаміки організаційно-технологічних процесів. Його застосування у сфері будівельного девелопменту дозволяє підвищити обґрунтованість стратегічних рішень, мінімізувати вплив інерційних ефектів та забезпечити адаптивність системи до змін зовнішнього середовища.

Для узагальнення взаємозв'язків між ключовими елементами дослідження доцільно представити рисунок 1, який відображає взаємодію стратегій девелопменту, сценарних умов та інерційних процесів.

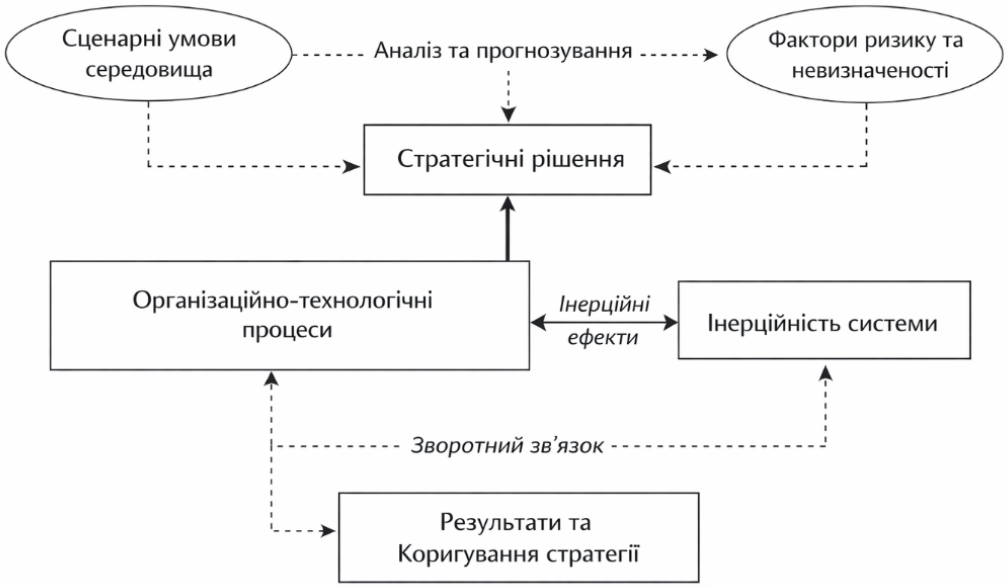


Рис. 1. Концептуальна схема взаємозв'язку стратегій девелопменту та інерційних процесів *(розроблено автором на основі [1])*

Стратегічні рішення формуються під впливом сценарних параметрів середовища, після чого реалізуються через організаційно-технологічні процеси, які, у свою чергу, характеризуються інерційністю. Зворотний зв'язок забезпечує адаптацію системи та коригування стратегій відповідно до отриманих результатів, що створює замкнений цикл управління девелоперською діяльністю.

Розроблення ефективного інструментарію аналізу стратегій будівельного девелопменту потребує формування багаторівневої моделі, здатної відобразити складну природу взаємодії економічних, організаційних і технологічних процесів. Запропонований підхід ґрунтується на інтеграції сценарного аналізу

та імітаційного моделювання, що дозволяє врахувати як варіативність зовнішнього середовища, так і внутрішню динаміку системи [2].

У структурному відношенні модель доцільно подати як трирівневу систему: макрорівень, мезорівень та мікрорівень. Макрорівень охоплює зовнішні фактори впливу — економічну кон'юнктуру, інституційні умови, інвестиційний клімат. Мезорівень відображає специфіку функціонування девелоперської організації, включаючи управлінські рішення, ресурсне забезпечення та портфель проєктів. Мікрорівень характеризує безпосередні організаційно-технологічні процеси реалізації будівельного проєкту, де проявляються інерційні ефекти [9].

Формалізація моделі передбачає введення системи змінних, серед яких ключовими є: обсяг інвестиційних ресурсів, тривалість реалізації проєкту, рівень витрат, показники доходності, а також коефіцієнт інерційності, що відображає затримку реакції системи на управлінські впливи. Взаємозв'язок між цими змінними формується через систему функціональних залежностей.

Базовим елементом моделі виступає цільова функція ефективності девелоперської стратегії, яка може бути представлена як співвідношення результатів до витрат з урахуванням часових та інерційних факторів:

$$E = \frac{R(t)}{C(t)} \times \frac{1}{1+\alpha}, \quad (1)$$

де E — інтегральний показник ефективності, R(t) — очікуваний результат (дохід) у момент часу t, C(t) — сукупні витрати, α — коефіцієнт інерційності процесів.

Для кількісного відображення інерційності доцільно використовувати наступну залежність:

$$\alpha = \frac{\Delta t}{T}, \quad (2)$$

де Δt — затримка у впровадженні управлінського рішення, T — загальна тривалість проєкту.

З урахуванням сценарного підходу, модель передбачає формування множини сценаріїв S_i, кожен з яких характеризується власним набором параметрів. Інтегральна оцінка ефективності з урахуванням імовірності реалізації сценаріїв визначається як:

$$E_{int} = \sum_{i=1}^{n} p_i \times E_i, \quad (3)$$

де p_i — ймовірність реалізації і-го сценарію, E_i — ефективність у межах відповідного сценарію.

Додатково доцільно врахувати вплив ризиків, що можуть змінювати результати реалізації стратегії. З цією метою вводиться коригуючий коефіцієнт ризику:

$$E_{adj} = E_{int} \times (1 - \beta), \quad (4)$$

де β — інтегральний показник ризику.

Запропонована система формул дозволяє комплексно оцінити ефективність стратегій девелопменту з урахуванням як сценарних умов, так і інерційних характеристик процесів.

Для більш наочного відображення внутрішньої логіки побудови запропонованої моделі та деталізації взаємозв'язків між її структурними елементами доцільно представити рисунок 2.

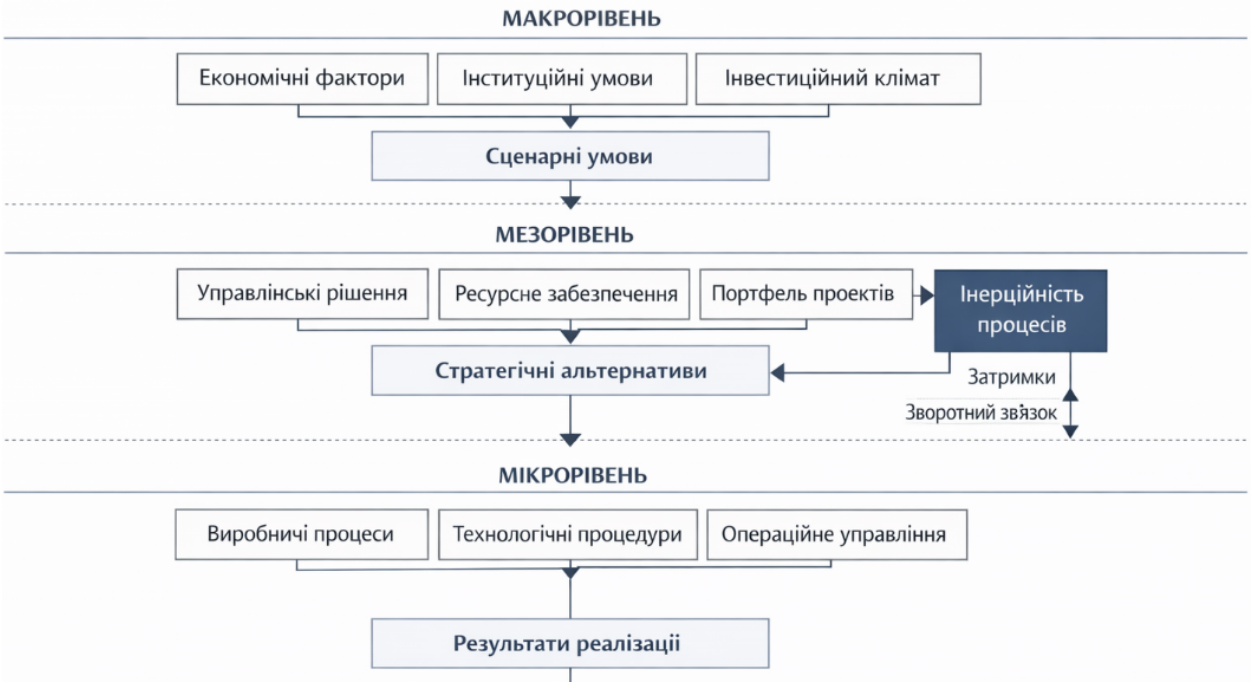


Рис. 2. Структурно-логічна схема багаторівневої моделі
(розроблено автором на основі [3])

Запропонована структурно-логічна схема відображає взаємозв'язок між рівнями моделі: зовнішні фактори формують сценарні умови на макрорівні, які трансформуються у стратегічні рішення на мезорівні та реалізуються через організаційно-технологічні процеси на мікрорівні. При цьому інерційність виступає ключовим модифікуючим фактором, що впливає на швидкість і результативність реалізації управлінських рішень [3].

Для ілюстрації практичного застосування моделі розглянемо умовний приклад. Припустимо, що в межах базового сценарію очікуваний дохід становить 120 млн грн, витрати — 90 млн грн, затримка реалізації — 6 місяців при загальній тривалості проєкту 24 місяці. Тоді:

- коефіцієнт інерційності:

$$\alpha = \frac{6}{24} = 0{,}25.$$

- ефективність:

$$E = \frac{120}{90} \times \frac{1}{1 + 0{,}25} \approx 1{,}07.$$

За умови врахування декількох сценаріїв та ризиків модель дозволяє отримати узагальнену оцінку ефективності та визначити найбільш доцільну стратегію розвитку.

З метою перевірки прикладної цінності розробленої багаторівневої моделі було здійснено її апробацію на умовному девелоперському проєкті житлового будівництва. Вихідні параметри сформовано з урахуванням типових характеристик ринку, включаючи обсяг інвестицій, тривалість реалізації, рівень витрат та прогнозовану дохідність. Особливу увагу приділено врахуванню інерційних ефектів, які проявляються у затримках виконання будівельних робіт, адаптації ресурсного забезпечення та зміні управлінських рішень [8].

В межах дослідження було сформовано три базові сценарії розвитку: оптимістичний, базовий та песимістичний. Оптимістичний сценарій передбачає сприятливу ринкову кон'юнктуру, стабільне фінансування та мінімальний рівень затримок. Базовий сценарій відображає найбільш імовірні умови реалізації проєкту з помірним рівнем ризиків. Песимістичний сценарій враховує можливі негативні фактори, такі як зростання вартості ресурсів, затримки будівництва та зниження попиту [4].

У процесі розрахунків встановлено, що інерційність організаційно-технологічних процесів суттєво впливає на результати реалізації стратегій. Зокрема, навіть за високих показників очікуваного доходу затримки у виконанні ключових етапів можуть призводити до зниження загальної ефективності. В межах оптимістичного сценарію ефективність є максимальною завдяки швидкій адаптації системи та мінімальним інерційним втратам. Базовий сценарій демонструє стабільні, але помірні результати, тоді як песимістичний — характеризується значним зниженням ефективності через накопичення негативних ефектів інерційності.

Для узагальнення результатів розрахунків доцільно представити їх у таблиці 1. Аналіз представлених результатів дозволяє зробити висновок про те, що ключовим фактором зниження ефективності є не лише співвідношення доходів і витрат, але й часові параметри реалізації проєкту.

Зростання затримок призводить до підвищення інерційності, що, у свою чергу, ускладнює адаптацію системи до змін середовища та знижує результативність управлінських рішень.

Важливим результатом апробації моделі є підтвердження необхідності врахування динамічних характеристик системи при формуванні стратегій девелопменту. Використання сценарно-імітаційного підходу дозволяє не лише оцінити поточну ефективність, але й прогнозувати наслідки реалізації різних управлінських альтернатив.

Таблиця 1.

Порівняльна оцінка ефективності стратегій девелопменту за сценаріями *(розроблено автором на основі [4])*

Сценарій	**Дохід, млн грн**	**Витрати, млн грн**	**Тривалість, міс**	**Затримка, міс**	**Рівень інерційності**	**Інтегральна ефективність**
Оптимістичний	140	95	22	2	Низький	Висока
Базовий	120	90	24	6	Середній	Стабільна
Песимістичний	100	92	28	10	Високий	Низька

З метою узагальнення логіки функціонування розробленої багаторівневої моделі та відображення її динамічного характеру доцільно представити рисунок 3. Такий підхід дозволяє наочно продемонструвати послідовність формування сценарних умов, реалізації стратегічних рішень, отримання результатів та їх подальшого коригування з урахуванням впливу інерційних процесів [5].

Рис. 3. Цикл адаптивного функціонування моделі *(розроблено автором на основі [6])*

Представлений цикл адаптивного функціонування моделі відображає безперервний процес прийняття, реалізації та коригування стратегічних рішень. Початковий етап передбачає формування сценарних умов, після чого здійснюється моделювання можливих варіантів розвитку. На основі отриманих результатів обирається найбільш ефективна стратегія, яка реалізується в межах девелоперського проєкту. Отримані результати аналізуються, що дозволяє

виявити відхилення та внести необхідні коригування, забезпечуючи таким чином адаптивність системи [7].

Висновок

Узагальнення теоретичних і прикладних аспектів управління будівельним девелопментом дозволяє констатувати необхідність переходу від традиційних підходів до більш комплексних інструментів аналізу, здатних враховувати динамічність, багаторівневість і невизначеність середовища. Використання сценарно-імітаційного підходу забезпечує можливість відтворення поведінки складних систем у часі та оцінювання наслідків управлінських рішень за різних умов розвитку подій.

Багаторівнева структура моделі дозволяє інтегрувати стратегічний, тактичний та операційний рівні управління в єдину систему, що сприяє узгодженості управлінських впливів і підвищує ефективність реалізації девелоперських проєктів. Врахування інерційних ефектів, зокрема часових затримок і накопичувальних процесів, дає змогу більш адекватно відобразити реальні умови функціонування будівельних систем і знизити ризик прийняття неефективних рішень.

Сценарний аналіз створює підґрунтя для вибору оптимальних стратегій розвитку, дозволяючи порівнювати альтернативні варіанти та оцінювати їх вплив на результати діяльності. Це, у свою чергу, підвищує обґрунтованість стратегічного планування та сприяє забезпеченню стійкості будівельних підприємств у довгостроковій перспективі.

Література

1. Von Bertalanffy L. General System Theory: Foundations, Development, Applications. – New York; George Braziller, 1968. – 289 p. [Електронний ресурс] – Режим доступу: https://surl.li/zazenw

2. Laracy, J. (2017) A Systems-Theoretic Security Model for Large Scale, Complex Systems Applied to the US Air Transportation System. *International Journal of Communications, Network and System Sciences*, 10, 75-105. doi: 10.4236/ijcns.2017.105005.

3. De Meyer A., Loch C.H., Pich M.T. Managing Project Uncertainty: From Variation to Chaos // *IEEE Engineering Management Review*. – 2002. – Vol. 43. – No. 3. – P. 91. DOI: 10.1109/EMR.2002.1032403

4. Sacks, R., Eastman, C., Lee, G. and Teicholz, P. (2018) BIM Handbook, a Guide to Building Information Modeling for Owners, Managers, Designers, Engineers, and Contractors, 3rd Edition, John Wiley & Sons Inc., New Jersey, Hoboken. https://doi.org/10.1002/9781119287568

5. Bouyahrouzi E.M., Benmimoun R., Yousra E.K., Bajjou M.S. Integrating Industry 4.0 Technologies and Maintenance 4.0 for Sustainable

Manufacturing: A Systematic Literature Review. – 2025. – DOI: 10.21203/rs.3.rs-7184682/v1 [Електронний ресурс] – Режим доступу: https://www.researchgate.net/publication/393972920_Integrating_Industry_40_Technologies_and_Maintenance_40_for_Sustainable_Manufacturing_A_Systematic_Literature_Review

6. Чорноус Г.О. Моделювання процесу прийняття управлінських рішень в соціально-економічних системах на основі інтелектуального аналізу даних; автореф. дис. на здобуття наук. ступеня д-ра екон. наук; спец. 08.00.11 – математичні методи, моделі та інформаційні технології в економіці / Київський національний університет імені Тараса Шевченка. – Київ, 2015. – 36 с. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://scc.knu.ua/upload/iblock/014/aref_Chornous%20G,O..pdf

7. Титок В.В. Формування моделі житлового будівництва в місті. Шляхи підвищення ефективності будівництва в умовах формування ринкових відносин: зб. наук. праць. К.: КНУБА, вип. 30. 2013. С. 90-98.

8. Чуприна Ю.А. , Федорова Я., Рижакова Г. Аналітичні компоненти та базові функціонали управління підприємством в сучасній системі будівельного девелопменту / Ю.А. Чуприна, Я. Федорова , Г. Рижакова, Г. Петренко, І. Гриненко, М. Ніколаєва // Управління розвитком складних систем, – К.: КНУБА, 2021. – №47. –с.130–137

9. Trach R., Chupryna I., Tormosov R., Druzhynin M., Trach Y., Ryzhakova G., Ratnikov D. An Integrated Fuzzy Logic and Network Analysis Approach to Assessing Supply Chain Stability in Prefabricated Construction // *Sustainability*. – 2026. – Vol. 18. – No. 3. – Article 1380. DOI: 10.3390/su18031380. [Online]. – Available at: https://repositary.knuba.edu.ua/server/api/core/bitstreams/48776bb1-f255-4868-bfda-f44ba8cd1f38/content

Associate Professor **Mykhailo Malykhin,**
Kyiv National University of Construction and Architecture, Kyiv, Ukraine

DEVELOPMENT OF A MULTI-LEVEL MODEL FOR SCENARIO-BASED SIMULATION ANALYSIS OF CONSTRUCTION DEVELOPMENT STRATEGIES WITH CONSIDERATION OF INERTIAL EFFECTS OF ORGANIZATIONAL AND TECHNOLOGICAL PROCESSES

Modern conditions of the construction industry are characterized by a high level of dynamism, uncertainty, and complexity of interactions among participants in development processes. The implementation of construction projects is influenced by

a wide range of external and internal factors that form a multi-level management system with numerous feedback loops. Under such conditions, particular importance is attached to accounting for time delays, cumulative effects, and process nonlinearity, which significantly affect performance outcomes.

A multi-level model of scenario-based simulation analysis is considered as a tool that enables the representation of interconnections between strategic, tactical, and operational levels of construction development management. At the strategic level, long-term development guidelines are formed, taking into account macroeconomic conditions and investment attractiveness. The tactical level is associated with project portfolio formation, resource management, and coordination of stakeholder interaction. The operational level covers organizational and technological construction processes, including work planning, resource utilization, and adherence to project timelines.

Keywords: construction development; scenario-based simulation modeling; systems analysis; inertial effects; organizational and technological processes; project management; strategic planning; construction digitalization.

REFERENCES

1. von Bertalanffy L. *General System Theory: Foundations, Development, Applications*. – New York: George Braziller, 1968. – 289 p. [Online]. – Available at: https://surl.li/zazenw {in English}

2. Laracy J.A Systems-Theoretic Security Model for Large Scale, Complex Systems Applied to the US Air Transportation System // *International Journal of Communications, Network and System Sciences*. – 2017. – Vol. 10. – P. 75–105. DOI: 10.4236/ijcns.2017.105005 {in English}

3. De Meyer A., Loch C. H., Pich M. T. Managing Project Uncertainty: From Variation to Chaos // *IEEE Engineering Management Review*. – 2002. – Vol. 43. – No. 3. – P. 91. DOI: 10.1109/EMR.2002.1032403 {in English}

4. Sacks R., Eastman C., Lee G., Teicholz P. *BIM Handbook: A Guide to Building Information Modeling for Owners, Managers, Designers, Engineers, and Contractors*. – 3rd ed. – Hoboken, NJ: John Wiley & Sons, 2018. DOI: 10.1002/9781119287568 {in English}

5. Bouyahrouzi E.M., Benmimoun R., Yousra E.K., Bajjou M.S. Integrating Industry 4.0 Technologies and Maintenance 4.0 for Sustainable Manufacturing: A Systematic Literature Review. – 2025. DOI: 10.21203/rs.3.rs-7184682/v1 [Online]. – Available at: https://www.researchgate.net/publication/393972920_Integrating_Industry_40_Technologies_and_Maintenance_40_for_Sustainable_Manufacturing_A_Systematic_Literature_Review {in English}

6. Chornous H.O. *Modeling of the Decision-Making Process in Socio-Economic Systems Based on Data Mining*: Abstract of Doctor of Economic Sciences Dissertation: Specialty 08.00.11 – Mathematical Methods, Models and Information Technologies in Economics. – Kyiv: Taras Shevchenko National University of Kyiv, 2015. – 36 p. [Online]. – Available at: https://scc.knu.ua/upload/iblock/014/aref_Chornous%20G,O..pdf {in Ukrainian}

7. Tytok V.V. Formation of a Model of Residential Construction in the City // *Ways to Improve Construction Efficiency in the Context of Market Relations Formation: Collection of Scientific Papers*. – Kyiv: KNUCA, 2013. – Issue 30. – P. 90–98 {in Ukrainian}

8. Chupryna Yu.A., Fedorova Ya., Ryzhakova H., Petrenko H., Hrynenko I., Nikolaieva M. Analytical Components and Basic Functions of Enterprise Management in the Modern System of Construction Development // *Management of Development of Complex Systems*. – Kyiv: KNUCA, 2021. – No. 47. – P. 130–137 {in Ukrainian}

9. Trach R., Chupryna I., Tormosov R., Druzhynin M., Trach Y., Ryzhakova G., Ratnikov D. An Integrated Fuzzy Logic and Network Analysis Approach to Assessing Supply Chain Stability in Prefabricated Construction // *Sustainability*. – 2026. – Vol. 18. – No. 3. – Article 1380. DOI: 10.3390/su18031380 [Online]. – Available at: https://repositary.knuba.edu.ua/server/api/core/bitstreams/48776bb1-f255-4868-bfda-f44ba8cd1f38/content {in English}

DOI: 10.32347/2076-815X.2026.92.489-498
УДК 622.807
д-р філософії **Микитенко М.Р.,**
mykytenko_mr@knuba.edu.ua, ORCID: 0000-0003-2891-6136,
Київський національний університет будівництва і архітектури

ДОСЛІДЖЕННЯ КОНСТРУКТИВНИХ ОСОБЛИВОСТЕЙ ТА ГІДРОДИНАМІКИ РОЗПОДІЛУ РІДИНИ В БАГАТОДИСКОВИХ РОЗПИЛЮВАЧАХ ІЗ КОНУСНОЮ НАСАДКОЮ

Представлено результати експериментального дослідження конструкції та принципів роботи дискового розпилювача з конусною насадкою, що є ключовим елементом систем мокрого пиловловлення. Враховано вплив відцентрових сил, конфігурації дисків та наявності технологічних отворів на рівномірність подачі зрошувальної рідини. Розглянуто механізм транспортування рідини з чаші на поверхню дисків за допомогою конусної насадки, а також умови формування стабільного факела розпилу в камері апарата.

Описано будову експериментального стенду, оснащеного циліндричною камерою та системою регулювання обертів двигуна, що дозволяє досліджувати диски розпилювачі різного діаметра. Запропоновано методику візуалізації потоків рідини на поверхні дисків шляхом термічного розкладання солей при обробці гарячим повітрям, що дозволило зафіксувати реальні траєкторії руху рідкої плівки. Отримані дані дозволяють оцінити ефективність розподілу рідини між окремими ярусами багатодискової системи та визначити вплив отворів на пропускну здатність робочих органів.

Досліджено геометричні характеристики факела розпилу, включаючи його профіль та дальність польоту крапель залежно від конструктивних параметрів розпилювача. Проведено кількісний аналіз масової витрати рідини на нижньому, середньому та верхньому дисках, що підтвердило високу рівномірність зрошення при використанні оптимізованої конфігурації отворів. Представлені результати можуть бути використані для вдосконалення конструкцій відцентрових контактних апаратів, підвищення надійності їх роботи при використанні забруднених середовищ та зниження питомих енерговитрат на процес диспергування.

Ключові слова: дисковий розпилювач; конусна насадка; мокре пиловловлення; розподіл рідини; факел розпилу; експериментальний стенд.

Постановка проблеми. Ефективність контактних апаратів мокрого очищення повітряних потоків та газів значною мірою визначається

рівномірністю розподілу зрошувальної рідини по перерізу камери. Використання дискових розпилювачів дозволяє створювати розвинену поверхню контакту фаз, проте складність гідродинамічних процесів на обертових поверхнях вимагає детального вивчення впливу геометрії самого розпилювача на формування потоку. Врахування взаємодії між конусною насадкою та багатодисковою системою є складним завданням, оскільки потребує одночасного аналізу підйомної сили та відцентрового скидання рідини.

Існуючі конструкції розпилювачів часто страждають від нерівномірного навантаження на окремі диски, що призводить до утворення зон з низькою щільністю зрошення та зниження загального ступеня пиловловлення. Недостатня вивченість процесів перетікання рідини через технологічні отвори в дисках може спричиняти забивання апарата або нестабільність факела розпилу, особливо при роботі з технічною водою.

У даній статті акцент зроблено на конструктивному виконанні розпилювача, що складається з окремих взаємозамінних частин, що дозволяє змінювати кількість та діаметр дисків. Основна увага приділяється аналізу розподілу масової кількості води між ярусами розпилювача та візуалізації руху рідини на його поверхні. Врахування цих факторів дозволяє оптимізувати конструкцію вузла розпилення, що стане основою для підвищення експлуатаційної надійності систем очищення газових потоків.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Проблема створення ефективних розпилювальних пристроїв для мокрого пиловловлення залишається актуальною, про що свідчать численні дослідження, спрямовані на вивчення механіки тонкошарових потоків на обертових дисках [1, 2]. Сучасні наукові роботи зосереджені на пошуку оптимальних форм робочих органів, які забезпечували б максимальну дальність розпилу при мінімальних енерговитратах [3].

Окремі дослідження вказують на переваги конусних насадок, які забезпечують стабільний підйом рідини за рахунок сил тертя та інерції, проте питання рівномірного розподілу цієї рідини між декількома дисками залишається недостатньо висвітленим [4]. Аналіз експериментальних даних підтверджує, що конфігурація та розміщення отворів для проходу рідини суттєво впливають на гідродинамічну структуру факела [4, 5].

Проте, при огляді у літературі бракує даних щодо візуального підтвердження траєкторій руху рідини на складних багатоярусних поверхнях у реальних температурних режимах. Подальші дослідження мають бути спрямовані на вдосконалення конструкцій шляхом експериментального підбору

геометричних параметрів, що дозволить забезпечити стабільну роботу розпилювачів у широкому діапазоні витрат рідини.

Актуальність дослідження. Дискові розпилювачі з конусною насадкою знаходять широке застосування в промисловості завдяки своїй здатності працювати з рідинами, що містять тверді включення, без ризику забивання форсунок. Оптимізація їхньої конструкції дозволяє значно підвищити інтенсивність тепломасообмінних процесів та забезпечити стабільну роботу екологічного обладнання.

Вивчення конструктивних параметрів, таких як діаметр дисків та система перетікання рідини, сприяє створенню надійних методик проектування розпилювальних систем. Розробка нових підходів до візуалізації та кількісного оцінювання розподілу рідини є важливою складовою підвищення ефективності апаратів мокрого очищення, що відповідає сучасним вимогам до енергозбереження та екологічної безпеки виробництва.

Мета даного дослідження. Метою даного дослідження є експериментальне вивчення впливу конструктивних параметрів дискового розпилювача з конусною насадкою на гідродинаміку розподілу рідини та формування факела розпилу.

У межах дослідження було вирішено наступні завдання: описано будову та принцип роботи експериментального стенду; проведено візуальне дослідження характеру руху рідини на поверхні дисків із використанням термічного методу фіксації сольового залишку; виконано порівняльний аналіз розподілу води між трьома ярусами розпилювача (нижнім, середнім та верхнім) при зміні діаметрів дисків від 0,2 до 0,4 м.

Основною метою даного дослідження є наукове обґрунтування вибору раціональної конструкції розпилювача, яка забезпечує рівномірне зрошення робочої камери та стабільність геометричних характеристик факела розпилу, що необхідно для підвищення загальної ефективності процесу мокрого пиловловлення.

Виклад основного матеріалу.

Опис експериментальної установки та конструкції розпилювача

Для проведення комплексних досліджень процесу диспергування рідини було розроблено та змонтовано експериментальний стенд, принципова схема якого представлена на рис. 1. Установка дозволяє моделювати реальні умови роботи контактних апаратів мокрого типу. Ключовим вузлом стенду є відцентровий дисковий розпилювач, оснащений конусною насадкою.

Конструкція розпилювача має модульну структуру, що забезпечує можливість швидкої заміни робочих дисків. У межах експерименту використовувалися диски трьох типорозмірів за діаметром: 0,2; 0,3 та 0,4 м.

Привід системи здійснюється через муфту від електродвигуна змінного струму потужністю 0,6 кВт, розміщеного на кришці циліндричної камери (діаметром 1,0 м). Вершина конусної насадки занурюється у приймальну чашу з рідиною, звідки під дією сил тертя та відцентрового ефекту робоче середовище піднімається вгору до дисків.

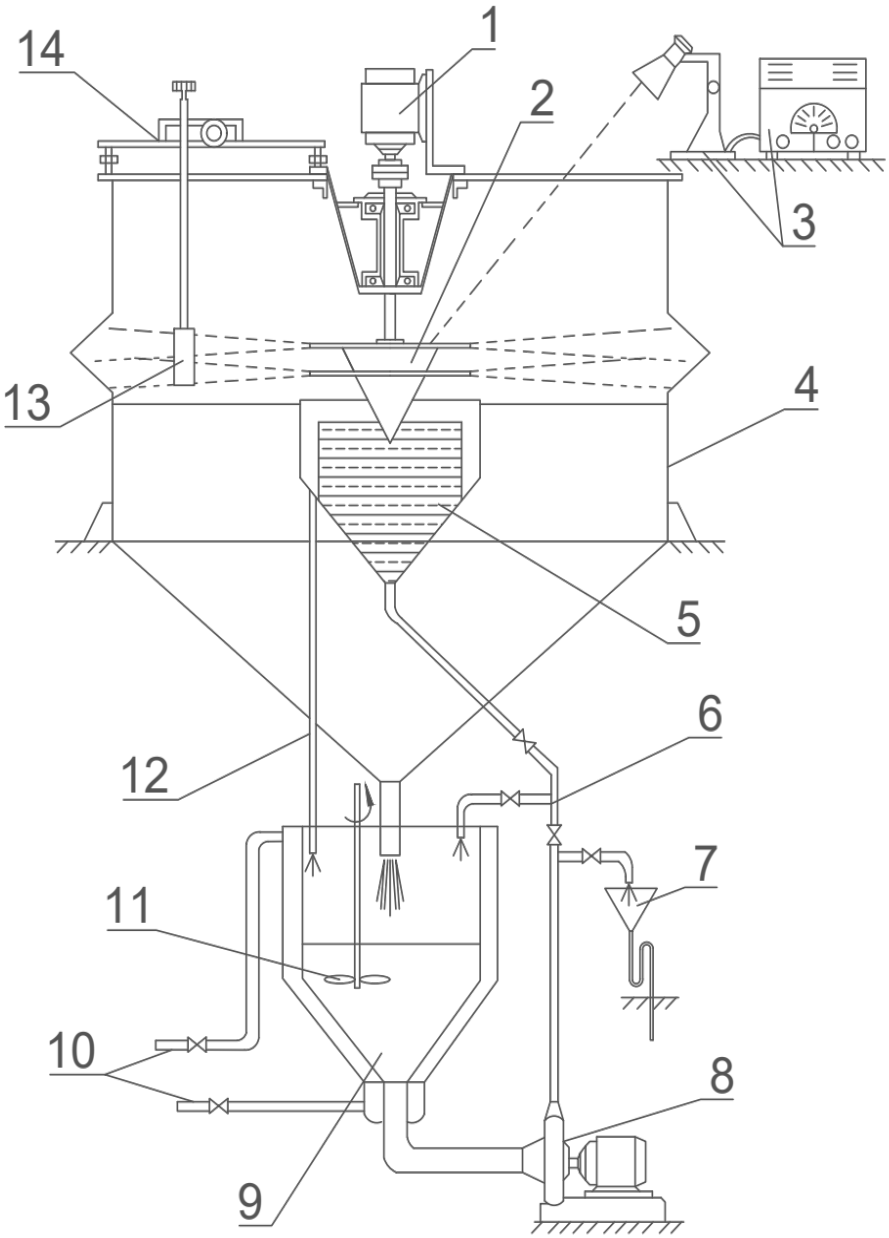
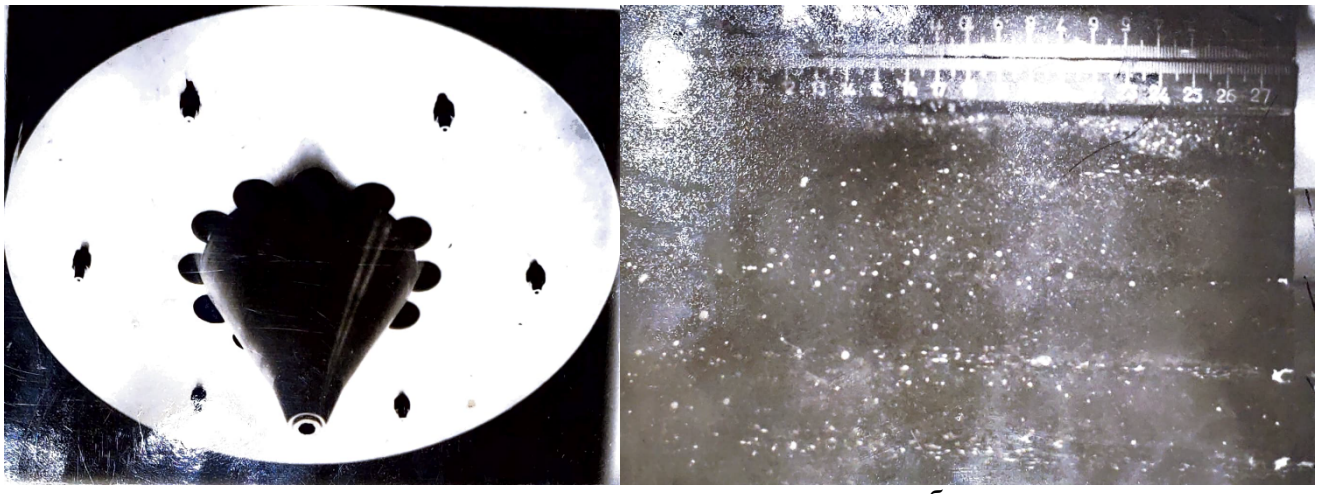


Рис. 1. Схема експериментального стенду по розпилу суспензії та води
1 - електродвигун; 2 - дисковий розпилювач; 3 - стробоскопічний тахометр; 4 - циліндричний корпус з кільцевою камерою; 5 - чаша; 6 - трубопроводи; 7 - злив; 8 - насос; 9 - бак з водяною сорочкою; 10 - трубопроводи теплоносія; 11 - мішалка; 12 - циркуляційний трубопровід; 13 - пастка для крапель; 14 - координатник.

Для забезпечення стабільної подачі рідини на декілька ярусів одночасно, конструкція передбачає систему технологічних отворів. Як показано на рис. 2 (а), чотиридисковий розпилювач має круглі перфорації, що дозволяють частині потоку перетікати з нижніх дисків на верхні, забезпечуючи рівномірне об'ємне зрошення. Профіль факела розпилу, що формується при вильоті крапель з країв дисків, схематично зображено на рис. 2 (б).



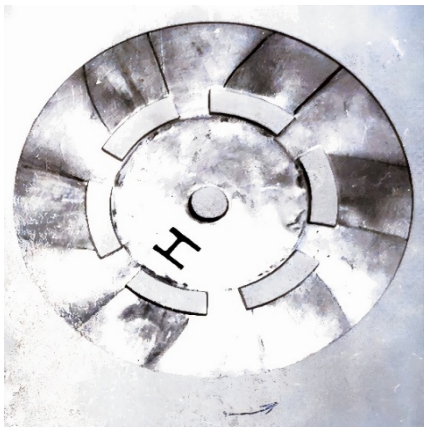
а б

Рис. 2. Дисковий розпилювач з конусною насадкою
а — чотирьохдисковий розпилювач з круглими отворами для проходу рідини (вид знизу);
б — профіль факела розпилу чотирьохдискового розпилювача (при W_p=0.38 м^3/год, ɵ=15 ºС, ωR=31.4 м/с).

Методика візуалізації та дослідження гідродинаміки потоку

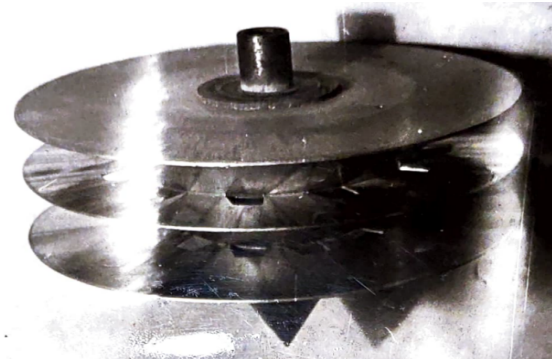
Особливу увагу в роботі приділено вивченню траєкторії руху рідини безпосередньо на поверхні дисків. Для візуалізації цього процесу було застосовано оригінальний метод термічного фіксації сольових слідів. В основу методу покладено використання води з розчиненими солями, яка при контакті з потоком гарячого повітря (температура 100-150 ºС) випаровується, залишаючи стійкий сухий залишок на шляху свого руху.

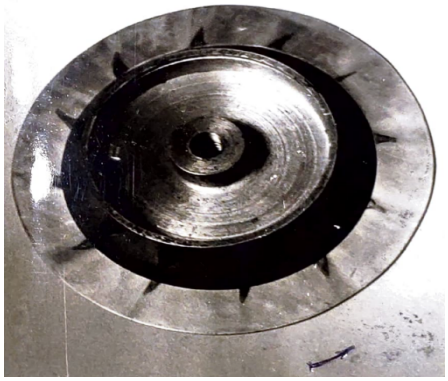
Такий підхід дозволив отримати чіткі картини розподілу рідкої плівки як на внутрішній поверхні конусної насадки, так і на площинах дисків (рис. 3, рис. 4). Аналіз отриманих відбитків підтвердив, що під дією відцентрових сил рідина рухається по спіралеподібних траєкторіях, рівномірно заповнюючи робочу поверхню до моменту зриву крапель. Подібні гідродинамічні ефекти є характерними для тонкоплівкових течій у полі відцентрових сил, де товщина плівки та її стабільність визначаються числом Вебера та відносною швидкістю фаз [6, 7].



а б

Рис. 3. Трьохдисковий водорозпилювач з конусною насадкою при куті розкриття конуса 60°, діаметрі дисків $D_д$=300 мм і обертанні за годинниковою стрілкою з швидкістю обертання n=2820 об/хв
а — загальний вид водорозпилювача;
б — нижній диск водорозпилювача зі слідами руху водяної плівки по поверхні диску.





а б

Рис. 4. Трьохдисковий водорозпилювач з конусною насадкою при куті розкриття конуса 60°, діаметрі дисків $D_д$=300 мм і обертанні за годинниковою стрілкою з швидкістю обертання n=2820 об/хв а — загальний вигляд водорозпилювача;
б — суцільний диск з конічною вставкою висотою 30 мм зі слідами розподілу води по поверхні (вид знизу).

Результати експериментальних вимірювань

У ході експериментів проводився кількісний контроль розподілу масової витрати рідини між окремими дисками розпилювача. Вимірювання здійснювалися шляхом чотирикратного відбору проб при встановлених режимах роботи [8]. Результати вимірювань для розпилювача з трьома робочими ярусами (нижній, середній та верхній без отворів) наведено у табл. 1.

Таблиця 1

Результати дослідження розподілу води на диски трьохдискового розпилювача з діаметрами дисків 300 мм і швидкістю обертання n=2820 об/хв при продуктивності розпилювача 397 кг/год (відбір здійснювався на відстані 40 мм від краю дисків).

Найменування дисків розпилювача	Масова кількість води, що розпиляється диском, кг/год			
	1-ий відбір	2-ий відбір	3-ий відбір	4-ий відбір
Нижній	132.8	132.9	132.7	132.8
Середній	132.2	132.0	132.3	132.2
Верхній (без отворів)	132.0	132.1	132.0	132.0

Аналіз даних таблиці свідчить про високу стабільність роботи системи розподілу. Відхилення між кількістю рідини, що диспергується різними ярусами, не перевищує 1%, що вказує на ефективність обраної конфігурації отворів для проходу води. Така рівномірність є принципово важливою для запобігання «проскоку» неочищеного газу через зони низької густини зрошення в промислових пиловловлювачах [9, 10].

Додатково було встановлено, що дальність польоту крапель та кут розкриття факела залежать від окружної швидкості дисків. При збільшенні обертів спостерігається інтенсифікація дроблення плівки на дрібніші фрагменти, що збільшує сумарну площу контакту фаз, але вимагає точного розрахунку геометрії камери для запобігання інтенсивному осадженню крапель на стінках апарата [11, 12].

Висновки. Висновки. У даній статті проведено комплексне дослідження конструктивних особливостей та гідродинамічних характеристик багатодискових розпилювачів із конусною насадкою. Описано будову експериментальної установки, яка дозволяє моделювати процеси диспергування рідини при різних геометричних параметрах робочих органів та швидкостях обертання.

Встановлено, що використання модульної конструкції розпилювача з системою технологічних отворів забезпечує високу рівномірність розподілу зрошувальної рідини між окремими ярусами. Експериментально підтверджено, що відхилення масової витрати води між нижнім, середнім та верхнім дисками не перевищує 1%, що є критично важливим для створення стабільного та однорідного факела розпилу по всьому об’єму контактної камери.

Апробовано методику візуалізації потоків рідини на поверхні дисків за допомогою термічного методу фіксації сольових слідів. Це дозволило детально проаналізувати траєкторії руху рідкої плівки та визначити вплив відцентрових сил на формування зон зриву крапель. Визначено, що конфігурація факела

розпилу та дальність польоту крапель безпосередньо залежать від діаметра дисків та їх окружної швидкості.

Отримані результати та розроблена методика досліджень є науковим підґрунтям для вдосконалення конструкцій відцентрових апаратів мокрого очищення газів. Впровадження запропонованих конструктивних рішень дозволить підвищити експлуатаційну надійності систем пиловловлення, особливо при роботі з забрудненими технологічними середовищами, та оптимізувати енергетичні витрати на процес диспергування.

Список джерел

1. Шелюх Ю.Є. Дослідження впливу гідравлічного опору на продуктивність роботи вихрових пиловловлювачів нового покоління. Вісник Львівського державного університету безпеки життєдіяльності, 13, 137-143, 2016.

2. Любарець О.П., Микитенко М.Р., «Систематизація повітро- та газоочисних пристроїв з рідинним середовищем для уловлювання пилу та абсорбції шкідливих забруднень». Вентиляція, освітлення та теплогазопостачання, т. 53, 2025, с. 20-32. URL: https://doi.org/10.32347/2409-2606.53.20-32.

3. Ратушняк Г.С., Лялюк О.Г. Пристрої для очищення газових викидів. Київ: НВКП "Укргеліотех", 2009. 180 с.

4. Манастирний, М., Корнієнко, Я., Любека, А., Сачок, Р., & Мартинюк, О. (2018). МАТЕМАТИЧНА МОДЕЛЬ РУХУ РІДИНИ ПО ПОВЕРХНІ МЕХАНІЧНОГО ДИСПЕРГАТОРА . Молодий вчений, 4 (56), 379-382.

5. Ahmed M., Youssef M.S. Influence of spinning disk geometry on the droplet size distribution. Experimental Thermal and Fluid Science. 2014. Vol. 55. P. 139–145.

6. Товажнянський Л.Л., Моїсеєв В.Ф., Байрачний В.П., Шапорєв В.П. Інтенсивні апарати зі стабілізованим шаром піни для очищення відхідних газів: монографія. – Харків: НТУ «ХПІ», 2003. – 228 с.

7. Oleksandr Liubarets, Maksym Mykytenko, «EVALUATION OF EFFICIENCY AND OPTIMISATION OF CYCLONE-TYPE DUST COLLECTORS WITH A CIRCULAR SPRAY OF REVERSIBLE SUSPENSION FOR GAS PURIFICATION UP TO 250 °C», Innovative Solutions In Modern Science № 3(67), 2025, New York “TK Meganom LLC”, p. 5-54. URL: https://doi.org/10.26886/2414-634X.3(67)2025.1

8. Рой С., Сіонг Х. та ін. Еволюція температури та тривалості життя хмарних крапель у ненасичених умовах // Атмосферна хімія і фізика. – 2024. – Т. 24. – С. 11653–11677.

9. Dépée A., Lemaitre P., Gelain T., Monier M., Flossmann A. Лабораторне дослідження ефективності захоплення субмікронних аерозолей краплями хмари — Частина I: вплив відносної вологості // Atmospheric Chemistry and Physics. – 2021. – Т. 21. – С. 6945–6962.

10. Зіняк В.В., Ткачук А.Я. Технологія очищення пилу в мокрих скруберах. Технологічний розвиток вентиляційних систем. Випуск 13. 2001. С. 145–151.

11. Афтанюк В.В., Кіріс О.В., Даниленко Д.В., Афтанюк А.В. Розробка інтегрованої конструкції скрубера для суднових енергетичних установок. Суднові енергетичні установки: науково-технічний збірник. Вип. 45-Одеса: НУ «ОМА», 2022.-201 с.

12. Гаджієв, Е.Н., Варламов, Є.М. Аналіз дисперсії пилу в аспіраційних системах при виробництві теплоізоляційних матеріалів. Український науково-дослідний інститут екологічних проблем, Харків, 192 с., 2017.

PhD, assistant professor, **Mykytenko Maksym,**
Kyiv National University of Construction and Architecture

INVESTIGATION OF DESIGN FEATURES AND HYDRODYNAMICS OF LIQUID DISTRIBUTION IN MULTI-DISC ATOMIZERS WITH A CONICAL NOZZLE

The article presents the results of an experimental study on the design and operating principles of a disc atomizer with a conical nozzle, which is a key element of wet dust collection systems. The influence of centrifugal forces, disc configuration, and the presence of technological holes on the uniformity of the irrigation liquid supply is taken into account. The mechanism of liquid transport from the bowl to the disc surfaces using a conical nozzle is examined, as well as the conditions for the formation of a stable spray plume within the apparatus chamber.

The design of the experimental stand, equipped with a cylindrical chamber and a motor speed control system, is described, allowing for the investigation of atomizers with different diameters (0.2, 0.3, and 0.4 m). A technique for visualizing liquid flows on the disc surfaces through the thermal decomposition of salts during hot air treatment (100–150 °C) is proposed, which made it possible to record the actual trajectories of the liquid film movement. The obtained data allow for an evaluation of the liquid distribution efficiency between the individual tiers of the multi-disc system and determine the influence of the holes on the throughput of the working elements.

The geometric characteristics of the spray plume, including its profile and droplet flight distance, were investigated depending on the design parameters of the atomizer. A quantitative analysis of the liquid mass flow rate on the lower, middle, and upper discs was performed, confirming high irrigation uniformity when using an optimized hole configuration. The presented results can be used to improve the design of centrifugal contact apparatuses, increase their operational reliability when using contaminated media, and reduce specific energy consumption for the dispersion process.

Keywords: disc atomizer; conical nozzle; wet dust collection; liquid distribution; spray plume; experimental stand.

REFERENCE

1. Sheliukh, Yu.Ye. (2016). Investigation of the influence of hydraulic resistance on the performance of a new generation of vortex dust collectors. Bulletin of Lviv State University of Life Safety, 13, 137-143. {in Ukrainian}

2. Liubarets, O.P., Mykytenko, M.R. (2025). Systematization of air and gas cleaning devices with a liquid medium for dust collection and absorption of harmful pollutants. Ventilation, Lighting and Heat and Gas Supply, 53, 20-32. https://doi.org/10.32347/2409-2606.53.20-32 {in Ukrainian}

3. Ratushnyak, H.S., & Lyalyuk, O. H. (2009). Gas emission cleaning devices. Kyiv: NVCP "Ukrheoliotekh". {in Ukrainian}

4. Manastyrny, M., Korniienko, Ya., Liubeka, A., Sachok, R., & Martyniuk, O. (2018). Mathematical model of fluid motion on the surface of a mechanical disperser. Molodyi Vchenyi (Young Scientist), 4(56), 379-382. {in Ukrainian}

5. Ahmed, M., Youssef, M. S. (2014). Influence of spinning disk geometry on the droplet size distribution. Experimental Thermal and Fluid Science, 55, 139–145. {in English}

6. Tovazhnianskyi, L.L., Moiseiev, V.F., Bairachnyi, V.P., & Shaporev, V.P. (2003). Intensive apparatuses with a stabilized foam layer for waste gas purification: a monograph. Kharkiv: NTU "KhPI". {in Ukrainian}

7. Liubarets, O., & Mykytenko, M. (2025). Evaluation of efficiency and optimisation of cyclone-type dust collectors with a circular spray of reversible suspension for gas purification up to 250 °C. Innovative Solutions In Modern Science, 3(67), 5-54. New York: TK Meganom LLC. https://doi.org/10.26886/2414-634X.3(67)2025.1 {in Ukrainian}

8. Roy, S., Siong, H., et al. (2024). Evolution of temperature and lifetime of cloud droplets under unsaturated conditions. Atmospheric Chemistry and Physics, 24, 11653–11677. {in English}

9. Dépée, A., Lemaitre, P., Gelain, T., Monier, M., & Flossmann, A. (2021). Laboratory study of the collection efficiency of submicron aerosols by cloud droplets — Part I: Influence of relative humidity. Atmospheric Chemistry and Physics, 21, 6945–6962. {in English}

10. Ziniak, V.V., & Tkachuk, A.Ya. (2001). Dust cleaning technology in wet scrubbers. Technological Development of Ventilation Systems, 13, 145–151. {in Ukrainian}

11. Aftaniuk, V.V., Kiris, O.V., Danylenko, D.V., & Aftaniuk, A.V. (2022). Development of integrated scrubber design for marine power plants. Marine Power Plants: scientific and technical collection, 45. Odessa: NU "OMA". {in Ukrainian}

12. Hadzhiiev, E.N., & Varlamov, Ye.M. (2017). Analysis of dust dispersion in aspiration systems in the production of thermal insulation materials. Kharkiv: Ukrainian Scientific Research Institute of Ecological Problems. {in Ukrainian}

DOI: 10.32347/2076-815X.2026.92.499-510
УДК 656.1

к.т.н. **Осипов В.О.,**
Osipov.valentin100@gmail.com, ORCID: 0000-0001-9284-7919,
Військовий інститут Київського
національного університету імені Тараса Шевченка

ВИВЧЕННЯ РЕАКЦІЇ ВОДІЯ НА РАПТОВУ НЕБЕЗПЕКУ НА ПРИКЛАДІ 3-Д РОЗМІТКИ В УМОВАХ НАСЕЛЕНИХ ПУНКТІВ

Вивчена залежність швидкості зорового руху водіїв від зміни окремих геометричних параметрів автодороги на прикладі експериментального використання 3-д горизонтальної дорожньої розмітки. Проведено аналітичну роботу щодо вивчення візуального моніторінгу водієм дорожніх умов як однієї з найважливіших його функцій при русі транспортного засобу.

Ключові слова: водій; автомобіль; дорога; навколишнє середовище; горизонтальна дорожня розмітка.

Постановка проблеми. Причина, за якої виникла небезпека для руху не має значення ящо встановлено, що водій мав можливість її заздалегіть виявити. Таку позицію сформував Верховний Суд України, розглядая справу № 490/10025/17 [1].

Влаштування 3-д розмітки на даний час – це експерементальний інструмент впливу на підсвідомість водія з метою примушення його зменшити швидкість перед «зорово уявною» перешкодою. Такий вид заспокоєння руху ще потребує додаткового дослідження, але має певну перспективу.

Яку задачу може вирішити такий тип розмітки? По-перше, це збільшення відстані видимості об’єкта для зорового сприйняття її водієм за рахунок імітації тривимірної небезпеки.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Вирішенню проблеми визначення видимих об’єктів місцевості за допомогою побудови тривимірних моделей присвячена низка досліджень [2-5].

Метою публікації є вивчення залежності швидкості зорового руху водіїв від зміни окремих геометричних параметрів автодороги на прикладі експериментального використання 3-д горизонтальної дорожньої розмітки.

Основна частина. Сучасні методи визначення видимих об’єктів місцевості базуються на просторовому моделюванні поверхні рельєфу та об’єктів місцевості. За допомогою побудованих моделей визначаються зони, з яких проміні видимості можуть безперешкодно доходити до об’єкта дослідження, тобто від очей водія до розмітки пішохідного переходу в межах

проїзної частини. В роботах [2-5] також описані умови видимості різноманітних об’єктів із заданої точки, розроблені методи визначення видимих ділянок місцевості, запропоновані алгоритми для побудови зон, які будуть видні із заданої точки. Запропоновані методи в першу чергу призвані вирішити задачу побудови зон видимості по заданому положенню наглядача (у випадку цього дослідження - водія), тобто визначення, які ділянки дороги йому будуть видні, а які - ні.

Як відомо, візуальний пошук - це процес зорового або технічного спостереження обстеження простору, якій має на меті виявити об’єкт - предмет пошуку. В залежності від дорожньої ситуації пошук передбачає, що об’єкт небезпеки з’явиться в очікуваному просторі або часі. Та часто візуальне спостереження проводиться з метою переконатися у відсутності потенційних небезпек. Таким чином, функція водія при русі - постійний візуальний моніторинг дорожніх умов [6].

Зір водія є основоположним при моніторингу дорожніх умов в процесі руху, всі інші неоптичні органи є другорядними.

До безсумнівних переваг зору водія ми можемо віднести:
- надвисока щільність зору (біля 1’ неозброєного ока);
- робота зору в широкому охваті насиченості ($L = 10^{-6}$-10^{4} кд/м^2, здатність очей до оперативної переадаптації);
- можливість зору виконувати роботу в достатньому спектрі сприйняття кольоровості 380-760 нм;
- світлова чутливість очей (абсолютний поріг 10^{-9} лк);
- ідентифікація об’єктів, які здійснюють рух;
- потенціал водія до розвитку навичок;
- аналітичний потенціал та вміння концентруватися тощо.

Окрему нішу займають негативні здібності організму людини:
- знемога;
- психофізіологічний стан;
- низька реакція.

Відомі два види зорового пошуку - повільний, при якому водій сам обирає, як, скільки та як часто він буде робити зоровий моніторинг дорожньої обстановки, та організований, коли водій виконує моніторинг у суворій послідовності, яка обумовлена наявністю на дорозі технічних засобів регулювання дорожнім рухом, на які водій реагує типовими діями.

Який з цих двох способів буде використовувати водій не має принципового значення, головний результат - своєчасне виявлення небезпеки, як найпростіша задача та більш складна - визначення рівня небезпеки та прийняття відштовхуючись від цього адекватного за складністю рішення. На

цей вид виявлення небезпеки має суттєвий вплив кліматичний та часовий фактор, цей аспект буде вивчатися у наступному розділі.

Подекуди дослідники використовують термін «примусовий пошук» коли рівень та якість виявлення небезпек напряму залежить від швидкості подачі та зорового опрацювання інформаційного потоку водієм.

Вірогідність виявлення небезпечних об'єктів визначаються за формулою:

$$P_n = 1 - \exp\left(\frac{c \cdot \varepsilon^2 \cdot \gamma^3 \cdot L_{\Phi}^{0,3} \cdot t}{(2 \cdot \beta)^2}\right), \quad (1)$$

де P_n - вірогідність виявлення небезпечного об'єкту;
c - коефіцієнт, який показує рівень навичок водія:
ε - рівень контрасту дорожньої обстановки по відношенню до місцевості;
γ - кутові розміри небезпечного об'єкту у хвилинах, що знаходяться:

$$\gamma = 3440 \,.\, \frac{l}{R}, \quad (2)$$

де l - габарити об'єкту небезпеки;
R - об'єктивна відстань до об'єкту небезпеки;
2β - кутовий розмір поля пошуку, град.;
t - час пошуку, сек.

Вірогідність виявлення окремих об'єктів небезпеки:

$$P_T = 1 - \exp\,.\left(\frac{a \cdot E^2 \cdot t}{(2 \cdot \beta)^2 \cdot L^{2 \cdot n}}\right), \quad (3)$$

де P_T - вірогідність виявлення об'єкту небезпеки водієм;
a - коефіцієнт, які характеризує зоровий рівень водія:
a_A (бінокулярний) = $2{,}6 \cdot 10^{14}$;
a_l (монокулярний) = $1{,}8 \cdot 10^{14}$;
E - блиск точкового джерела (освітленість на зіниці ока водія);
n - визначається за формулою Гершуна [6]:

$$n = 0{,}6 + 0{,}1 \cdot \lg L_{ф.} \quad (4)$$

Для оцінювання методів розпізнавання дорожніх об'єктів небезпеки, до яких ми віднесемо і горизонтальну дорожню розмітку пропонується використання дескриптора «Гістограма направлених елементів» (Histogram of

Oriented Gradients - HOG), яка є особливо популярною серед дослідників [7]. У разі вирішення задачі ідентифікації дорожніх об'єктів використання глобальних ознак, таких як яскравісні, гістограмні або кольорові розподіли, вбачається малоефективним через рівномірності таких розподілів на всій площині смуги відводу дороги. Дескриптор HOG працює локально, підтримуючи інваріантність геометричних та фотометричних перетворень за виключенням орієнтації об'єкту [7].

Параметри вилучення ознак обрано згідно з оригінальним дослідженням [7]: розмір вікна 128x64 елементи, розмір блоку 8x8 елементів, однак прийнята горизонтальна орієнтація вікна у відповідності з горизонтальною орієнтацією образу пішохідного переходу. Для оцінювання роботи в використанні до задач розпізнавання дорожніх об'єктів було обрано три відомих метода класифікації: метод опорних векторів (Support Vector Machine - SVM) [8], метод K найближчих сусідів (K Nearest Neighbors - KNN) [9-10] та метод дерева рішень (Decision Tree - DT) [11].

Метод SVM, маючи на вході розмічену вибірку навчання, надає на виході оптимальну гіперплоскість, яка класифікує нові екземпляри. Для даного класифікатора обрано ядро «Пересічення гістограм» [12].

Метод KNN запам'ятовує всі навчальні зразки та передбачає відгук на новий екземпляр, аналізуючи деяке число (K) найближчих сусідів екземпляра, використовуючи голосування, розрахунок зваженої суми тощо.

DT - бінарне дерево, в якому кожне листя відзначено приналежністю до деякого класу, множина листів може мати однакову мітку. Знаходження місцезнаходження дорожніх об'єктів виконано на зображеннях в кількох масштабах, для чого сформована піраміда зображень [13]. На кожному масштабованому зображенні здійснюється пошук із застосуванням вікна, що ковзає [14]. Кожне успішне знаходження об'єкту небезпеки відмічається респондентом на зображенні, яке має назву теплова карта [15], після чого область з найбільшим числом знаходжень обирається як область, яка має об'єкт пошуку.

Для оцінювання методів була підготовлена навчальна вибірка, яка складається з 100 фотознімків двох пішохідних переходів - звичайного з розміткою 1.14.1 та 3-д переходу, та 150 фотознімків довільного фону дорожньої обстановки, на яких відсутні пішохідні переходи, а також дві тестові вибірки, кожна з яких включає до себе 50 фотознімків дорожньої обстановки, 25 з яких мають зображення переходу з розміткою 1.14.1, а 25 - 3-д розміткою. До першої тестової вибірці входять зображення, отримані в умовах нормальної видимості, до другої - в умовах недостатньої видимості. За результатами розпізнавання зображення тестової вибірці були отримані значення точності

(accuracy), середньоквадратичної помилки (СКО, RMSE), прецизійності (Precision), повноти (Recall) та *F*-ступеню *F1*-score [16] для кожного із зазначених методів. Точність визначається, як відношення суми числа правильних знаходжень (True Positive - TP) та правильних незнаходжень (True Negative - TN) до загальної кількості завбачення, що включають до себе поряд з TP і TN кількість помилкових тривог (False Positive - FP) та кількість пропусків мети (False Negative - FN):

$$A = \frac{TP + TN}{TP + TN + FP + FN}. \tag{5}$$

СКО визначається наступним чином:

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum_i (x_i - y_i)}{N}}, \tag{6}$$

де *xi*, *yi* - значення класу та результат завбачень для *i*-го екземпляру відповідно; *N* - кількість завбачань.

Ступінь прецизійності вказує частку правильних позитивних рішень класифікатора від всіх позитивних:

$$P = \frac{TP}{TP - FP}. \tag{7}$$

Ступінь повноти дозволяє робити висновки про здібність метода знаходити всі об’єкти цікавості. Вона визначається часткою правильних знаходжень від суми правильних знаходжень та пропусків цілей:

$$R = \frac{TP}{TP - FN}. \tag{8}$$

F- ступінь являє собою середнє гармонічне прецизійності та повноти:

$$F_1 = 2\frac{PR}{P + R}. \tag{9}$$

Результати розпізнавання 3-д пішохідних переходів наведено у табл. 1. З наведених результатів вбачається, що найбільшу точність забезпечує метод SVM, показники Precision для всіх методів достягають 1, а показник Recall для методу SVM помітно вище, ніж для KNN и DT. При цьому в задачах

забезпечення безпеки руху показник Recall, який відображає вплив помилок другого роду, відіграє більш важливу роль, так як пропуск об'єкту при знаходженні може привести до скоєння ДТП. Результати для зображень пішохідних переходів з розміткою 1.14.1 (табл. 2) показують, що всі класифікатори забезпечують більш низький показник Recall, що дозволяє зробити висновки про понижену здібність до успішного розпізнавання об'єкту небезпеки. Для класифікатора KNN показник знизився найбільш суттєво: до 0,263. Класифікатор DT, до того ж продемонстрував також зниження значення показника Precision, що в комплексі з низьким рівнем Recall вказує на низьку здібність до успішного розпізнавання об'єкту небезпеки.

Таблиця 1.

Результати розпізнавання 3-д переходу

Макет	**Показник**				
	A, %	RMSE	*P*	*R*	*F1*
SVM	97,1	0,343	1	0,957	0,978
KNN	67,7	1,138	1	0,522	0,686
DT	70,6	1,085	1	0,565	0,722

Таблиця 2.

Результати розпізнавання переходу з розміткою 1.14.1

Макет	**Показник**				
	A, %	RMSE	*P*	*R*	*F1*
SVM	75	1,0	1,0	0,474	0,643
KNN	65	1,183	1,0	0,263	0,417
DT	65	1,183	0,692	0,474	0,563

Для оцінювання адекватності роботи вибраних класифікаторів в рамках роботи реалізовано алгоритм знаходження об'єктів потенційної небезпеки на фотознімку з використанням ковзного вікна, пірамід зображення та теплових карт (рис. 1).

Алгоритм протестований на декількох повноформатних фотознімках 3-д пішохідних переходів та звичайних переходів із розміткою 1.14.1.

На рис 2 та 3 надано зразки зображень в масштабі 0,5 3-д дорожньої розмітки у денний та нічний час. Для проведення експерименту вказана розмітка була нанесена на вул. Академіка Кухаря (колишня - Мурманська), та вул. Західна, м. Київ.

Виходячи з вищевказаного можна зробити висновок, що досліджені методи можуть мати своє застосування в задачах знаходження об'єктів дорожньої інфраструктури, які мають суттєвий вплив на безпеку руху, проте ні всі з них продемонстрували достатній рівень ефективності в реалізації задач знаходження об'єктів в умовах недостатньої видимості.

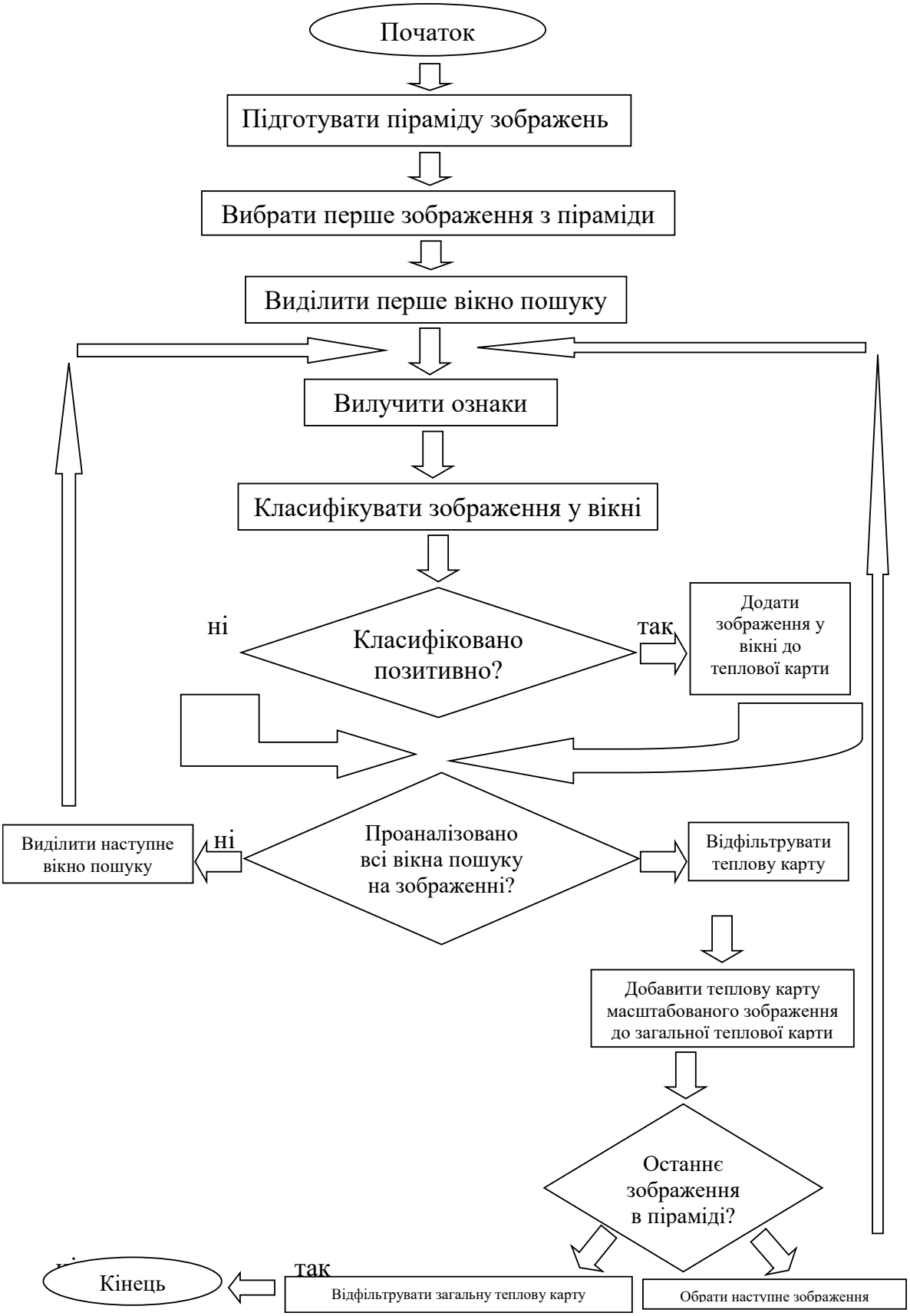


Рис. 1. Алгоритм знаходження об’єкту на анкеті-фотознімку розмітка в умовах необмеженої видимості

Рис. 2. 3-д розмітка в умовах обмеженої видимості

Рис. 3. 3-д
3-д розмітка в умовах необмеженої видимості

Найкращі результати отримані при використанні методу опорних векторів, ознак гістограми направлених градієнтів та пошуку на зображені з використанням методу ковзного вікна, піраміди зображень та теплової карти. У подальшому ефективність роботи може бути підвищена із застосуванням додаткової передоробки, наприклад адаптивного багато масштабного методу Retinex, інших методів класифікації, у тому числі нейронних мереж [17], інших дескрипторів ознак, що потребують подальшого дослідження або спектрального аналізу. В задачах знаходження об’єктів дорожньої інфраструктури, що має вплив на безпеку руху, необхідно проводити

знаходження в режимі реального часу, для чого у подальшому необхідно дослідити методи оптимізації швидкості роботи алгоритмів знаходження [18].

Висновки. Спираючись на отримані результати можна говорити про стійку залежність зміни швидкості руху водіїв від зміни окремих геометричних параметрів автодороги. Впроваджені у тому числі за участю автора заходи у м. Києві дають змогу проводити повноцінні дослідження щодо їх впливу на стримування швидкості руху. Актуальність дослідження підтверджується також тим, що вже на сьогодні Державним підприємством «Національний інститут розвитку інфраструктури (НІРІ)», (до цього - ДерждорНДІ ім. М.П. Шульгіна) розроблено новий стандарт – ДСТУ 4123:2020 «Безпека дорожнього руху. Засоби заспокоєння руху. Загальні технічні вимоги», який має на меті запровадити комплексний підхід до створення системи безпечних умов руху дорогами та вулицями, яка ґрунтується на теорії керування швидкістю.

Список літератури

1. Постанова від 19.05.2020 № 490/10025/17 Верховний Суд. Касаційний кримінальний суд.

2. Nagy, G. Terrain visibility / G. Nagy - In preparation, Rensselaer Polytechnic Institute, 1994. 211 p.

3. Fort, M. Visibility and proximity on triangulated surfaces URL: http:/www.tesisented.net (дата звернення 12.12.2021).

4. Польський С.В. Ефективний метод визначення видимості між відрізками на площині. URL: http:/www.mtul.ukr.net (дата звернення 20.09.2022).

5. De Floriani L. Algorithms for visibility computation on terrains: a survey / L. De Floriani P. Magillo // Environment and Planning B. 2003. № 30 (5). P. 709-728.

6. Системи та комплекси електросвітлотехнічного забезпечення польотів: навч. посіб. / уклад.: Ю. М. Квач, А. П. Колотюк. К.: Вид-во Нац. авіац. ун-ту «НАУ-друк», 2012. 160 с.

7. Dalal N., Triggs B. Histograms of oriented gradients for human detection // 2005 *IEEE Computer Society Conf. on Computer Vision and Pattern Recognition*, San Diego, CA, 20-25 June 2005. Piscataway: IEEE, 2005. 11 p. doi: 10.1109/CVPR.2005.177.

8. Cristianini N., Shawe-Taylor J. An introduction to support vector machines and other kernel-based learning methods. NY: *Cambridge University Press*, 2000. 168 p. doi: 10.1017/CBO9780511801389.

9. Cover T.M., Hart P.E. Nearest neighbor pattern classification // *IEEE Trans. on Information Theory*. 1967. Vol. IT-13, iss. 1. P. 21-27. doi: 10.1109/TIT.1967.1053964.

10. Dudani S.A. The distance-weighted k-nearestneighbor rule // *IEEE Trans. on Systems, Man and Cybernetics*. 1976. Vol. SMC-6, iss. 4. P. 325-327. doi: 10.1109 / TSMC.1976.5408784.

11. Quinlan J.R. Induction of decision trees // *Machine Learning.* 1986. Vol. 1, iss. 1. P. 81-106.

12. Barla A., Odone F., Verri A. Histogram intersection kernel for image classification // 2003 *Intern. Conf. on Image Processing*, Barcelona, Spain. IEEE, 2003. 18 p. doi: 10.1109/ICIP.2003.1247294.

13. Pyramid methods in image processing / E.H. Andelson, C.H. Anderson, J.R. Bergen, P.J. Burt, J.M. Ogden // RCA Engineer. 1984. Vol. 29, iss. 6. P. 33-41. URL: http://persci.mit.edu/pub_pdfs/RCA84.pdf (дата звернення 10.02.2019).

14. Glumov N.I., Kolomiyetz E.I., Sergeyev V.V. Detection of objects on the image using a sliding window mode // *Optics & Laser Technology.* 1995. Vol. 27, iss. 4. P. 241-249. doi: 10.1016/0030-3992(95)93752-D.

15. Wilkinson L., Friendly M. The history of the cluster heat map // *The American Statistician.* 2009. Vol. 63, № 2. P. 179-184. doi: 10.1198/tas.2009.0033.

16. Powers D.M. W. Evaluation: From Precision, Recall and F-Measure to ROC, Informedness, Markedness & Correlation // *J. of Machine Learning Technologies.* 2011. Vol. 2, № 1. P. 37-63.

17. Oleksander Pohosov, Pavlo Pasichnyk, Yevhen Kulinko, Bohdan Koziachyna, Olexandr Melnycenko, Valentyn Osypov. Devising a methodology for assessing seasonal thermal energy generation by a combined heat source / Eastern-European Journal of Enterprise Technologies ISSN-L 1729-3774; E-ISSN 1729-4061. 1/8 (133) 2025. P. 56-67. https://doi.org/10.15587/1729-4061.2025.323755

18. V. Osypov. Development and implementation of retro-reflective elements for automatic accessories and places of planed points. // Transport Problems. International scientific journal. Print edition: ISSN 1896-0596 Online edition: ISSN 2300-861X. Volume 14 Issue 4. 2019. P. 127-138. DOI:10.20858/tp.2019.14.4.11

Ph.D **Valentyn Osypov,**
Military Institute of Taras Shevchenko National University of Kyiv

STUDY OF DRIVER'S REACTION TO SUDDEN DANGER USING THE EXAMPLE OF 3-D MARKING IN POPULATED AREAS

The installation of 3-D markings is currently an experimental tool for influencing the driver's subconscious in order to force him to reduce speed in front of a "visually imaginary" obstacle. This type of traffic calming still requires additional research, but has some promise. What problem can this type of marking solve? First, it is to increase the visibility distance of an object for the driver's visual perception by simulating a three-dimensional danger. A number of studies are devoted to solving the problem of determining visible terrain objects by constructing three-dimensional models. The purpose of the publication is to study the dependence of the speed of visual movement of drivers on changes in individual geometric parameters of the road using the example of experimental use of 3-D horizontal road markings. Modern methods for determining visible terrain objects based on spatial modeling of the terrain surface and terrain objects. Using the constructed models, zones determined from which rays of visibility can reach the object of study without hindrance, that is, from the driver's eyes to the marking of a pedestrian crossing within the carriageway. Based on the results obtained, we can speak about a stable dependence of the change in the speed of drivers on the change in individual geometric parameters of the road. The measures implemented in Kyiv, including with the participation of the author, allow conducting full-fledged studies on their impact on restraining speed.

Key words: driver; car; road; environment; horizontal road markings.

REFERENCES

1. Postanova vid 19.05.2020 № 490/10025/17 Verkhovnyi Sud. Kasatsiinyi kryminalnyi sud {in Ukranian}.

2. Nagy, G. Terrain visibility / G. Nagy - In preparation, Rensselaer Polytechnic Institute, 1994. 211 p. {in English}.

3. Fort, M. Visibility and proximity on triangulated surfaces URL: http:/www.tesisented.net (data zvernennia 12.12.2021) {in English}.

4. Polskyi S.V. Efektyvnyi metod vyznachennia vydymosti mizh vidrizkamy na ploshchyni. URL: http:/www.mtul.ukr.net (data zvernennia 20.09.2022) {in Ukranian}.

5. De Floriani L. Algorithms for visibility computation on terrains: a survey / L. De Floriani P. Magillo // Environment and Planning B. 2003. № 30 (5). P. 709-728 {in English}.

6. Systemy ta kompleksy elektrosvitlotekhnichnoho zabezpechennia polotiv: navch. posib. / uklad.: Yu. M. Kvach, A. P. Kolotiuk. K.: Vyd-vo Nats. aviats. un-tu «NAU-druk», 2012. 160 s {in Ukranian}.

7. Dalal N., Triggs B. Histograms of oriented gradients for human detection // 2005 *IEEE Computer Society Conf. on Computer Vision and Pattern Recognition*, San Diego, CA, 20-25 June 2005. Piscataway: IEEE, 2005. 11 p. doi: 10.1109/CVPR.2005.177 {in English}.

8. Cristianini N., Shawe-Taylor J. An introduction to support vector machines and other kernel-based learning methods. NY: *Cambridge University Press*, 2000. 168 p. doi: 10.1017/CBO9780511801389 {in English}.

9. Cover T.M., Hart P.E. Nearest neighbor pattern classification // *IEEE Trans. on Information Theory*. 1967. Vol. IT-13, iss. 1. P. 21-27. doi: 10.1109/TIT.1967.1053964 {in English}.

10. Dudani S.A. The distance-weighted k-nearestneighbor rule // *IEEE Trans. on Systems, Man and Cybernetics*. 1976. Vol. SMC-6, iss. 4. P. 325-327. doi: 10.1109 / TSMC.1976.5408784 {in English}.

11. Quinlan J.R. Induction of decision trees // *Machine Learning.* 1986. Vol. 1, iss. 1. P. 81-106 {in English}.

12. Barla A., Odone F., Verri A. Histogram intersection kernel for image classification // 2003 *Intern. Conf. on Image Processing*, Barcelona, Spain. IEEE, 2003. 18 p. doi: 10.1109/ICIP.2003.1247294 {in English}.

13. Pyramid methods in image processing / E.H. Andelson, C.H. Anderson, J.R. Bergen, P.J. Burt, J.M. Ogden // RCA Engineer. 1984. Vol. 29, iss. 6. P. 33-41. URL: http://persci.mit.edu/pub_pdfs/RCA84.pdf (дата звернення 10.02.2019){in English}.

14. Glumov N.I., Kolomiyetz E.I., Sergeyev V.V. Detection of objects on the image using a sliding window mode // *Optics & Laser Technology.* 1995. Vol. 27, iss. 4. P. 241-249. doi: 10.1016/0030-3992(95)93752-D{in English}.

15. Wilkinson L., Friendly M. The history of the cluster heat map // *The American Statistician.* 2009. Vol. 63, № 2. P. 179-184. doi: 10.1198/tas.2009.0033 {in English}.

16. Powers D. M. W. Evaluation: From Precision, Recall and F-Measure to ROC, Informedness, Markedness & Correlation // *J. of Machine Learning Technologies.* 2011. Vol. 2, № 1. P. 37-63 {in English}.

DOI: 10.32347/2076-815X.2026.92.511-523
УДК 69.05:004.94:006.05

д.т.н., професор **Прусов Д.Е.,**
dmytro.prusov@iino.in.ua, ORCID: 0000-0002-1720-2798,
доктор філософії **Жалдак Р.Ю.,**
zhaldak.ry@iino.in.ua, ORCID: 0000-0002-6139-1506,
Приходько О.О.,
oleg.prykhodko84@gmail.com, ORCID: 0000-0002-3092-6782,
ВСП «Інститут Інноваційної освіти» КНУБА, м. Київ

УПРАВЛІННЯ ЯКІСТЮ БУДІВНИЦТВА ЧЕРЕЗ СИНЕРГІЮ ІНФОРМАЦІЙНОГО МОДЕЛЮВАННЯ ТА ТЕХНІЧНОГО РЕГУЛЮВАННЯ: ВІД ЕТАПУ СТВОРЕННЯ ПРОЄКТНОЇ ДОКУМЕНТАЦІЇ ДО ВВЕДЕННЯ В ЕКСПЛУАТАЦІЮ

Інтеграція технологій інформаційного моделювання будівель із процедурами технічного нагляду створює передумови для формування нової парадигми управління будівельними проєктами. Використання BIM дозволяє акумулювати комплексні дані про конструктивні, технологічні та експлуатаційні характеристики об'єктів, що забезпечує підвищення прозорості процесів та узгодженості дій усіх учасників будівництва. Формування єдиного інформаційного простору сприяє переходу від фрагментарного контролю до системного моніторингу, орієнтованого на безперервне відстеження параметрів функціонування об'єкта.

Важливим напрямом розвитку є створення інформаційно-аналітичних механізмів, які забезпечують обробку даних у режимі реального часу, виявлення відхилень від нормативних показників та прогнозування технічного стану конструкцій. Поєднання цифрових моделей із інструментами технічного контролю дозволяє не лише підвищити точність оцінювання, але й забезпечити своєчасне реагування на потенційні ризики. Це, у свою чергу, сприяє зниженню ймовірності аварійних ситуацій, оптимізації витрат на експлуатацію та підвищенню загальної ефективності управління.

Ключові слова: BIM-технології; технічний нагляд; науково-технічний супровід; моніторинг; цифровізація; будівельні об'єкти; інформаційне моделювання; управління будівництвом.

Постановка проблеми: Сучасні будівельні проєкти характеризуються високим рівнем складності, значною кількістю учасників та багатофакторністю впливів, що ускладнює процеси контролю та управління. Існуючі системи науково-технічного супроводу та технічного нагляду часто функціонують

ізольовано, що призводить до фрагментації інформації та зниження ефективності моніторингу. Відсутність інтегрованих інформаційних рішень обмежує можливості своєчасного виявлення відхилень та прогнозування технічного стану об'єктів. Традиційні методи контролю не забезпечують належного рівня оперативності, оскільки базуються на періодичних перевірках і не враховують можливостей сучасних цифрових технологій. У свою чергу, BIM-технології, попри значний потенціал, часто застосовуються без інтеграції з процедурами технічного нагляду, що знижує їх ефективність.

Метою дослідження є обґрунтування теоретико-методичних засад формування інтегрованої системи науково-технічного супроводу та моніторингу складних об'єктів будівництва на основі конвергенції BIM-технологій і процедур технічного нагляду. Досягнення поставленої мети передбачає визначення ключових принципів інтеграції цифрових моделей із системами контролю, розроблення підходів до організації безперервного моніторингу та формування інформаційно-аналітичних механізмів обробки даних. Особлива увага приділяється підвищенню ефективності управління будівельними проєктами шляхом використання сучасних цифрових інструментів.

Аналіз останніх досліджень і публікацій: Новітні наукові дослідження у сфері будівництва демонструють активне впровадження цифрових технологій, зокрема BIM, як основи для підвищення ефективності управління проєктами. Значна кількість праць присвячена питанням створення інформаційних моделей будівель, що забезпечують інтеграцію даних на всіх етапах життєвого циклу об'єкта. Водночас окремі дослідження акцентують увагу на використанні цифрових технологій для моніторингу технічного стану конструкцій та управління ризиками.

Окремий напрям досліджень пов'язаний із розвитком концепції цифрових двійників, які дозволяють здійснювати моделювання та аналіз стану об'єктів у режимі реального часу. Такі підходи сприяють підвищенню точності прогнозування та забезпечують можливість своєчасного реагування на зміни параметрів функціонування об'єкта.

Виклад основної інформації: У сучасних умовах цифрової трансформації будівельної галузі управління якістю будівництва дедалі більше ґрунтується на інтеграції інформаційних технологій та систем технічного регулювання. Одним із ключових інструментів такої інтеграції виступає технологія інформаційного моделювання будівель (Building Information Modeling), яка забезпечує формування єдиного цифрового інформаційного середовища проєкту [1].

Синергія інформаційного моделювання та технічного регулювання проявляється у можливості інтеграції нормативних вимог безпосередньо у структуру цифрової моделі об'єкта будівництва. У такому випадку кожен

елемент моделі — конструктивний, інженерний або функціональний — може бути пов'язаний із відповідними нормативними параметрами, що визначають допустимі межі технічних характеристик [2].

Концептуальну взаємодію інструментів інформаційного моделювання та механізмів технічного регулювання у процесі управління якістю будівництва узагальнено та структуровано на рисунку 1 [3].

Інтегральний індекс відповідності якості може бути визначений за допомогою агрегованої функції нормованих параметрів:

$$Q_{int} = \sum_{i=1}^{n} w_i \times \frac{P_i^{fact}}{P_i^{norm}}, \quad (1)$$

де Q_{int} — інтегральний індекс відповідності якості будівельного елемента; w_i — ваговий коефіцієнт значущості параметра; P^{fact}_i — фактичне значення параметра; P^{norm}_i — нормативне значення параметра; n — кількість контрольованих параметрів.

Рис. 1. Концептуальна схема інтеграції інформаційного моделювання та технічного регулювання в системі управління якістю будівництва
(розроблено автороами на основі [3])

Для комплексної оцінки рівня відповідності будівельного об'єкта нормативним вимогам у цифровій моделі застосовується багатокритеріальна функція узгодженості параметрів:

$$C = \left(\prod_{j=1}^{m}\left(1 - \left|X_j^{proj} - \frac{X_j^{norm}}{X_j^{norm}}\right|\right)^{\alpha_j}\right), \quad (2)$$

де C — коефіцієнт нормативної узгодженості проєктних параметрів; X^{proj}_j — значення параметра у проєктній моделі; X^{norm}_j — нормативне значення параметра; α_j — коефіцієнт важливості відповідного критерію.

З метою оцінювання ризику виникнення невідповідностей у процесі будівництва доцільно застосовувати модель прогнозування якості, яка враховує вплив технологічних, організаційних та регуляторних факторів:

$$R_q = 1 - exp\,(-\sum_{k=1}^{s}\beta_k \times F_k \times t_k), \quad (3)$$

Де R_q — інтегральний ризик зниження якості будівництва; β_k — коефіцієнт впливу фактору; F_k — інтенсивність прояву фактору ризику; t_k — тривалість впливу фактору; s — кількість факторів ризику.

Завдяки синергетичній взаємодії інформаційного моделювання та системи технічного регулювання формується нова парадигма управління якістю будівництва, у якій нормативні вимоги інтегруються у цифрові моделі об’єктів, а процеси контролю якості набувають автоматизованого, прогнозного та аналітичного характеру.

Подальший розвиток методології управління якістю будівництва в умовах цифровізації галузі пов’язаний із формуванням інтегрованих систем верифікації, аудиту та моніторингу якості будівництва, що базуються на синергетичній взаємодії інформаційних моделей будівель та систем технічного регулювання [4].

Сутність інтегрованої системи верифікації полягає у створенні механізму постійного зіставлення параметрів цифрової моделі будівлі з нормативними та проєктними значеннями. У такій системі інформаційна модель виконує функцію цифрового двійника об’єкта будівництва, що дозволяє відстежувати зміни параметрів конструкцій і інженерних систем у режимі реального часу [5].

Одним із базових індикаторів інтегральної оцінки якості будівництва є функція узгодженості проєктних та нормативних параметрів [6]:

$$Q_c = \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n}\left(1 - \frac{|P_i^{proj} - P_i^{norm}|}{P_i^{norm}}\right), \quad (4)$$

де Q_c — коефіцієнт нормативної відповідності; P^{proj}_i — параметр проєктного рішення; P^{norm}_i — нормативне значення параметра; n — кількість контрольованих параметрів.

З метою оцінювання рівня якості будівництва на різних стадіях реалізації проєкту застосовується індекс інтегральної якості:

$$I_q = \sum_{k=1}^{m} w_k \times q_k, \tag{5}$$

де I_q — інтегральний індекс якості будівництва; qk — частковий показник якості; w_k — ваговий коефіцієнт значущості параметра; m — кількість критеріїв оцінювання.

Аналіз динаміки такого показника дозволяє ідентифікувати критичні етапи реалізації будівельного проєкту, на яких виникає найбільша ймовірність відхилення фактичних параметрів від проєктних або нормативних значень. Візуалізація відповідної залежності представлена на рисунку 2.

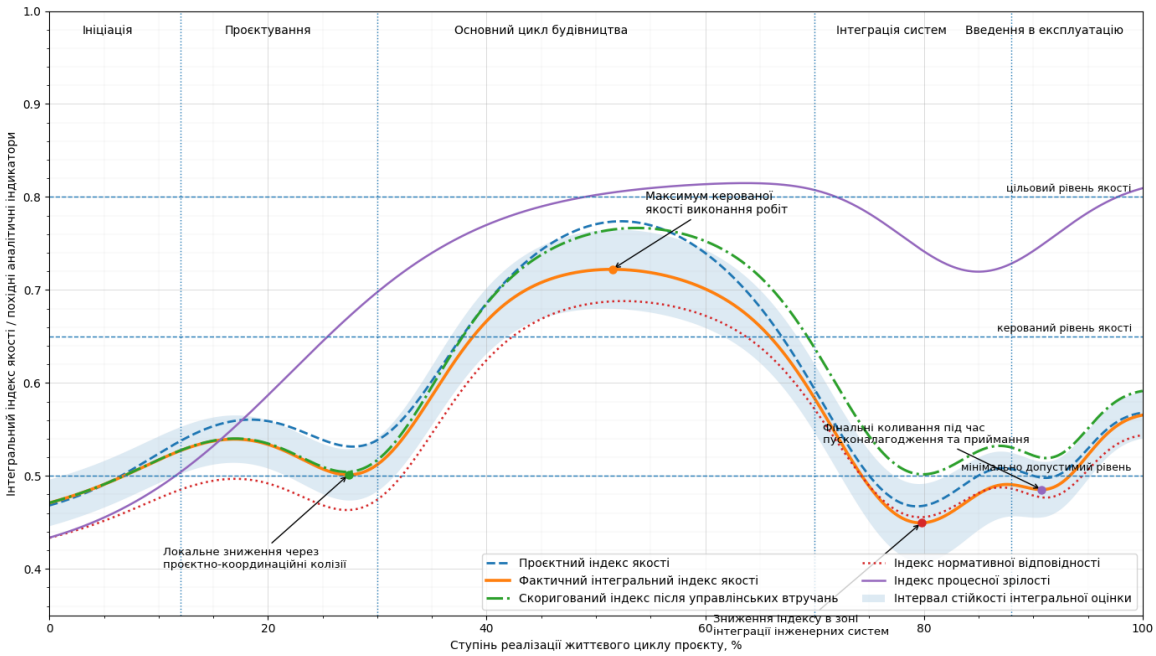


Рис. 2. Динаміка інтегрального індексу якості будівництва протягом життєвого циклу проекту *(розроблено авторами на основі [6])*

Окрім оцінювання відповідності параметрів, важливим елементом системи контролю є прогнозування ризиків виникнення дефектів або невідповідностей у процесі будівництва. Для цього використовується функція імовірності виникнення відхилень параметрів:

$$R_d = 1 - \prod_{j=1}^{s}(1 - p_j), \tag{6}$$

де R_d — імовірність виникнення дефекту; p_j — імовірність виникнення окремого фактору ризику; s — кількість факторів ризику.

Водночас у межах інтегрованої системи моніторингу якості застосовується модель часової стабільності параметрів будівельних систем:

$$S_t = e - \lambda_t, \tag{7}$$

де S_t — показник стабільності технічного стану; λ — коефіцієнт деградації параметрів; t — час експлуатації або тривалість будівництва.

Важливим елементом інтегрованої системи управління якістю будівництва є прогнозування ризику виникнення дефектів або невідповідностей у процесі реалізації будівельного проєкту. Застосування аналітичних моделей ризику дозволяє оцінити ймовірність виникнення критичних відхилень залежно від сукупності технологічних, організаційних та регуляторних факторів. Графічна інтерпретація розподілу ймовірності виникнення дефектів у системі моніторингу якості будівництва наведена на рисунку 3 [7].

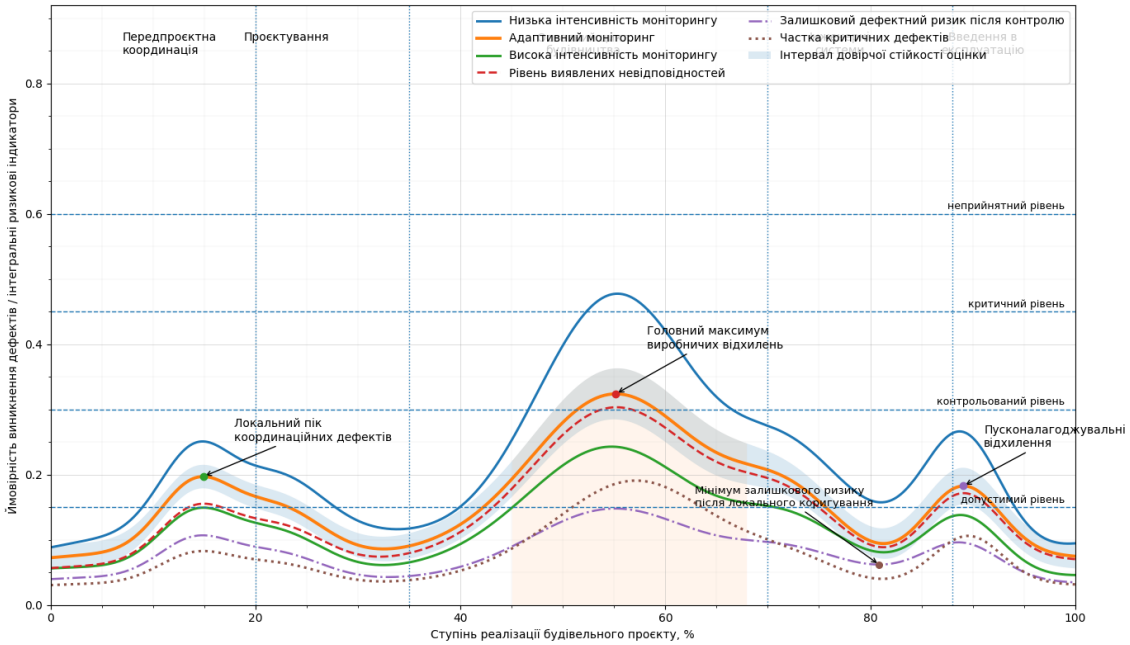


Рис. 3. Графік ймовірності виникнення дефектів у системі моніторингу якості будівництва *(розроблено авторами на основі [7])*

Подальший розвиток концепції цифрового управління якістю будівництва безпосередньо пов’язаний із формуванням організаційно-інституційних механізмів інтеграції інформаційного моделювання у процедури технічного нагляду, експертизи проєктної документації та контролю виконання будівельних робіт. У традиційній системі будівельного контролю функції перевірки якості реалізуються різними інституційними суб’єктами — проєктними організаціями, експертними установами, службами технічного нагляду та державними органами регулювання [8].

Застосування цифрових моделей у системі технічного нагляду дозволяє формалізувати процес контролю виконання будівельних робіт. У цьому випадку результати інспекцій, вимірювань та випробувань інтегруються у інформаційну модель об'єкта, що забезпечує можливість порівняння фактичних параметрів будівельних конструкцій із проєктними характеристиками [9].

Функціональний розподіл повноважень та відповідальності між основними учасниками системи контролю якості будівництва у BIM-середовищі узагальнено в таблиці 1.

Таблиця 1.

Функції учасників системи контролю якості будівництва у BIM-середовищі *(розроблено авторами на основі [9])*

Учасник процесу	**Основні функції контролю**	**Дані, що інтегруються у BIM**	**Результат контролю**
Проєктна організація	формування цифрової моделі об'єкта, перевірка відповідності проєктних рішень	геометричні параметри, характеристики матеріалів	цифрова проєктна модель
Експертна організація	експертиза проєктної документації	результати нормативної перевірки	висновок експертизи
Служба технічного нагляду	контроль виконання будівельних робіт	результати інспекцій та вимірювань	звіт про відповідність робіт
Підрядна організація	виконання будівельних робіт	технологічні параметри будівництва	фактичні параметри конструкцій
Органи державного контролю	перевірка відповідності об'єкта нормативним вимогам	результати державного контролю	дозвіл на введення в експлуатацію

Структурну організацію та функціональну взаємодію основних модулів цифрової системи контролю якості будівництва, що реалізується на основі технологій інформаційного моделювання, узагальнено на рисунку 4.

Рис. 4. Архітектура цифрової системи контролю якості будівництва на основі інформаційного моделювання *(розроблено автором на основі [9])*

З метою оцінювання ефективності взаємодії учасників будівельного процесу у цифровому середовищі застосовується індикатор інформаційної інтеграції [10]:

$$I_{int} = \frac{N_d}{N_t}, \tag{8}$$

де I_{int} — індекс інтеграції інформаційних потоків; N_d — кількість цифрових даних, інтегрованих у модель; N_t — загальна кількість інформаційних параметрів.

Графічна інтерпретація взаємозв'язку між рівнем цифрової інтеграції та ефективністю контролю якості будівництва представлена на рисунку 5.

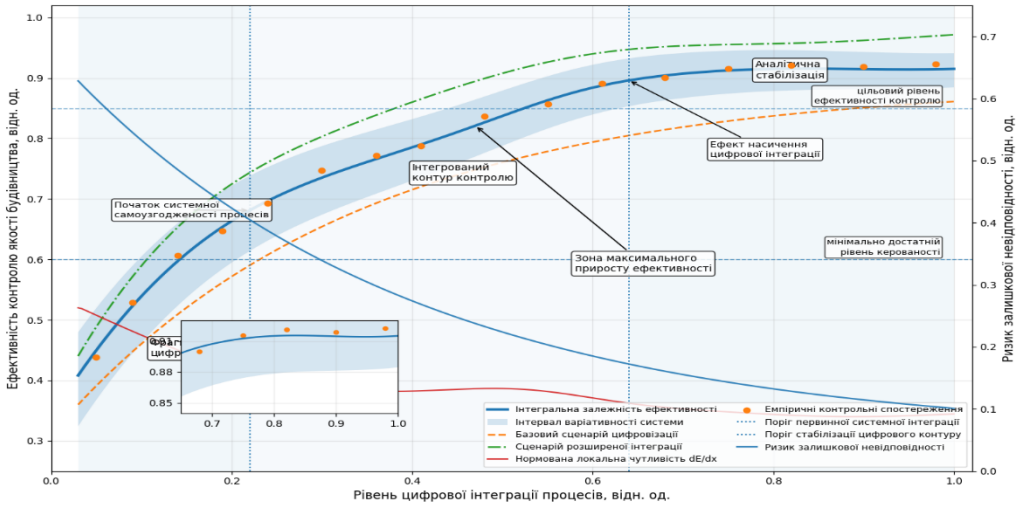


Рис. 5. Залежність ефективності контролю якості будівництва від рівня цифрової інтеграції процесів *(розроблено авторами на основі [10])*

Ключовим елементом логіки дослідження є встановлення того, що використання цифрових інформаційних моделей у поєднанні з нормативно-регуляторними інструментами технічного регулювання не лише підвищує формальну керованість будівельного процесу, а й безпосередньо знижує ризики невідповідності будівельної продукції встановленим вимогам якості та безпеки на етапі введення об'єкта в експлуатацію [11].

Зниження ризику невідповідності відбувається за кількома взаємопов'язаними напрямами. По-перше, параметризація нормативних вимог у цифровій моделі дає можливість автоматизувати перевірку геометричних, конструктивних, технологічних та експлуатаційних характеристик об'єкта. По-

друге, інтеграція результатів будівельного контролю до BIM-середовища забезпечує простежуваність походження відхилень і дозволяє локалізувати критичні дефекти до моменту завершення робіт. По-третє, цифрове узгодження проєктної, виконавчої та наглядової інформації зменшує імовірність накопичення прихованих невідповідностей, які в традиційній системі часто виявляються лише на стадії приймання об'єкта.

Для кількісної демонстрації цього ефекту доцільно використати інтегральний показник ризику невідповідності будівельної продукції:

$$R_n = 1 - \prod_{i=1}^{m}(1 - p_i), \tag{9}$$

де R_n — сукупний ризик невідповідності; p_i — імовірність виникнення окремої критичної невідповідності; m — кількість незалежних груп ризиків.

Нехай на етапі введення об'єкта в експлуатацію виокремлено чотири основні групи ризиків: конструктивні відхилення (p_1=0,08), невідповідності інженерних систем (p_2=0,06), порушення вимог пожежної безпеки (p_3=0,05) та дефекти виконавчої документації (p_4=0,07). Тоді в умовах традиційного контролю:

$$R_n = 1 - (1 - 0{,}08)(1 - 0{,}06)(1 - 0{,}05)(1 - 0{,}07),$$
$$R_n = 1 - 0{,}92 \cdot 0{,}94 \cdot 0{,}95 \cdot 0{,}93 = 1 - 0{,}758 \approx 0{,}242\,.$$

Отже, інтегральний ризик невідповідності становить близько 24,2 %.

Якщо ж у процесі реалізації проєкту застосовується цифрова інформаційна модель, у якій нормативні правила вбудовано у процедури перевірки, а результати технічного нагляду синхронізуються з моделлю в режимі поточного оновлення, імовірності окремих невідповідностей можуть бути знижені, наприклад, до p_1=0,04, p_2=0,03, p_3=0,025, p_4=0,035. У такому випадку:

$$R_n^{BIM} = 1 - (1 - 0{,}04)(1 - 0{,}03)(1 - 0{,}025)(1 - 0{,}035),$$
$$R_n^{BIM} = 1 - 0{,}96 \cdot 0{,}97 \cdot 0{,}975 \cdot 0{,}965 = 1 - 0{,}874 \approx 0{,}126.$$

Таким чином, застосування цифрової моделі та регуляторно-алгоритмічної перевірки знижує інтегральний ризик невідповідності з 24,2 % до 12,6 %, тобто майже в 1,9 раза.

Для узагальненої оцінки ефективності цифрового регуляторного контролю можна використати коефіцієнт редукції ризику:

$$K_r = \frac{R_n - R_n^{BIM}}{R_n}, \tag{10}$$

де K_r — частка зниження ризику за рахунок цифрового контролю.

Підставляючи наведені значення, отримаємо:

$$K_r = \frac{0{,}242-0{,}126}{0{,}242} \approx 0{,}479.$$

Отже, цифрова інтеграція моделі та регуляторних процедур забезпечує приблизно 47,9 % зниження ризику невідповідності.

Додатково ефект цифрового контролю може бути описаний через залежність ризику невідповідності від індексу цифрової інтеграції процесів:

$$R_n(I_{int}) = R_0\, e^{-\alpha I_{int}}, \tag{11}$$

де R_0 — базовий ризик за відсутності цифрової інтеграції; α — коефіцієнт чутливості ризику до рівня цифровізації; I_{int} — індекс інтеграції цифрової моделі з процедурами контролю та технічного регулювання.

За умови R_0=0,28 та α=1,95 зі зростанням I_{int} від 0,20 до 0,95 ризик зменшується від приблизно 0,224 до 0,044, що відображає суттєве підвищення надійності процесу введення об’єкта в експлуатацію.

Висновок

Поєднання цифрових інформаційних моделей із нормативно-регуляторними інструментами технічного регулювання формує проактивний механізм забезпечення якості та безпеки будівельної продукції. Його ключова перевага полягає у зміщенні акценту з фінального виявлення порушень на їх раннє прогнозування, локалізацію та усунення у ході реалізації проєкту. Саме це забезпечує підвищення достовірності приймального контролю, зменшення кількості відмов у введенні об’єктів в експлуатацію, скорочення витрат на доопрацювання та загальне підвищення рівня відповідності будівельної продукції встановленим стандартам якості й безпеки.

Література

1. Eastman C., Teicholz P., Sacks R., Liston K. BIM Handbook: A Guide to Building Information Modeling for Owners, Managers, Designers, Engineers, and Contractors. 2nd ed. Hoboken: John Wiley & Sons, 2011. 648 p. URL: https://surl.li/dfpwzm

2. Issa R. R. A., Azhar S., Olbina J. (eds.). Handbook of Research on Building Information Modeling and Construction Informatics: Concepts and Technologies. Hershey, PA: IGI Global, 2010. 2 vols. URL: https://www.scribd.com/document/461732850/Handbook-of-research-on-BIM-andconstructioninformatics-concepts-and-technologies

3. Hardin B., McCool D. BIM and Construction Management: Proven Tools, Methods, and Workflows. 2nd ed. Indianapolis: John Wiley & Sons, 2015. 416 p. URL:

https://www.benardmakaa.com/wp-content/uploads/2021/11/Brad-Hardin-Dave-McCool-BIM-and-Construction-Management_-Proven-Tools-Methods-and-Workflows-2015-Wiley.pdf

4. І.Л. Федун, Ю.А. Чуприна Інструментарій державного регулювання будівництвом // Будівельне виробництво №66 2019 с. 87-91

5. Чуприна Ю.А. Стратегії реконфігурації бізнес-процесів будівельних підприємств / Х.М. Чуприна, М.В. Бородавко, Д.О. Гавріков// Управління розвитком складних систем. – 2020. – № 41. – С. 169 – 174.

6. ДБН А.2.2-3:2014. Склад та зміст проєктної документації на будівництво. Київ: Мінрегіон України, 2014.

7. Чернишев Д.О., Рижаков Д.А., Хоменко О.М., Петруха С.В., Кучеренко О.І., Горбач М.В. Цифрові технології як інноваційні тренди структурно-трансформаційних зрушень у системі управління підприємствстейкхолдерів будівництва. Управління розвитком складних систем. Київ. 2021. № 46. С. 118 – 130, dx.doi.org\10.32347/2412-9933.2021.46.118-130.

8. Kymmell W. Building Information Modeling: Planning and Managing Construction Projects with 4D CAD and Simulations. New York: McGraw-Hill Construction, 2008. 352 p. URL: https://ndl.ethernet.edu.et/bitstream/123456789/27104/1/2.pdf

9. Smith P. BIM & the 5D Project Cost Manager. Procedia – Social and Behavioral Sciences. 2014. Vol. 119. P. 475–484. DOI: 10.1016/j.sbspro.2014.03.053. URL: https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1877042814021442

10. Chong H.-Y., Wang X. The Outlook of Building Information Modeling for Sustainable Development. Clean Technologies and Environmental Policy. 2016. Vol. 18, no. 6. P. 1877–1887. DOI: 10.1007/s10098-016-1170-7. URL: https://ouci.dntb.gov.ua/en/works/96Jrgyx9/

11. ДБН В.1.2-14:2018. Загальні принципи забезпечення надійності та конструктивної безпеки будівель і споруд. Київ: ДП «Укрархбудінформ», 2018. 30 с.

Doctor of Technical Sciences, **Prusov Dmytro,**
PhD **Zhaldak Ruslan, Prykhodko Oleh,**
Institute of Innovative Education,
Kyiv National University of Construction and Architecture

QUALITY MANAGEMENT IN CONSTRUCTION THROUGH THE SYNERGY OF BUILDING INFORMATION MODELING AND TECHNICAL REGULATION: FROM THE STAGE OF DESIGN DOCUMENTATION DEVELOPMENT TO COMMISSIONING

The integration of Building Information Modeling (BIM) technologies with technical supervision procedures creates the preconditions for the formation of a new paradigm in construction project management. The use of BIM enables the accumulation of comprehensive data on structural, technological, and operational characteristics of construction objects, thereby enhancing process transparency and ensuring coordination among all stakeholders involved in construction. The establishment of a unified information environment facilitates the transition from

fragmented control to systematic monitoring focused on the continuous tracking of an object's performance parameters.

An important direction of development is the creation of information and analytical mechanisms that provide real-time data processing, identification of deviations from regulatory indicators, and forecasting of the technical condition of structures. The combination of digital models with technical control tools not only improves the accuracy of assessments but also ensures timely responses to potential risks. This, in turn, contributes to reducing the likelihood of аварійних situations, optimizing operational costs, and increasing the overall efficiency of management.

Keywords: BIM technologies, technical supervision; scientific and technical support; monitoring; digitalization; construction objects; building information modeling; construction management.

REFERENCES

1. Eastman C., Teicholz P., Sacks R., Liston K. BIM Handbook: A Guide to Building Information Modeling for Owners, Managers, Designers, Engineers, and Contractors. 2nd ed. Hoboken: John Wiley & Sons, 2011. 648 p. URL: https://surl.li/dfpwzm {in English}

2. Issa R.R.A., Azhar S., Olbina J. (eds.). Handbook of Research on Building Information Modeling and Construction Informatics: Concepts and Technologies. Hershey, PA: IGI Global, 2010. 2 vols. URL: https://www.scribd.com/document/461732850/Handbook-of-research-on-BIM-andconstructioninformatics-concepts-and-technologies {in English}

3. Hardin B., McCool D. BIM and Construction Management: Proven Tools, Methods, and Workflows. 2nd ed. Indianapolis: John Wiley & Sons, 2015. 416 p. URL: https://www.benardmakaa.com/wp-content/uploads/2021/11/Brad-Hardin-Dave-McCool-BIM-and-Construction-Management_-Proven-Tools-Methods-and-Workflows-2015-Wiley.pdf {in English}

4. Fedun I.L., Chupryna Yu.A. Tools of state regulation in construction. Budivelne vyrobnytstvo, 2019, no. 66, pp. 87–91 {in Ukrainian}

5. Chupryna Yu.A., Borodavko M.V., Havrikov D.O. Strategies for reconfiguration of business processes of construction enterprises. Upravlinnia rozvytkom skladnykh system, 2020, no. 41, pp. 169–174 {in Ukrainian}

6. DBN A.2.2-3:2014. Composition and content of design documentation for construction. Kyiv: Ministry of Regional Development of Ukraine, 2014 {in Ukrainian}

7. Chernyshev D.O., Ryzhakov D.A., Khomenko O.M., Petrukha S.V., Kucherenko O.I., Horbach M.V. Digital technologies as innovative trends of structural transformations in the management system of stakeholder construction enterprises.

Upravlinnia rozvytkom skladnykh system, Kyiv, 2021, no. 46, pp. 118–130. DOI: 10.32347/2412-9933.2021.46.118-130 {in Ukrainian}

8. Kymmell W. Building Information Modeling: Planning and Managing Construction Projects with 4D CAD and Simulations. New York: McGraw-Hill Construction, 2008. 352 p. URL: https://ndl.ethernet.edu.et/bitstream/123456789/27104/1/2.pdf {in English}

9. Smith P. BIM & the 5D Project Cost Manager. Procedia – Social and Behavioral Sciences, 2014, vol. 119, pp. 475–484. DOI: 10.1016/j.sbspro.2014.03.053. URL: https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1877042814021442 {in English}

10. Chong H.-Y., Wang X. The outlook of Building Information Modeling for sustainable development. Clean Technologies and Environmental Policy, 2016, vol. 18, no. 6, pp. 1877–1887. DOI: 10.1007/s10098-016-1170-7. URL: https://ouci.dntb.gov.ua/en/works/96Jrgyx9/ {in English}

11. DBN V.1.2-14:2018. General principles for ensuring reliability and structural safety of buildings and structures. Kyiv: Ukrarkhbudinform, 2018. 30 p. {in Ukrainian}

DOI: 10.32347/2076-815X.2026.92.524-535
УДК 504.4:711.4

Старжинський П.С.,
pavlostarzhynskyi@gmail.com, ORCID: 0009-0004-4495-9309,
Київський національний університет будівництва та архітектури

БІОПЛАТО ЯК ЕЛЕМЕНТ ПРИРОДООРІЄНТОВАНОЇ ІНФРАСТРУКТУРИ УРБАНІЗОВАНИХ ПРИРІЧКОВИХ ТЕРИТОРІЙ м. КИЄВА

Урбанізовані прирічкові території є важливою складовою природоорієнтованої інфраструктури міста, у межах якої поєднуються природоохоронні, буферні, рекреаційні та планувальні функції. Водночас саме в цих зонах концентруються наслідки техногенного навантаження, одним із найнебезпечніших проявів якого є забруднення водного середовища важкими металами. Для Києва ця проблема є особливо гострою через високий рівень антропогенного тиску на київську ділянку Дніпра та деградацію прибережно-захисної смуги. Метою статті є узагальнення сучасних підходів до використання біоплато для зниження забруднення важкими металами, аналіз ролі водних макрофітів у цих процесах та обґрунтування доцільності розгляду біоплато як елемента природоорієнтованої інфраструктури урбанізованих прирічкових територій. У роботі застосовано оглядово-аналітичний підхід, що поєднує аналіз сучасних наукових джерел, систематизацію механізмів функціонування біоплато та інтерпретацію локальних даних щодо біогеохімічної активності пріоритетних важких металів у межах київської ділянки Дніпра. Показано, що біоплато функціонує як інженерно-біологічна система, у якій зниження металевого навантаження досягається завдяки взаємодії фізичних, хімічних і біологічних процесів за участю субстрату, мікроорганізмів і водних макрофітів. Аналіз біогеохімічних даних трьох гідростворів київської ділянки Дніпра засвідчив зростання сумарного показника забруднення від 12,1 до 13,1, що підтверджує потребу в цілеспрямованому розміщенні біоплато на ділянках із підвищеним техногенним тиском, зокрема в зонах впливу точкових скидів. Обґрунтовано, що біоплато не є заміною очисних споруд, а виступає додатковим компенсаційним елементом, здатним частково компенсувати обмеження системи управління скидами. В умовах Києва біоплато доцільно розглядати як просторово інтегрований елемент прибережно-захисної смуги, що поєднує екологічну стабілізацію прирічкового простору з містобудівною логікою розвитку берегових територій та узгоджується з вимогами Водної рамкової директиви ЄС щодо досягнення доброго екологічного стану водних об’єктів.

Ключові слова: біоплато; урбанізовані прирічкові території; прибережно-захисна смуга; природоорієнтована інфраструктура; важкі метали; екологічна стабілізація; м. Київ.

Постановка проблеми. У сучасних містобудівних і ландшафтно-планувальних дослідженнях урбанізовані прирічкові території розглядаються як важлива складова екологічного каркасу міста, у межах якої прибережно-захисна смуга виконує роль контактної зони між водним об'єктом і міським середовищем. Її стан безпосередньо визначає екологічну стійкість прирічкового простору та можливості впровадження природоорієнтованих рішень [1, 2, 3].

Проте саме в межах урбанізованих прирічкових територій концентруються наслідки техногенного навантаження — поверхневий стік, трансформація берегової зони, локальне накопичення забруднювачів. Одним із найнебезпечніших проявів цього впливу є забруднення водного середовища важкими металами: вони вирізняються токсичністю, стійкістю, здатністю до біоакумуляції та тривалим негативним впливом на гідробіонтів і процеси самоочищення [4]. Наслідком є погіршення якості води, деградація прибережно-захисної смуги та зниження екологічної ефективності прирічкових територій.
За таких умов постає потреба в рішеннях, які органічно інтегруються в структуру прибережно-захисної смуги, поєднують очисну, буферну та екостабілізаційну функції і відповідають просторовим обмеженням міського середовища. Одним із таких рішень є біоплато [1, 5, 6].

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Сучасні дослідження формують кілька взаємопов’язаних напрямів. Перший із них стосується просторової організації прирічкових територій як містобудівного об’єкта. Увагу зосереджено на ролі набережних і заплавних просторів у формуванні екологічного каркасу, буферних властивостях прибережно-захисної смуги, її ревіталізації та інтеграції природоорієнтованих рішень у міське середовище [1, 7, 8]. У цьому контексті прирічкові території розглядаються як функціональна частина міської структури.

Другий напрям стосується забруднення водного середовища важкими металами. У цих роботах висвітлено їхню токсичність, міграцію та накопичення в донних відкладах і біоті [4]. Для урбанізованих територій ці результати також мають важливе планувальне значення.

До третього напряму відносять природоорієнтовані системи очищення, зокрема біоплато. Ефективність біоплато ґрунтується на поєднанні фізичних, хімічних і біологічних механізмів затримання та трансформації забруднювачів. Дослідження висвітлюють сорбційні властивості фільтруючого субстрату (гравій, пісок, модифіковані сорбенти), процеси осадження та роль мікроорганізмів в очищенні від важких металів. Розглянуто потенціал гібридних

систем біоплато, що включають кілька послідовних ступенів очищення, для підвищення ефективності вилучення важких металів [5, 9].

Окремі дослідження присвячено ролі водних макрофітів у функціонуванні біоплато, зокрема їхній участі в біоакумуляції металів, стабілізації субстрату, підтриманні біогеохімічних процесів у ризосфері та реалізації акумуляційного потенціалу окремих видів [10, 11]. Для Києва особливу цінність мають локальні дослідження накопичення важких металів водними макрофітами та вітчизняний інженерно-екологічний підхід З. А. Орловського [6, 12].

Виділення недосліджених частин загальної проблеми. Попри значну кількість робіт із планувальної організації прирічкових просторів та екологічних аспектів очищення води від важких металів, синтез цих двох підходів залишається слабким. Містобудівні джерела зосереджуються на ревіталізації набережних і розвитку природоорієнтованої інфраструктури [1, 3]. Екологічні праці детально висвітлюють механізми функціонування біоплато та роль водних макрофітів [5, 10]. Водночас потенціал біоплато як комплексного елемента прибережно-захисної смуги, що поєднує очисну, буферну та екостабілізаційну функції, розкрито неповною мірою. Недостатньо досліджено просторові критерії розміщення біоплато в урбанізованих ландшафтах, його взаємодію з локальними джерелами техногенного навантаження, поверхневим стоком і деградованими ділянками прибережно-захисної смуги, а також узгодження таких рішень із документами містобудівного планування [3, 7, 8]. Ця прогалина є особливо актуальною для Києва.

Актуальність і наукова новизна. Актуальність дослідження зумовлена потребою переходу від традиційних інженерних підходів до очищення водного середовища до природоорієнтованих рішень, здатних органічно інтегруватися в структуру прибережно-захисної смуги в умовах обмеженого міського простору та хронічного техногенного навантаження. Наукова новизна полягає в еколого-містобудівному синтезі, у межах якого біологічні та хімічні властивості біоплато розглядаються як основа для прийняття просторово-планувальних рішень щодо прибережно-захисної смуги урбанізованих прирічкових територій [1, 5].

Мета статті. Узагальнити сучасні підходи до використання біоплато для зниження забруднення водних екосистем важкими металами, проаналізувати функціональну роль водних макрофітів у цих процесах та обґрунтувати біоплато як елемент природоорієнтованої інфраструктури урбанізованих прирічкових територій на прикладі м. Києва.

Методи дослідження. У роботі застосовано комплексний оглядово-аналітичний підхід. Він включав аналіз сучасних наукових джерел з екологічної інженерії та містобудування, систематизацію механізмів функціонування біоплато й узагальнення ролі водних макрофітів у процесах локального

водоочищення. Для просторово-планувального обґрунтування використано інтерпретацію локальних даних щодо біогеохімічної активності пріоритетних важких металів на Київській ділянці Дніпра. Для кількісної оцінки металевого навантаження застосовано коефіцієнт концентрації (*Кс*) та сумарний показник забруднення (*Zc*). Це дало змогу перейти від оцінки окремих концентрацій до інтегральної характеристики стану локальних ділянок водного середовища.

Виклад основного матеріалу. Біоплато є природоорієнтованим засобом локального очищення водного середовища від важких металів. Його ефективність ґрунтується на поєднанні фізичних, хімічних і біологічних механізмів затримання та трансформації забруднювачів. Зниження металевого навантаження досягається завдяки осадженню завислих речовин, сорбції на поверхні фільтруючого субстрату, іммобілізації у ризосфері та мікробіологічній трансформації [5, 9]. Для гібридних систем біоплато з кількома послідовними ступенями очищення характерна вища ефективність вилучення Cu, Zn, Cr і Pb, а використання модифікованих сорбційних субстратів підвищує результативність очищення [9, 13]. Концептуальну модель функціонування біоплато в структурі прибережно-захисної смуги наведено на рис. 1.

Рис. 1. Концептуальна схема ролі біоплато як елемента природоорієнтованої інфраструктури урбанізованих прирічкових територій м. Києва

Ефективність біоплато визначається відповідністю його конструкції локальним гідроекологічним умовам: площею і глибиною ділянки, типом субстрату, швидкістю водообміну, тривалістю контакту води з рослинно-субстратним середовищем, сезонністю функціонування та початковим рівнем забруднення [5, 9]. Важливе значення має і керування рослинною масою, оскільки своєчасне вилучення надлишкової біомаси підвищує стабільність роботи системи та зменшує ризик вторинного повернення акумульованих металів у водне середовище [6, 10].

Важливою складовою функціонування біоплато є водні макрофіти. Їхня роль не обмежується біоакумуляцією металів — вони також забезпечують фізичну фільтрацію завислих частинок, стабілізацію субстрату та підтримання біогеохімічних процесів у ризосфері [10, 11]. Під впливом токсичних концентрацій важких металів у рослин виникають характерні фізіологічні порушення, зокрема хлороз, пригнічення росту, некроз тканин і порушення фотосинтетичної активності [14, 15]. Такі прояви слід ураховувати при доборі видового складу біоплато (табл. 1).

Таблиця 1

Вплив токсичних концентрацій важких металів на рослини

Хімічний елемент	Концентрація, мг/кг	Основні прояви токсичної дії
Pb	100–500	Інгібування дихання і фотосинтезу; зниження надходження Zn, Ca, P, S; темно-зелене листя, скручування старого листя, пригнічення росту.
Cd	до 13	Порушення активності ферментів, транспірації та фіксації CO_2; затримка росту, пошкодження кореневої системи, хлороз листя.
Zn	140–250	Хлороз молодих листків.
Cr	200–500	Погіршення росту і розвитку, в’янення надземної частини, пошкодження кореневої системи, хлороз молодого листя.
Ni	30–100	Пригнічення фотосинтезу і транспірації, поява ознак хлорозу.

Принципово важливим є внутрішньорослинний розподіл металів. У більшості видів корені виступають першим і найпотужнішим бар’єром, затримуючи основну частку іонів важких металів, тоді як стебла й листки формують наступний рівень захисту, а репродуктивні органи — завершальний [14, 15]. Для окремих металів характерна переважна локалізація в кореневій системі, тоді як інші виявляють змішаний тип накопичення в підземних і надземних органах. Ці особливості узагальнено в табл. 2.

Різні види макрофітів виявляють неоднакову здатність до вилучення окремих металів, тому добір видового складу має бути видоспецифічним. Він

повинен враховувати не лише толерантність рослин до металів, а й глибину, гідродинаміку та зональне положення в межах прибережної смуги [10, 11]. Для київських умов перспективними є *Ceratophyllum demersum*, *Myriophyllum spicatum* та *Potamogeton perfoliatus* [6, 12].

Таблиця 2

Узагальнені закономірності розподілу важких металів в органах водних макрофітів

Елемент / група елементів	Переважне накопичення	Практичне значення для біоплато
Cd, Fe, Cu, Co, Mo	Переважно в коренях	Посилюють бар'єрну роль кореневої зони та сорбційно-біогеохімічну функцію субстрату.
Zn, Mn, Ni	У коренях і пагонах	Виявляють змішаний тип накопичення; потребують добору толерантних видів.
Pb, Cd, Sr	Корені > стебло > насіння	Основне депонування відбувається в підземних і вегетативних органах, транслокація обмежена.
Cu, Zn	Корені > насіння > стебло	Характерний переважно кореневий бар'єр із частковою транслокацією.
Pb, Sn, Cr та ін.	Обмежене переміщення в надземні органи	Необхідний контроль біомаси та своєчасне вилучення рослинного матеріалу.

Для Київської ділянки Дніпра проаналізовано локальні характеристики біогеохімічної активності важких металів та їх просторового розподілу. Для кількісної характеристики рівня забруднення використано коефіцієнт концентрації (Кс) і сумарний показник забруднення (Zc), що визначаються за формулами (1) і (2). Узагальнені результати для трьох гідростворів наведено в табл. 3.

Таблиця 3

Біогеохімічна активність пріоритетних важких металів на Київській ділянці Дніпра

Гідро створ	Іон мет.	Біофільність	Технофільність	Індекс Шеннона	Індекс сапробності	Zc	Характеристика вмісту токсичних елементів
1	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**
897 км	Cu^{2+}	$0{,}95\cdot10^{-2}$	$1{,}2\cdot10^{-6}$	5,920	0,950	12,1	Підвищений відносно фону, епізодичне перевищення ГДК
	Zn^{2+}	$0{,}18\cdot10^{-2}$	$0{,}56\cdot10^{-3}$	—	—	—	Те саме
	Cr^{6+}	$0{,}12\cdot10^{-2}$	$0{,}008\cdot10^{-3}$	—	—	—	Те саме
870 км	Cu^{2+}	$0{,}82\cdot10^{-2}$	$1{,}0\cdot10^{-6}$	4,300	1,300	12,9	Підвищений відносно фону, епізодичне перевищення ГДК
	Zn^{2+}	$0{,}13\cdot10^{-2}$	$0{,}52\cdot10^{-3}$	—	—	—	Те саме
	Cr^{6+}	$0{,}09\cdot10^{-2}$	$0{,}005\cdot10^{-3}$	—	—	—	Те саме

1	2	3	4	5	6	7	8
854,5 км	Cu^{2+}	$0{,}74\cdot10^{-2}$	$1{,}1\cdot10^{-6}$	3,610	0,800	13,1	Підвищений відносно фону, епізодичне перевищення ГДК
	Zn^{2+}	$0{,}12\cdot10^{-2}$	$0{,}40\cdot10^{-3}$	—	—	—	Те саме
	Cr^{6+}	$0{,}06\cdot10^{-2}$	$0{,}007\cdot10^{-3}$	—	—	—	Те саме

$$K_c = \frac{C_i}{C_ф}, \quad (1)$$

де C_i – фактичний вміст хімічного елемента в оцінюваному об’єкті;

Сф – фоновий вміст цього елемента.

Сумарний показник забруднення визначають за формулою:

$$Z_c = \sum_{i=1}^{n} K_c - (n - 1), \quad (2)$$

Такі показники дають змогу перейти від оцінки окремих концентрацій до інтегральної характеристики металевого навантаження. Для поглибленої інтерпретації використано також індекси біофільності та технофільності за методикою В. М. Удода та І. Л. Вільдмана [16], а також індекс Шеннона й індекс сапробності як характеристики стану гідробіологічного угруповання.

Обговорення результатів. Дані табл. 3 фіксують зростання сумарного показника забруднення *Zc* уздовж урбанізованої ділянки Дніпра: від 12,1 на гідростворі 897 км при вході в урбанізовану зону до 12,9 на 870 км у межах центральної частини міста (Гідропарк) та 13,1 на 854,5 км. Максимальне значення на гідростворі 854,5 км пов’язане з розташуванням цієї ділянки нижче за течією від скидного каналу Бортницької станції аерації і підтверджує наявність вираженого техногенного градієнта вздовж київської ділянки річки.

Такий просторовий градієнт має планувальне значення. Він вказує на доцільність диференційованого підходу до розміщення біоплато: не рівномірно вздовж берега, а пріоритетно на ділянках із найвищим техногенним тиском. У цьому сенсі показник *Zc* може бути використаний як орієнтир для функціонального зонування берегової смуги та виділення ділянок першочергового природоорієнтованого втручання.

Біоплато доцільно розглядати не лише як локальну очисну технологію, а як елемент прибережно-захисної смуги, що поєднує екологічну, буферну та просторово-організаційну функції [1, 3]. Його інтеграція в структуру берегової зони дає змогу одночасно зменшувати металеве навантаження на водний об’єкт, підтримувати буферну роль прибережної смуги та формувати природоорієнтовані компенсаційні вузли на ділянках із підвищеним антропогенним тиском.

Для урбанізованих територій додаткове значення має просторова ефективність таких рішень. Застосування субстратів із вищою сорбційною здатністю підвищує результативність очищення без пропорційного збільшення площі системи, що робить інтеграцію біоплато реалістичнішою в умовах вузьких і функціонально перевантажених прибережних коридорів [9, 13].

Практичне значення має і характер накопичення металів у рослинах. У разі переважного депонування металів у коренях просте скошування надземної частини не усуває основний запас забруднювачів, тоді як за змішаного типу накопичення зростає значення регулярного сезонного вилучення біомаси. Це слід враховувати при виборі експлуатаційного режиму біоплато.

Отримані результати свідчать, що в умовах урбанізованої ділянки Дніпра біоплато може виконувати роль локального компенсаційного елемента в зонах точкових скидів, концентрованого поверхневого стоку та деградованої прибережно-захисної смуги, а не альтернативи основним очисним спорудам. При розгляді таких рішень слід враховувати видоспецифічний добір макрофітів [10, 11], конструкцію субстрату та режим експлуатації системи [5, 9] відповідно до гідроекологічних умов конкретної ділянки.

Висновки. Аналіз локальних даних для Київської ділянки Дніпра засвідчив просторову диференціацію металевого навантаження та дав змогу визначити пріоритетні ділянки для розміщення біоплато, насамперед у зонах точкових скидів і концентрованого поверхневого стоку. Показано, що біоплато слід розглядати як просторово інтегрований елемент природоорієнтованої інфраструктури урбанізованих прирічкових територій, здатний поєднувати локальне водоочищення з екологічною стабілізацією прибережно-захисної смуги та містобудівною логікою розвитку берегових територій. Функціонування таких систем визначається поєднанням фізичних, хімічних і біологічних процесів очищення, а також відповідністю конструкції локальним гідроекологічним умовам і видовому складу рослин.

Перспективи подальших досліджень. Подальші дослідження доцільно зосередити на розробленні просторових критеріїв розміщення біоплато для різних типів урбанізованих прирічкових територій Києва, натурній перевірці ефективності пілотних ділянок на створах із підвищеним *Zc*, а також уточненні видоспецифічного добору макрофітів і режимів експлуатації систем у різних гідрологічних та сезонних умовах.

Список використаної літератури

1. Otto B., McCormick K., Leccese M. Ecological Riverfront Design: Restoring Rivers, Connecting Communities. Chicago, IL: American Planning Association, 2004.

2. Prominski M., et al. River. Space. Design: Planning Strategies, Methods and Projects for Urban Rivers (2nd ed.). Basel: Birkhäuser, 2017.

3. Groffman P.M., et al. Down by the riverside: Urban riparian ecology. *Frontiers in Ecology and the Environment*. 2003. Vol. 1(6). P. 315-321.

4. Davies P.J., Ives C.D., Findlay S.J., Taylor M.P. Urban rivers and riparian systems: Directions and recommendations for legislators, policy makers, developers and community users. *Environmental and Planning Law Journal*. 2011. Vol. 28(5). P. 313-330.

5. Oladimeji T.E., et al. Review on the impact of heavy metals from industrial wastewater effluent and removal technologies. *Heliyon*. 2024. Vol. 10(23). e40370. https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2024.e40370

6. Zhang Z., et al. Constructed wetlands for metallic wastewater treatment: An updated global profile. *Journal of Water Process Engineering*. 2024. Vol. 65. 105852. https://doi.org/10.1016/j.jwpe.2024.105852

7. Орловский З.А. Биоплато для очистки сточных вод. *Вестник Киевского национального университета строительства и архитектуры*. 2011. URL: http://nbuv.gov.ua/node/554 (дата звернення: 19.03.2026).

8. REURIS. (n.d.). Revitalisation of Urban River Spaces - Central Europe / Urban Rivers - Vital Spaces. URL: http://www.reuris.gig.eu (дата звернення: 19.03.2026).

9. Bao J., et al. Removal characteristics of heavy metals from polluted river water purified by hybrid constructed wetlands. *Science of the Total Environment*. 2025. Vol. 959. 178162. https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2024.178162

10. Ofiera L.M., Wintgens T., Kazner C. Adsorbent modified constructed wetlands for advanced removal of bulk organics and heavy metals from municipal wastewater effluent. *Environmental Science: Water Research & Technology*. 2025. Vol. 11. P. 2248-2263. https://doi.org/10.1039/D4EW00870G

11. Opitz J., Alte M., Bauer M., Peiffer S. The role of macrophytes in constructed surface-flow wetlands for mine water treatment: A review. *Mine Water and the Environment*. 2021. Vol. 40(3). P. 587-605. https://doi.org/10.1007/s10230-021-00779-x

12. Bayuo J., et al. Recent and sustainable advances in phytoremediation of heavy metals from wastewater using aquatic plant species: Green approach. *Journal of Environmental Management*. 2024. Vol. 370. 122523. https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2024.122523

13. Пасічна О.О., Горбатюк Л.О., Платонов М.О., Бурмістренко С.П., Годлевська О.О., Вітовецька Т.В. Особливості накопичення важких металів водними макрофітами озер м. Києва та оцінка їхньої біоремедіаційної здатності. *Гідробіологічний журнал*. 2021. Т. 57, № 2. С. 70-81.

14. Liu J., Dong Y., Xu H., Wang D., Xu J. Accumulation of Cd, Pb and Zn by 19 wetland plant species in constructed wetlands. *Journal of Hazardous Materials*. 2007. Vol. 147(3). P. 947-953. https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2007.01.125

15. Lesage E., et al. Sorption of Co, Cu, Ni and Zn from industrial effluents by the submerged aquatic macrophyte Myriophyllum spicatum L. *Ecological Engineering*. 2007. Vol. 30(4). P. 320-325. https://doi.org/10.1016/j.ecoleng.2007.04.007

16. Удод В.М., Вільдман І.Л., Жукова О.Г. Екологічний підхід в оцінці ефективності внутрішньоводоймних процесів водних систем річок Кальміус та Інгулець. *Вісник Кременчуцького національного університету імені Михайла Остроградського*. 2014. Вип. 2(85). С. 161-166.

PhD student **Pavlo Starzhynskyi**,
Kyiv National University of Construction and Architecture

CONSTRUCTED WETLANDS AS AN ELEMENT OF NATURE-BASED INFRASTRUCTURE IN URBANISED RIPARIAN TERRITORIES OF KYIV

Urbanised riparian areas are an important component of a city's nature-based infrastructure, combining environmental protection, buffering, recreational and planning functions. At the same time, they concentrate the effects of technogenic pressure, one of the most hazardous being heavy-metal contamination of the aquatic environment. In Kyiv, this problem is particularly acute due to high anthropogenic pressures on the Kyiv section of the Dnipro and the degradation of the protected riparian zone. The article summarises current approaches to using constructed wetlands to reduce heavy-metal contamination, analyses the role of aquatic macrophytes in these processes, and substantiates the feasibility of considering constructed wetlands as an element of nature-based infrastructure in urbanised riparian areas. The study uses a review-analytical approach that combines analysis of current scientific sources, systematisation of the mechanisms of constructed wetlands, and interpretation of local data on the biogeochemical activity of priority heavy metals in the Kyiv section of the Dnipro. Constructed wetlands function as engineering-biological systems in which metal loads are reduced through physical, chemical, and biological processes involving substrates, microorganisms, and aquatic macrophytes. Biogeochemical data from three hydrological monitoring sites showed an increase in the cumulative pollution index from 12.1 to 13.1, confirming the need for targeted placement of constructed wetlands in areas with elevated technogenic pressure, particularly in zones affected by point discharges. They are not a substitute for treatment facilities, but an additional compensatory element that can partly offset limitations in discharge management. In

Kyiv, they should be regarded as a spatially integrated element of the protected riparian zone, combining ecological stabilisation of riparian space with the urban-planning logic of riverside development and aligning with the EU Water Framework Directive requirements for achieving good ecological status of water bodies.

Keywords: constructed wetands; urbanised riparian areas; protected riparian zone; nature-based infrastructure; heavy metals; ecological stabilisation; Kyiv.

REFERENCES

1. Otto, B., McCormick, K., Leccese, M. Ecological Riverfront Design: Restoring Rivers, Connecting Communities. Chicago, IL: American Planning Association, 2004. {in English}.

2. Prominski, M., et al. River. Space. Design: Planning Strategies, Methods and Projects for Urban Rivers (2nd ed.). Basel: Birkhäuser, 2017. {in English}.

3. Groffman, P.M., et al. Down by the riverside: Urban riparian ecology. Frontiers in Ecology and the Environment, 1(6), 2003. pp. 315-321. {in English}.

4. Davies, P.J., Ives, C.D., Findlay, S.J., Taylor, M.P. Urban rivers and riparian systems: Directions and recommendations for legislators, policy makers, developers and community users. Environmental and Planning Law Journal, 28(5), 2011. pp. 313-330. {in English}.

5. Oladimeji, T.E., et al. Review on the impact of heavy metals from industrial wastewater effluent and removal technologies. Heliyon, 10(23), 2024. e40370. https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2024.e40370 {in English}.

6. Zhang, Z., et al. Constructed wetlands for metallic wastewater treatment: An updated global profile. Journal of Water Process Engineering, 65, 2024. 105852. https://doi.org/10.1016/j.jwpe.2024.105852 {in English}.

7. Orlovskyi, Z.A. Bioplato dlia ochystky stichnykh vod. Visnyk Kyivskoho natsionalnoho universytetu budivnytstva i arkhitektury, 2011. http://nbuv.gov.ua/node/554 {in Ukrainian}.

8. REURIS. Revitalisation of Urban River Spaces - Central Europe / Urban Rivers - Vital Spaces, (n.d.). http://www.reuris.gig.eu {in English}.

9. Bao, J., et al. Removal characteristics of heavy metals from polluted river water purified by hybrid constructed wetlands. Science of the Total Environment, 959, 2025. 178162. https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2024.178162 {in English}.

10. Ofiera, L.M., Wintgens, T., Kazner, C. Adsorbent modified constructed wetlands for advanced removal of bulk organics and heavy metals from municipal wastewater effluent. Environmental Science: Water Research & Technology, 11, 2025. pp. 2248-2263. https://doi.org/10.1039/D4EW00870G {in English}.

11. Opitz, J., Alte, M., Bauer, M., Peiffer, S. The role of macrophytes in constructed surface-flow wetlands for mine water treatment: A review. Mine Water

and the Environment, 40(3), 2021. pp. 587-605. https://doi.org/10.1007/s10230-021-00779-x {in English}.

12. Bayuo, J., et al. Recent and sustainable advances in phytoremediation of heavy metals from wastewater using aquatic plant species: Green approach. Journal of Environmental Management, 370, 2024. 122523. https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2024.122523 {in English}.

13. Pasichna, O.O., Horbatiuk, L.O., Platonov, M.O., Burmistrenko, S.P., Hodlevska, O.O., Vitovetska, T.V. Osoblyvosti nakopychennia vazhkykh metaliv vodnymy makrofitamy ozer m. Kyieva ta otsinka yikhnoi bioremediatsiinoi zdatnosti. Hidrobiolohichnyi zhurnal, 57(2), 2021. pp. 70-81. {in Ukrainian}.

14. Liu, J., Dong, Y., Xu, H., Wang, D., Xu, J. Accumulation of Cd, Pb and Zn by 19 wetland plant species in constructed wetlands. Journal of Hazardous Materials, 147(3), 2007. pp. 947-953. https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2007.01.125 {in English}.

15. Lesage, E., et al. Sorption of Co, Cu, Ni and Zn from industrial effluents by the submerged aquatic macrophyte Myriophyllum spicatum L. Ecological Engineering, 30(4), 2007. pp. 320-325. https://doi.org/10.1016/j.ecoleng.2007.04.007 {in English}.

16. Udod, V.M., Vildman, I.L., Zhukova, O.H. Ekolohichnyi pidkhid v otsintsi efektyvnosti vnutrishnovodoimnykh protsesiv vodnykh system richok Kalmius ta Inhulets. Visnyk Kremenchutskoho natsionalnoho universytetu imeni Mykhaila Ostrohradskoho, 2(85), 2014. pp. 161-166. {in Ukrainian}.

DOI: 10.32347/2076-815X.2026.92.536-547
УДК 005.8:004.9:005.7

Цимбалістий Ю.В.,
uratsimbalistuy01@gmail.com, ORCID: 0009-0005-5278-5326,
к.т.н., доцент **Клименко М.О.,**
klymenko.mo@knuba.edu.ua, ORCID: 0000-0002-6166-8966,
Київський національний університет будівництва і архітектури

КОМПЛЕКС АНАЛІТИЧНИХ ПІДХОДІВ І ЦИФРОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ У ЗАБЕЗПЕЧЕННІ ЕФЕКТИВНОСТІ ОРГАНІЗАЦІЙНОГО ПРОЄКТУВАННЯ

Сучасні умови цифрової трансформації економіки зумовлюють необхідність переосмислення підходів до організаційного проєктування, орієнтованих на підвищення ефективності управління та адаптивності організацій. Зростання складності бізнес-процесів, обсягів даних і швидкості змін вимагає використання комплексних рішень, що поєднують аналітичні методи та цифрові технології.

Аналітичні підходи забезпечують формування обґрунтованих управлінських рішень на основі моделювання, прогнозування та оптимізації організаційних структур і процесів. Водночас цифрові технології виступають інструментальним середовищем, яке забезпечує автоматизацію, інтеграцію та синхронізацію діяльності організації.

Поєднання зазначених складових створює передумови для підвищення прозорості управління, ефективного розподілу ресурсів і вдосконалення взаємодії між структурними підрозділами. Особливого значення набуває формування цілісного підходу до використання аналітичних і цифрових інструментів, що дозволяє забезпечити узгодженість бізнес-процесів і підвищити їх результативність.

У результаті впровадження комплексу аналітичних підходів і цифрових технологій досягається зростання гнучкості організаційних структур, підвищення якості управлінських рішень і зміцнення конкурентних позицій організацій у цифровому середовищі.

Ключові слова: організаційне проєктування; цифрові технології; аналітичні підходи; бізнес-процеси; цифрова трансформація; управління організацією; системний аналіз; ефективність управління.

Постановка проблеми: Сучасний етап розвитку економіки характеризується активною цифровізацією, що суттєво змінює підходи до організації діяльності підприємств і управління ними. У цих умовах традиційні

методи організаційного проєктування виявляються недостатньо ефективними, оскільки не враховують повною мірою динамічність зовнішнього середовища, складність внутрішніх процесів та зростаючу роль даних у прийнятті управлінських рішень.

Однією з ключових проблем є відсутність комплексного підходу до поєднання аналітичних методів і цифрових технологій у процесі формування організаційних структур. На практиці часто спостерігається використання окремих інструментів без належної інтеграції, що призводить до фрагментарності управління, дублювання функцій і зниження ефективності діяльності організації.

Метою статті є дослідження та обґрунтування комплексу аналітичних підходів і цифрових технологій, спрямованих на підвищення ефективності організаційного проєктування в умовах цифрової трансформації.

Для досягнення поставленої мети передбачено вирішення таких завдань: аналіз сучасних підходів до організаційного проєктування; визначення ролі аналітичних методів у формуванні ефективних організаційних структур; дослідження можливостей використання цифрових технологій у процесах управління; а також обґрунтування інтеграційного підходу до поєднання аналітичних і цифрових інструментів.

Результатом дослідження є формування концептуальних засад побудови ефективної системи організаційного проєктування, що забезпечує адаптивність, узгодженість і результативність діяльності організації.

Аналіз останніх досліджень і публікацій: Проблематика організаційного проєктування та підвищення ефективності управління організаціями активно досліджується у сучасній науковій літературі. Значна кількість праць присвячена розвитку системного підходу, який розглядає організацію як складну багаторівневу систему, що функціонує в умовах постійних змін. В межах цього підходу особлива увага приділяється взаємозв’язкам між структурними елементами та необхідності їх узгодження.

Важливе місце займають дослідження, спрямовані на застосування аналітичних методів у процесі прийняття управлінських рішень. Зокрема, розглядаються методи економіко-математичного моделювання, оптимізації, прогнозування та аналізу даних, які дозволяють підвищити обґрунтованість організаційних рішень і знизити рівень невизначеності.

Окремий напрям становлять дослідження цифрових технологій, які відіграють ключову роль у трансформації організаційних процесів. У наукових працях аналізуються можливості використання інформаційних систем управління, технологій бізнес-аналітики, штучного інтелекту та автоматизації процесів для підвищення ефективності діяльності організацій.

Виклад основної інформації: Сучасне організаційне проєктування формується на основі поєднання системного підходу, кількісних методів аналізу та математичного моделювання, що дозволяє розглядати організацію як складну багаторівневу динамічну систему. На відміну від традиційних підходів, орієнтованих на експертні оцінки та описові характеристики, сучасна методологія базується на формалізації взаємозв'язків між елементами організаційної структури, що забезпечує підвищення обґрунтованості управлінських рішень.

У межах такого підходу організація інтерпретується як система, що складається з взаємопов'язаних підсистем (управлінської, виробничої, інформаційної), кожна з яких характеризується набором параметрів та обмежень. Взаємодія між цими підсистемами визначає загальну ефективність функціонування організаційної структури. Аналітичне забезпечення у цьому контексті передбачає застосування інструментів багатофакторного аналізу, що дозволяють враховувати як внутрішні, так і зовнішні чинники впливу.

Ключовим елементом аналітичного підходу є побудова інтегрального показника ефективності організаційної структури, який узагальнює вплив множини факторів у єдиній моделі:

$$E = \sum_{i=1}^{n} w_i \times f_i\,(x_i) + \varepsilon, \qquad (1)$$

де E — інтегральний показник ефективності, w_i — вагові коефіцієнти факторів, $f_i(x_i)$ — функції впливу відповідних параметрів, ε — стохастична складова, що враховує невизначеність середовища.

Застосування такої моделі дозволяє врахувати нелінійний характер взаємозв'язків між змінними, а також адаптувати оцінку ефективності до конкретних умов функціонування організації. Зокрема, різні комбінації вагових коефіцієнтів можуть відображати стратегічні пріоритети — орієнтацію на гнучкість, швидкість прийняття рішень або мінімізацію витрат [1].

Для практичної реалізації багатокритеріального підходу доцільно застосовувати методи попарного порівняння альтернатив, що дозволяють визначити пріоритетність різних типів організаційних структур. Узагальнені результати оцінювання можуть бути представлені у таблиці 1.

Таблиця 1.

Багатокритеріальна оцінка альтернативних організаційних структур

(розроблено автором на основі [1])

Критерій	**Ієрархічна**	**Матрична**	**Гібридна**	**Вага**
1	**2**	**3**	**4**	**5**
Швидкість прийняття рішень	0.6	0.8	0.7	0.25
Гнучкість	0.4	0.9	0.8	0.30
Витрати координації	0.9	0.5	0.7	0.20

1	2	3	4	5
Інноваційність	0.5	0.8	0.7	0.15
Стійкість до ризиків	0.8	0.6	0.7	0.10

На основі наведених даних здійснимо розрахунок інтегрального показника ефективності для кожної структури.

Для ієрархічної структури:

$$E_{hier} = 0.6 \times 0.25 + 0.4 \times 0.30 + 0.9 \times 0.20 + 0.5 \times 0.15 + 0.8 \times 0.10 = 0.605.$$

Для матричної структури:

$$E_{matrix} = 0.8 \times 0.25 + 0.9 \times 0.30 + 0.5 \times 0.20 + 0.8 \times 0.15 + 0.6 \times 0.10 = 0.75.$$

Для гібридної структури:

$$E_{hybrid} = 0.7 \times 0.25 + 0.8 \times 0.30 + 0.7 \times 0.20 + 0.7 \times 0.15 + 0.7 \times 0.10 = 0.715.$$

Отримані результати свідчать про те, що за заданих вагових коефіцієнтів найбільш ефективною є матрична структура, яка забезпечує найкращий баланс між гнучкістю, швидкістю та інноваційністю.

Важливим доповненням до статичних моделей є використання динамічного підходу, що дозволяє врахувати зміну параметрів організації у часі. Для цього застосовується рівняння стану системи:

$$X(t+1) = X(t) + I(t) - O(t), \quad (2)$$

де X(t) — стан організаційної системи у момент часу t, I(t) — вхідні потоки (ресурси, інформація), O(t) — вихідні потоки, t — часовий індекс.

Ця модель дозволяє аналізувати динаміку завантаженості ресурсів, зміну ефективності управління та накопичення організаційного потенціалу. Зокрема, при перевищенні вхідних потоків над вихідними відбувається накопичення ресурсів, що може призводити як до підвищення ефективності, так і до перевантаження системи [2].

Для узагальнення логіки аналітичного забезпечення організаційного проєктування доцільно представити її у вигляді рисунка 1.

Теоретико-методологічна база аналітичного забезпечення організаційного проєктування ґрунтується на інтеграції системного підходу, багатокритеріального аналізу та динамічного моделювання, що створює передумови для формування адаптивних і ефективних організаційних структур.

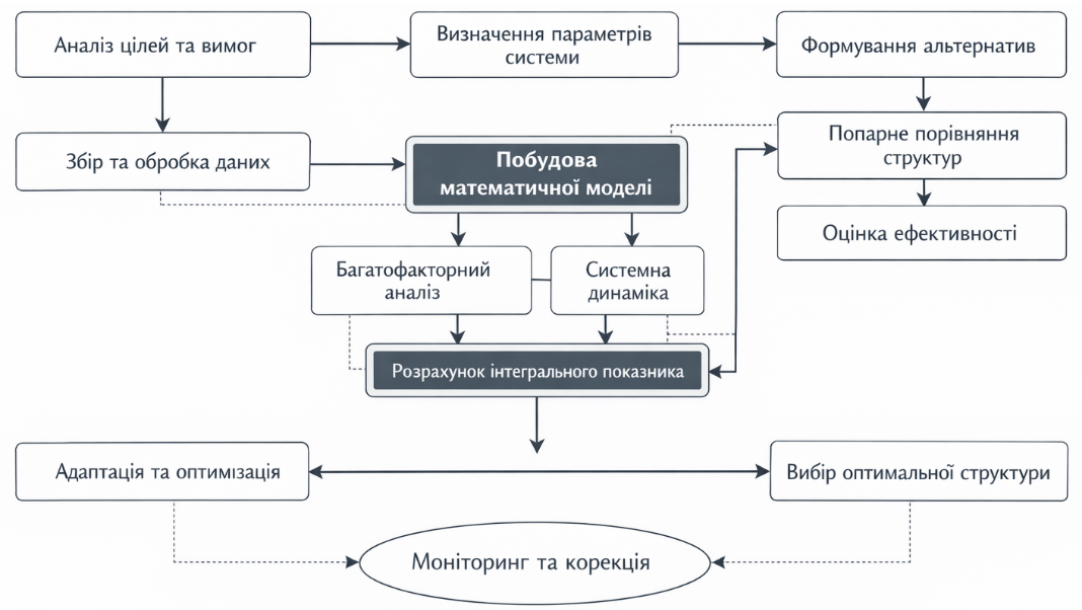


Рис. 1. Логіка аналітичного забезпечення організаційного проєктування
(розроблено авторами на основі [2])

У сучасних умовах цифрової трансформації підприємств організаційне проєктування дедалі більше ґрунтується на використанні інтегрованих інформаційних систем, які забезпечують узгодженість управлінських рішень, прозорість бізнес-процесів та оперативний доступ до даних. Цифрові технології формують єдине інформаційне середовище, у межах якого здійснюється збір, обробка, аналіз та візуалізація даних, що істотно підвищує ефективність організаційних змін.

Ключову роль у цьому процесі відіграють три основні класи цифрових платформ: ERP (Enterprise Resource Planning), BI (Business Intelligence) та BPM (Business Process Management). Кожен із цих інструментів виконує специфічну функцію, але їхня синергія забезпечує комплексну підтримку організаційного проєктування [3].

ERP-системи забезпечують інтеграцію основних ресурсів підприємства — фінансових, матеріальних, кадрових і логістичних. Вони створюють основу для стандартизації бізнес-процесів та уніфікації інформаційних потоків. Завдяки цьому формується цілісне уявлення про діяльність організації, що є необхідною умовою для прийняття стратегічних рішень.

BI-системи виконують аналітичну функцію, перетворюючи великі масиви даних у структуровану управлінську інформацію. Вони дозволяють здійснювати моніторинг ключових показників ефективності, виявляти тенденції та формувати прогнози розвитку організації. Використання інструментів візуалізації (дашбордів) значно спрощує інтерпретацію складних даних і сприяє підвищенню швидкості прийняття рішень [4].

BPM-системи орієнтовані на моделювання, аналіз і оптимізацію бізнес-процесів. Вони дозволяють формалізувати логіку виконання операцій, виявляти вузькі місця та підвищувати ефективність взаємодії між підрозділами. Важливою особливістю BPM є можливість створення цифрових моделей процесів, що можуть бути використані для тестування змін без втручання у реальну діяльність підприємства.

Для системного узагальнення ролі зазначених платформ у процесі організаційного проєктування доцільно представити таблицю 2 [5].

Таблиця 2.

Порівняльна характеристика цифрових платформ у підтримці організаційного проєктування *(розроблено авторами на основі [5])*

Платформа	**Основна функція**	**Приклад застосування**	**Внесок у проєктування**
ERP	Інтеграція ресурсів	Управління фінансами, персоналом, логістикою	Формування єдиного інформаційного середовища
BI	Аналітика і прогнозування	Аналіз KPI, побудова звітності	Підтримка стратегічних рішень
BPM	Моделювання процесів	Оптимізація бізнес-процесів	Підвищення ефективності операційної діяльності

Сутність інтеграції цифрових платформ можна формалізувати через показник інформаційної ефективності, який відображає ступінь узгодженості даних між різними підсистемами організації:

$$I_{eff} = \frac{\sum_{k=1}^{m} D_k^{int}}{\sum_{k=1}^{m} D_k^{raw}}, \quad (3)$$

де D_{kint} — обсяг інтегрованих даних у k-тій підсистемі, D_k^{raw} — загальний обсяг первинних даних, I_{eff} — індекс інформаційної ефективності.

Зростання цього показника свідчить про підвищення узгодженості інформаційних потоків та зменшення втрат даних, що безпосередньо впливає на якість організаційного проєктування [6].

Для наочного відображення взаємодії цифрових технологій у процесі організаційного проєктування доцільно використати рисунок 2.

Представлена схема демонструє, що ERP-системи формують базовий рівень даних, BI-системи забезпечують їх аналітичну обробку, а BPM-системи використовують отриману інформацію для оптимізації процесів. Така трирівнева структура створює замкнений цикл управління, у якому дані постійно оновлюються, аналізуються та використовуються для вдосконалення організаційної архітектури.

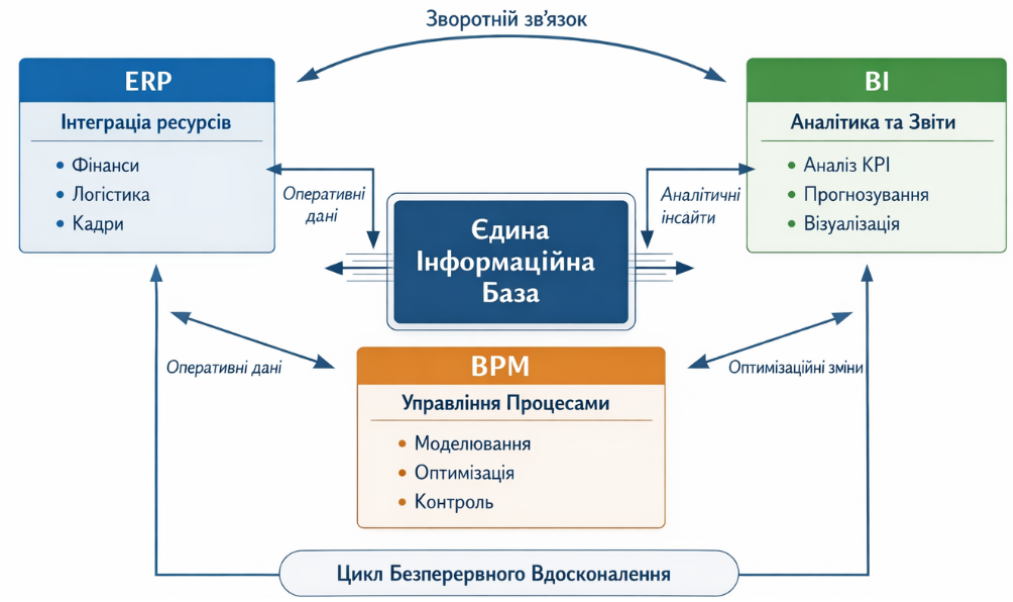


Рис. 2. Інтеграція ERP, BI та BPM у системі організаційного проектування
(розроблено авторами на основі [6])

Цифрові технології не лише підтримують організаційне проєктування, а й трансформують його сутність. Вони переводять процес із статичного проєктування у динамічну систему управління, де рішення приймаються на основі актуальних даних, а зміни можуть бути швидко протестовані та впроваджені. Саме інтеграція ERP, BI та BPM-платформ формує основу для побудови адаптивних, гнучких і високоефективних організаційних структур [7].

У сучасній практиці організаційного проєктування особливого значення набуває використання сценарно-імітаційних підходів, які дозволяють досліджувати можливі варіанти розвитку організаційних систем у динамічному середовищі. На відміну від статичних методів аналізу, сценарне моделювання орієнтоване на формування альтернативних траєкторій розвитку з урахуванням невизначеності, ризиків і змін зовнішніх умов.

Сутність сценарного підходу полягає у побудові множини можливих станів організаційної системи та визначенні переходів між ними залежно від управлінських рішень і впливу факторів середовища [8]. Такий підхід дозволяє не лише оцінити наслідки окремих змін, а й сформувати цілісне бачення розвитку організації в довгостроковій перспективі.

Формалізація сценарного розвитку може бути представлена у вигляді функції переходу станів системи:

$$S_{t+1} = F(S_t, X_t, U_t) + \varepsilon, \quad (4)$$

де S_t — стан організаційної системи у момент часу t, X_t — зовнішні фактори впливу, U_t — управлінські рішення, ε — випадкова складова, що відображає невизначеність.

Застосування такої моделі дає змогу оцінювати ефекти різних управлінських стратегій, враховуючи як контрольовані, так і неконтрольовані фактори. Важливою перевагою є можливість моделювання складних нелінійних залежностей, що характерні для сучасних організацій.

Подальший розвиток сценарного підходу пов'язаний із впровадженням концепції цифрових двійників, які являють собою динамічні цифрові моделі організаційних систем. Цифровий двійник відображає структуру, процеси та ресурси організації у віртуальному середовищі, що дозволяє здійснювати експериментування без ризику для реальної системи [11].

На відміну від традиційних моделей, цифрові двійники функціонують у режимі постійного оновлення даних, що забезпечує їх високу адаптивність. Вони інтегрують інформацію з ERP, BI та BPM-систем, формуючи комплексне уявлення про діяльність організації. Це дозволяє проводити не лише ретроспективний аналіз, а й прогнозувати майбутні стани системи [10].

З метою формалізації ефективності функціонування організаційної системи у межах цифрового двійника доцільно використовувати багатокритеріальну цільову функцію:

$$E = \alpha P + \beta F + \gamma C^{-1}, \tag{5}$$

де P — продуктивність, F — гнучкість, C — витрати, α,β,γ — вагові коефіцієнти.

Важливим компонентом сучасних сценарно-імітаційних моделей є використання технологій штучного інтелекту та машинного навчання. Вони забезпечують автоматичне виявлення закономірностей у великих масивах даних, що дозволяє підвищити точність прогнозування та адаптивність організаційних рішень. Зокрема, алгоритми машинного навчання можуть використовуватися для [9]:

- прогнозування ключових показників ефективності;
- виявлення відхилень у функціонуванні процесів;
- оптимізації розподілу ресурсів;
- формування рекомендацій щодо трансформації структури.

Для наочного відображення процесу інтеграції аналітичних і цифрових інструментів у побудову сценаріїв доцільно представити рисунок 3.

Використання сценарно-імітаційних моделей і цифрових двійників дозволяє суттєво підвищити ефективність організаційного проєктування. Воно забезпечує можливість тестування альтернативних рішень, зменшення ризиків та формування адаптивних організаційних структур, здатних ефективно функціонувати в умовах невизначеності та динамічних змін зовнішнього середовища.

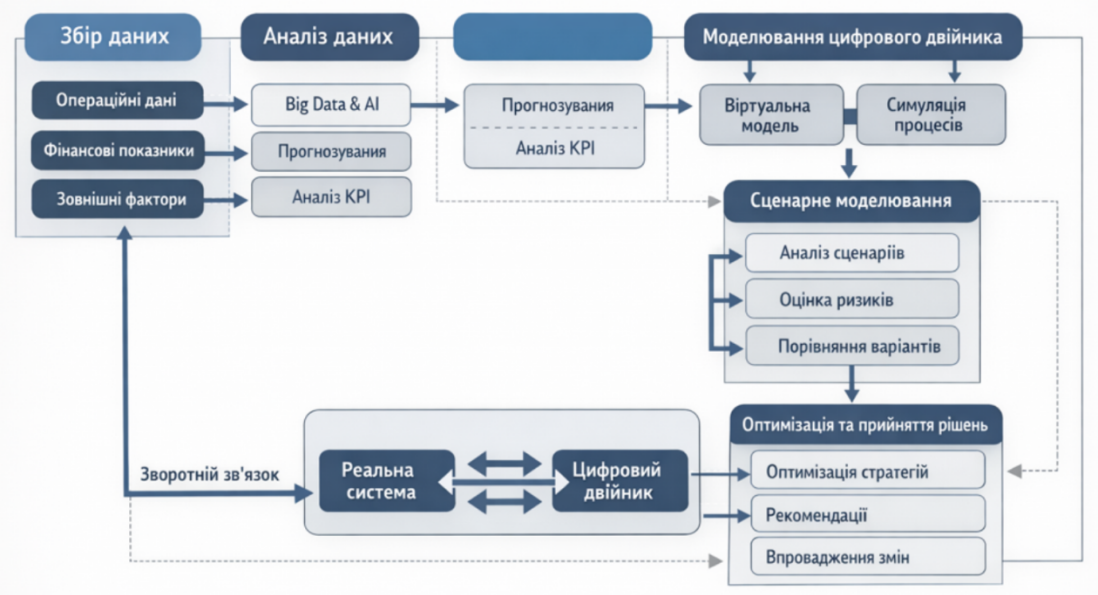


Рис. 3. Процес формування сценарно-імітаційної моделі та цифрового двійника організації *(розроблено авторами на основі [9])*

Висновок

Узагальнення теоретичних і прикладних аспектів організаційного проєктування свідчить про необхідність переходу від традиційних підходів до комплексних моделей, що інтегрують аналітичні методи та цифрові технології. Використання системного підходу, багатокритеріального аналізу та математичного моделювання дозволяє підвищити обґрунтованість управлінських рішень і забезпечити цілісне бачення організації як динамічної системи.

Встановлено, що ефективність організаційного проєктування значною мірою залежить від рівня інтеграції цифрових платформ, зокрема ERP, BI та BPM, які формують єдине інформаційне середовище, забезпечують аналітичну підтримку та оптимізацію бізнес-процесів. Взаємодія цих систем створює передумови для підвищення прозорості, узгодженості та оперативності управління.

Доведено доцільність застосування сценарно-імітаційних моделей і концепції цифрових двійників, які дозволяють оцінювати альтернативні варіанти розвитку організації, знижувати ризики та адаптувати структури до змін середовища. Використання таких інструментів забезпечує перехід до проактивного управління, орієнтованого на прогнозування та оптимізацію.

Література

1. Forrester J.W., Lane D.C., Sterman J.D. Jay Wright Forrester // Profiles in Operations Research: Pioneers and Innovators / ed. by A. Assaad, S. I. Gass. – New York: Springer, 2011. – P. 363–386. https://doi.org/10.1007/978-1-4419-6281-2_20

2. Smircich, Linda. "Concepts of Culture and Organizational Analysis." *Administrative Science Quarterly*, vol. 28, no. 3, 1983, pp. 339–58. *JSTOR*, https://doi.org/10.2307/2392246.

3. Galbraith, Jay R. "Organization Design: An Information Processing View." *Interfaces* 4, no. 3 (1974): 28–36. http://www.jstor.org/stable/25059090.

4. Saaty T.L. *The Analytic Hierarchy Process: Planning, Priority Setting, Resource Allocation*. – New York: McGraw-Hill, 1980. – 287 p. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://books.google.com/books/about/The_Analytic_Hierarchy_Process.html?id=Xxi7AAAAIAAJ

5. Davenport T.H. Mission Critical: Realizing the Promise of Enterprise Systems. – January 2000. [Online]. – Available at: https://www.researchgate.net/publication/238727784_Mission_critical_realizing_the_promise_of_enterprise_systems

6. Van der Aalst W.M.P. *Process Mining: Data Science in Action*. – Berlin: Springer, 2016. – 584 p. DOI: 10.1007/978-3-662-49851-4. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://link.springer.com/book/10.1007/978-3-662-49851-4

7. Rouhani S., Asgari S., Mirhosseini S. V. Review Study: Business Intelligence Concepts and Approaches. – January 2012. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://www.researchgate.net/publication/303851229_Review_study_Business_intelligence_concepts_and_approaches

8. Picone M., Talasila P., Bicocchi N., Larsen P. G. Exploring DevOps Practices for Managing the Lifecycle of Physical and Digital Twins in Cyber-Physical Systems // 2025 IEEE 8th International Conference on Industrial Cyber-Physical Systems (ICPS). – 2025. – P. 1–6. [Online]. – Available at: https://api.semanticscholar.org/CorpusID:280393567

9. Castillo A. Finding Our Voice: A Story of Leadership in Crisis and the American Spirit Abroad. – Lioncrest Publishing, 2026. – 313 p. ISBN: 978-1544551623. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://www.amazon.com/dp/B0GQWNDPR1

10. Чуприна , Х., Чуприна, Ю., Перелі, Д., Кушнір О., Черненко М. ., & Юйтао, В. . (2024). Економіко-управлінські імперативи розвитку будівельного девелопменту в умовах цифрової трансформації операційних систем підприємств-стейкхолдерів. *Управління розвитком складних систем*, (60), 209–220. https://doi.org/10.32347/2412-9933.2024.60.209-220

11. Інноваційний менеджмен т: методичні вказівки до виконання практичних занять для студентів спеціальності 073 «Менеджмент», освітня програма «Менеджмент організації і адміністрування», галузі знань 07 «Управління та адміністрування» / Київ. нац. ун-т буд-ва і архіт.; укладачі; І.С. Івахненко, Ю.А. Чуприна, Г.М. Рижакова, В.О. Поколенко. – Київ; КНУБА, 2024. – 64 с.; іл. - Бібліогр.; с. 58-61. URI: https://repositary.knuba.edu.ua/handle/123456789/13248

Tsymbalistyi Yurii,
PhD in Engineering, Associate Professor, **Klymenko Mykola**,
Kyiv National University of Construction and Architecture, Kyiv

A COMPLEX OF ANALYTICAL APPROACHES AND DIGITAL TECHNOLOGIES IN ENSURING THE EFFECTIVENESS OF ORGANIZATIONAL DESIGN

The current conditions of the digital transformation of the economy necessitate a rethinking of approaches to organizational design, focusing on enhancing management efficiency and organizational adaptability. The growing complexity of

business processes, increasing volumes of data, and accelerating pace of change require the application of comprehensive solutions that integrate analytical methods and digital technologies.

Analytical approaches ensure the development of well-grounded managerial decisions based on modeling, forecasting, and optimization of organizational structures and processes. At the same time, digital technologies serve as an instrumental environment that enables automation, integration, and synchronization of organizational activities.

The combination of these components creates the prerequisites for improving management transparency, efficient resource allocation, and enhancing interaction between structural units. Of particular importance is the formation of an integrated approach to the use of analytical and digital tools, which ensures the consistency of business processes and increases their effectiveness.

As a result of implementing a комплекс of analytical approaches and digital technologies, organizations achieve increased flexibility of organizational structures, improved quality of managerial decision-making, and strengthened competitive positions in the digital environment.

Keywords: organizational design; digital technologies; analytical approaches; business processes; digital transformation; organizational management; systems analysis; management efficiency.

REFERENCES

1. Forrester J.W., Lane D.C., Sterman J.D. Jay Wright Forrester // Profiles in Operations Research: Pioneers and Innovators / ed. by A. Assaad, S. I. Gass. – New York: Springer, 2011. – P. 363–386. DOI: 10.1007/978-1-4419-6281-2_20. [Online]. – Available at: https://doi.org/10.1007/978-1-4419-6281-2_20 {in English}

2. Smircich L. Concepts of Culture and Organizational Analysis // Administrative Science Quarterly. – 1983. – Vol. 28. – No. 3. – P. 339–358. DOI: 10.2307/2392246. [Online]. – Available at: https://doi.org/10.2307/2392246 {in English}

3. Galbraith J.R. Organization Design: An Information Processing View // Interfaces. – 1974. – Vol. 4. – No. 3. – P. 28–36. [Online]. – Available at: http://www.jstor.org/stable/25059090 {in English}

4. Saaty T.L. The Analytic Hierarchy Process: Planning, Priority Setting, Resource Allocation. – New York: McGraw-Hill, 1980. – 287 p. [Online]. – Available at: https://books.google.com/books/about/The_Analytic_Hierarchy_Process.html?id=Xxi7AAAAIAAJ {in English}

5. Davenport T.H. Mission Critical: Realizing the Promise of Enterprise Systems. – 2000. [Online]. – Available at: https://www.researchgate.net/publication/238727784_Mission_critical_realizing_the_promise_of_enterprise_systems {in English}

6. Van der Aalst W.M.P. Process Mining: Data Science in Action. – Berlin: Springer, 2016. – 584 p. DOI: 10.1007/978-3-662-49851-4. [Online]. – Available at: https://link.springer.com/book/10.1007/978-3-662-49851-4 {in English}

7. Rouhani S., Asgari S., Mirhosseini S. V. Review Study: Business Intelligence Concepts and Approaches. – 2012. [Online]. – Available at: https://www.researchgate.net/publication/303851229_Review_study_Business_intelligence_concepts_and_approaches {in English}

8. Picone M., Talasila P., Bicocchi N., Larsen P. G. Exploring DevOps Practices for Managing the Lifecycle of Physical and Digital Twins in Cyber-Physical Systems // 2025 IEEE 8th International Conference on Industrial Cyber-Physical Systems (ICPS). – 2025. – P. 1–6. [Online]. – Available at: https://api.semanticscholar.org/CorpusID:280393567 {in English}

9. Castillo A. Finding Our Voice: A Story of Leadership in Crisis and the American Spirit Abroad. – Lioncrest Publishing, 2026. – 313 p. [Online]. – Available at: https://www.amazon.com/dp/B0GQWNDPR1 {in English}

10. Chupryna Kh., Chupryna Yu., Pereli D., Kushnir O., Chernenko M., Yuitao W. Economic and Managerial Imperatives for the Development of Construction Development under Conditions of Digital Transformation of Operational Systems of Stakeholder Enterprises // Management of Development of Complex Systems. – 2024. – No. 60. – P. 209–220. DOI: 10.32347/2412-9933.2024.60.209-220. [Online]. – Available at: https://doi.org/10.32347/2412-9933.2024.60.209-220 {in Ukrainian}

11. Ivakhnenko I.S., Chupryna Yu.A., Ryzhakova H.M., Pokolenko V.O. Innovation Management: Methodological Guidelines for Practical Classes for Students of Specialty 073 “Management”, Educational Program “Management of Organizations and Administration”, Field of Knowledge 07 “Management and Administration”. – Kyiv: KNUBA, 2024. – 64 p. [Online]. – Available at: https://repositary.knuba.edu.ua/handle/123456789/13248 {in Ukrainian}

DOI: 10.32347/2076-815X.2026.92.548-579
УДК 532.542+697.329

к.т.н., доцент **Човнюк Ю.В.**,
ychovnyuk@ukr.net, ORCID: 0000-0002-0608-0203,
доцент **Чередніченко П.П.**,
petro_che@ukr.net, ORCID: 0000-0001-7161-661x,
к.т.н., доцент **Москвітіна А.С.**,
moskvitina.as@knuba.edu.ua, ORCID: 0000-0003-3352-0646,
к.т.н., доцент **Рибачов С.Г.,**
rybachov.sg@knuba.edu.ua, ORCID: 0000-0002-0093-9750,
к.т.н., доцент **Васильєва Г.Ю.,**
anvas677@gmail.com, ORCID: 0000 -0003-0557,
Київський національний університет будівництва і архітектури

ПРОЦЕСИ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОГО ТЕПЛОПЕРЕНОСУ В НЕЛІНІЙНИХ СТРУКТУРОВАНИХ РІДИНАХ ҐРУНТОВИХ ТЕПЛООБМІННИКІВ ПРИ ЕКСПЛУАТАЦІЇ ТЕПЛОНАСОСНИХ СИСТЕМ ОПАЛЕННЯ

Стаття присвячена вирішенню актуальної науково-технічної проблеми — підвищенню енергоефективності систем опалення на базі теплових насосів шляхом удосконалення математичного моделювання процесів теплопереносу в ґрунтових теплообмінниках. В умовах сучасного розвитку енергетики особливого значення набувають технології акумулювання теплової енергії, де ґрунт виступає як природний акумулятор з високою тепловою інерційністю. Ефективність таких систем критично залежить від точності розрахунку взаємодії в системі «теплоносій – трубопровід – ґрунт». Наукова новизна дослідження полягає в обґрунтуванні алгоритму побудови функції Гріна для тривимірного конвективного хвильового рівняння в межах гіперболічної моделі теплопровідності. На відміну від традиційних підходів, запропонована модель комплексно враховує динамічні фактори: внутрішню течію теплоносія в каналі та зовнішній рух ґрунтового середовища (наприклад, зсуви ґрунту або рух підземних вод). Авторами отримано аналітичні розв'язки для прямого каналу кругового перерізу, що базуються на неоднорідному рівнянні Клейна-Ґордона. Особливу увагу приділено використанню нелінійних структурованих рідин як теплоносіїв. У роботі проведено детальний аналіз впливу реологічних властивостей таких середовищ (моделі Шведова-Бінгама, Оствальда-де-Віля, Елліса) на інтенсивність теплообміну. Доведено, що використання нелінійно-в'язких рідин із певними структурними характеристиками (коефіцієнт $\chi \geq 3,0$) дозволяє підвищити тепловіддачу від ґрунтового середовища на 44–172 %. У

статті наведено розв'язки для різних типів крайових задач (1-го, 2-го, 3-го роду та змішаних), що виникають у реальних режимах експлуатації. Отримані результати дозволяють більш коректно визначати термодинамічні навантаження на трубопроводи при пускових режимах, реверсуванні потоку та тривалій експлуатації. Практична значущість роботи підтверджується розробкою критеріїв енергетичної ефективності та рекомендацій щодо оптимізації геометричних параметрів теплообмінних апаратів і режимів їх роботи.

Ключові слова: система опалення; теплові насоси; енергоефективність; мікроклімат; ґрунтові теплоакумулятори; тепломасоперенос; нелінійні структуровані рідини; функція Гріна; гіперболічна теплопровідність.

Постановка проблеми. Сучасний етап розвитку енергетики та комунального господарства характеризується активним впровадженням енергоефективних та екологічно безпечних технологій [1,2]. Одним із ключових інструментів підвищення ефективності таких систем є використання технологій акумулювання теплової енергії, які дозволяють подолати часовий розрив між генерацією енергії та її споживанням. Серед зазначених технологій особливе місце посідають системи сезонного або добового акумулювання, що базуються на використанні природних масивів [3,4]. Зокрема, системи опалення на базі теплових насосів, які використовують низькопотенційну теплоту ґрунту через систему ґрунтових акумуляторів, демонструють найвищу стабільність показників протягом року. Використання ґрунтових акумуляторів теплоти дозволяє забезпечити стабільний та енергоощадний режим експлуатації будівель, де підтримка оптимального мікроклімату є критично важливою [5-7]. Ефективність ґрунтового акумулювання зумовлена високою тепловою інерційністю масиву ґрунту, що дозволяє нівелювати сезонні коливання температури зовнішнього повітря [8,9]. На практиці застосовують різні конфігурації таких систем: від вертикальних свердловинних теплообмінників (ВНЕ), що займають мінімальну площу, до горизонтальних колекторів [10,11]. Ґрунт у таких системах виступає як природний «термос»: влітку він може приймати надлишкову теплоту (наприклад, від систем кондиціонування), «заряджаючись» для подальшого використання взимку. Такий підхід не лише підвищує коефіцієнт перетворення (COP) теплового насоса, а й запобігає термічному виснаженню локальних ділянок надр [12-14].

Проте ефективність роботи таких систем безпосередньо залежить від точності моделювання процесів теплопереносу в системі «теплоносій – трубопровід – ґрунтове середовище». Традиційні методи розрахунку часто базуються на спрощених моделях, які не повною мірою враховують динамічні

чинники, такі як швидкість течії теплоносія всередині каналу та рух навколишнього ґрунтового середовища (наприклад, зсуви або рух підземних вод). Крім того, сучасні системи все частіше використовують нелінійні структуровані рідини як теплоносії, реологічні властивості яких суттєво впливають на інтенсивність теплообміну [15-16].

Проблеми знаходження і дослідження термоакустичних, теплових, акустичних полів, які генеруються у каналах різних геометрій та розмірів становлять значний інтерес для, зокрема, комунального господарства, яке базується на використанні ґрунтових теплообмінників. Останні почали доволі широко використовуватися при експлуатації будівель і споруд. Усі такі задачі, незалежно від типу каналів і термоакустичних джерел у них, у принципі мають бути розв'язані за допомогою методу функції Гріна. Проте, застосування вказаного методу є доцільним лише у тому випадку, коли відповідну функцію вдається побудувати, що вимагає від дослідника високої професійної кваліфікації, більш того, своєрідного мистецтва. Окрім того, така принципова можливість визначається багатьма факторами, серед яких слід зазначити наступні: геометрія досліджуваного каналу; 2) форма його поперечного перерізу; 3) фізичні властивості стінок та умови його закріплення; 4) фізичні властивості зовнішнього і внутрішнього середовища; 5) акустичні умови на кінцях каналу; 6) початкові та граничні умови першого, другого, третього роду щодо переносу теплоти; 7) наявність чи відсутність течії безпосередньо у каналі та поза його межами в навколишньому середовищі. Слід зазначити, що побудова функції Гріна для хвильового рівняння, рівняння Гельмгольца здійснена, як правило, без урахування останнього фактору — течії у каналі та поза його межами [17-20]. Для ґрунтових теплообмінників, які забезпечують енергоефективний та енергоощадний режим експлуатації будівель і споруд, саме ці фактори доволі часто відіграють ключову роль у процесах переносу теплоти, особливо якщо використовуються гіперболічні рівняння теплопровідності. У даному дослідженні розвиваються і узагальнюються результати побудови функції Гріна для гіперболічного рівняння теплопровідності. Врахований фактор течії — внутрішньої течії теплоносія ґрунтового теплообмінника та руху ґрунтового середовища, яке оточує теплообмінник. Розглянутий у якості моделі нескінченний прямий канал кругового перерізу, незмінний по його довжині. Форма і площа цього поперечного перерізу теж незмінні. Одержані при цьому результати для теплових полів мають явну залежність від параметрів течії у каналі та ґрунтового оточуючого середовища поза його межами. Для моделювання процесу переносу теплоти використана гіперболічна модель теплопровідності.

Аналіз публікацій по темі досліджень. Для аналізу акустичних полів, згенерованих відповідними джерелами у каналах зазначеного вище виду, за наявності у останніх течії побудовані відповідні функції Гріна. Проте автори робіт [21-25] враховують вплив ефекту течії на функцію Гріна та на процедуру її побудови лише у неявному вигляді, а у явному вигляді (тобто у вигляді явних математичних залежностей досліджуваних характеристик термоакустичних полів від параметрів течії), ці ефекти проявлялись лише у відповідних масштабних законах та або різного роду кількісних оцінках.

Цей недолік був частково виправлений у публікаціях [26-29], де була побудована функція Гріна хвильового рівняння і рівняння Гельмгольца для нескінченно прямого жорсткостінного каналу з внутрішньою рівномірною осередненою течією для випадків кругового і прямокутного поперечного перерізу. Окрім іншого, у цих функціях вище у явному вигляді були відображені ефекти наявності течії. Автор [30] розвиває і узагальнює результати робіт [31-34], проте аналізує лише акустичні поля у каналах з урахуванням ефекту течії. Для теплових полів у межах гіперболічної моделі переносу, де враховані ефекти внутрішньої (всередині каналу) та зовнішньої (по відношенню до каналу) течії, тобто течії теплоносія у теплообміннику і оточуючого ґрунтовий теплообмінник середовища, подібні дослідження не проведені.

Мета роботи полягає в обґрунтуванні алгоритму побудови функції Гріна для тривимірного конвективного хвильового рівняння для прямого каналу кругового поперечного перерізу ґрунтового теплообмінника задля моделювання, аналізу процесів енергоефективного тепломасопереносу у нелінійних структурованих рідинах теплоносія з урахуванням ефектів внутрішньої та зовнішньої (відносно каналу теплообмінника) течії у межах гіперболічної моделі переносу.

Виклад основного матеріалу дослідження.

1. Побудова функції Гріна та знаходження розв’язку тривимірного конвективного хвильового рівняння для прямого каналу ґрунтового теплообмінника з урахуванням ефекту внутрішньої течії теплоносія. Розглянемо спочатку процес генерації та поширення малих акустичних збурень у рідині теплоносії ґрунтового теплообмінника, яка рухається у каналі кругового поперечного перерізу. При цьому використаємо підхід, розвинутий у роботі [35].

У даному дослідженні отримане гіперболічне рівняння теплопровідності із урахуванням течії теплоносія у трубі циліндричного виду з круговим поперечним перерізом (довжиною l, радіусом труби R), який рухається вздовж його горизонтальної осі Oz зі швидкістю $\vec{U}$ (рівномірно осереднена по поперечному перерізу каналу циліндричної форми швидкість у напрямку його

твірної стінки паралельно осі Oz труби у незбуреній рідині теплоносія. Величина цієї швидкості визначається реологічною моделлю власне рідини теплоносія та прийнятими граничними умовами на стінках труби. Останні, як правило, зводяться до відомих умов прилипання), а також врахований рух зі швидкістю $\vec{v}$ оточуючого ґрунту теплообмінника — ґрунтового середовища, що створює на поверхні труби додатковий зовнішній приток теплоти $\vec{q}$.

Розв'язок гіперболічного рівняння теплопровідності, отриманий у циліндричній системі координат методом функцій Гріна. Такий розв'язок, що відповідає гіперболічній теорії теплопровідності, котрий враховує скінченність швидкості розповсюдження теплоти, дозволяє більш коректно призначати міцнісні норми для трубопроводів ґрунтових теплообмінників, які працюють під дією термодинамічних навантажень у процесах запуску та виведення подібних систем енергозабезпечення з експлуатаційних режимів, при реверсуванні його потоку теплоносія (з метою профілактики та ремонту, діагностичного контролю тощо), насамкінець задля оптимізації режимів відбору і перенесення теплоти при підтримці життєдіяльності нормального режиму експлуатації будівель і споруд [36-40].

1.1. Гіперболічне рівняння теплопровідності для випадку, коли врахований рух ґрунтового середовища, що оточує трубу теплообмінника [41]. У відповідності з законом Фур'є-Ликова маємо:

$$\vec{q} + \tau_r \cdot \frac{\partial \vec{q}}{\partial t} = -\lambda \cdot gradT, \qquad (1)$$

де τ_r— час, термін часу теплової релаксації, с.; t — час поточний, T — температура рідини теплоносія, °С; λ — коефіцієнт теплопровідності, Вт/(м·°С).

З 1 можна отримати наступне співвідношення:

$$div\vec{q} + \tau_r \cdot \frac{\partial}{\partial t}(div\vec{q}) = -\lambda \cdot div(gradT) = -\lambda \cdot \Delta T, \qquad (2)$$

де Δ — оператор Лапласа.

За визначенням зовнішній приток теплоти $\vec{q}$ дорівнює [42]:

$$q = -\frac{1}{\rho} div\vec{q} = C \cdot \frac{dT}{dt}, \qquad (3)$$

де ρ — густина, кг/м; с — теплоємність речовини теплоносія, Дж/(кг·°С) .

Тоді:

$$\frac{dT}{dt} = \frac{\partial T}{\partial t} + \vec{v} \cdot gradT, \qquad (4)$$

де $\vec{v}$ — вектор швидкості відносно руху теплопровідного ґрунтового середовища відносно трубопроводу теплообмінника.

Врахуємо величину конвективної похідної $\vec{v} \cdot gradT$ тільки на граничній поверхні ∑тіла (труби теплообмінника):

$$\vec{v} \cdot gradT = (\vec{v} \cdot gradT)_{\Sigma}. \quad (5)$$

Скалярний добуток $(\vec{v} \cdot gradT)_{\Sigma}$ по сумі можна розглядати як першу складову ряду Тейлора для $\vec{v} \cdot gradT$ у колі, яке обмежене сумарною поверхнею тіла. Будемо вважати, що рух ґрунтового середовища (зсуви ґрунти, підземні води тощо) рівномірний, тоді $\vec{v}$ не залежить явно від *t*. Звідси з рівності:

$$(\vec{v} \cdot gradT)_{\Sigma} = -\frac{\vec{v}}{\lambda} \cdot (\vec{q} + \tau_r \cdot \frac{\partial \vec{q}}{\partial t})_{\Sigma} \quad (6)$$

випливає:

$$(\vec{v} \cdot gradT)_{\Sigma} = -\frac{1}{\lambda} (\vec{v} \cdot \vec{q} + \tau_r \cdot \frac{\partial \vec{v} \cdot \vec{q}}{\partial t})_{\Sigma} \quad (7)$$

Для умовної похідної по часу *t* від температури у цьому видатку можна записати [43]:

$$\frac{d\,T}{dt} = \frac{\partial\,T}{\partial t} - \frac{1}{\lambda} (\vec{v} \cdot \vec{q} + \tau_r \cdot \frac{\partial \vec{v} \cdot \vec{q}}{\partial t})_{\Sigma} \quad (8)$$

а для дивергенції [44]:

$$div\vec{q} = -q \cdot c \cdot \left[\frac{\partial\,T}{\partial t} - \frac{1}{\lambda} (\vec{v} \cdot \vec{q} + \tau_r \cdot \frac{\partial \vec{v} \cdot \vec{q}}{\partial t})_{\Sigma}\right] \quad (9)$$

Отже, рівняння теплопровідності для каналу труби ґрунтового теплообмінника при умові рівномірного руху середовища (ґрунту, який його оточує), прийме вид:

$$a \cdot \Delta T = \frac{\partial\,T}{\partial t} + \tau_r \cdot \frac{\partial^2 T}{\partial t^2} - \frac{1}{\lambda}(1 + \tau_r \cdot \frac{\partial}{\partial t})(\vec{v} \cdot \vec{q} + \tau_r \cdot \frac{\partial \vec{v} \cdot \vec{q}}{\partial t})_{\Sigma} \quad (10)$$

де a = λ/(ρ·c) — коефіцієнт температуропровідності, $м^2 \cdot с^{-1}$.

Вводячи позначення v_t для швидкості розповсюдження теплоти $v_t = \sqrt{\frac{a}{\tau_r}}$,

рівнянню 10 можна надати наступного вигляду:

$$\frac{\partial^2 T}{\partial t^2} + \frac{1}{\tau_r} \cdot \frac{\partial\,T}{\partial t} = v_t^2 \cdot \Delta T + \frac{1}{\lambda \tau_r}(1 + \tau_r \cdot \frac{\partial}{\partial t})(\vec{v} \cdot \vec{q} + \tau_r \cdot \frac{\partial \vec{v} \cdot \vec{q}}{\partial t}), \quad (11)$$

або:

$$\frac{\partial^2 T}{\partial t^2} + \frac{1}{\tau_r} \cdot \frac{\partial\,T}{\partial t} = v_t^2 \cdot \Delta T + \frac{1}{\lambda \tau_r}(1 + \tau_r \cdot \frac{\partial}{\partial t})^2 (\vec{v} \cdot \vec{q}). \quad (12)$$

У циліндричній системі координат (*r*, φ, *z*) рівняння 12 набуває вигляду неоднорідного рівняння Клейна-Гордона [45]:

$$\frac{\partial^2 T}{\partial t^2} + \frac{1}{\tau_r} \cdot \frac{\partial\,T}{\partial t} = v_T^2 \cdot \left[\frac{1}{r} \cdot \frac{\partial}{\partial r} \cdot \left(r \cdot \frac{\partial T}{\partial r}\right) + \frac{1}{r^2} \cdot \frac{\partial^2 T}{\partial \varphi^2} + \frac{\partial^2 T}{\partial z^2}\right] + \emptyset(r, \varphi, z, t), \quad (13)$$

де $\Theta(r,\varphi,z,t) = \frac{1}{\lambda\tau_r}\cdot\left(1+\tau_r\cdot\frac{\partial}{\partial t}\right)^2\cdot(\vec{v}\cdot\vec{q})$.

Саме доданок Φ(r, φ, z, t) у (13) характеризує передачу теплоти через поверхню труби грантового теплообмінника за наявності рухомого середовища ґрунту, яке його оточує. Перетворення T(r, φ, z, t)= θ(r, φ, z, t)·exp(-t/(2τ_r) призводить до гіперболічного рівняння, у якого відсутня перша похідна по часу t:

$$\frac{\partial^2\theta}{\partial t^2} = v_T^2\cdot\left[\frac{1}{r}\cdot\frac{\partial}{\partial r}\left(r\cdot\frac{\partial\theta}{\partial r}\right)+\frac{1}{r^2}\cdot\frac{\partial^2\theta}{\partial\varphi^2}+\frac{\partial^2\theta}{\partial z^2}\right]+\Psi(r,\varphi,z,t)+\frac{1}{4\tau_r{}^2}\cdot\Theta, \qquad (14)$$

де у рівнянні Клейна-Гордона (14) $\Psi(r,\varphi,z,t) = \Theta(r,\varphi,z,t)\cdot exp(\frac{t}{2\tau_r})$.

Згідно [1,2, 12-15] для врахування тієї обставини, що теплоносій у трубі ґрунтового теплообмінника рухається вздовж осі Oz (рис. 1) із осередненою швидкістю $\vec{U}$ по конвективна похідна по часу t першого та другого порядку повинні набувати вигляду наведеного нижче у пункті 1.2.

1.2. Гіперболічне рівняння теплопровідності неоднорідне рівняння Клейна-Гордона для випадку, коли врахований рух, його швидкість течі рідини теплоносія всередині труби ґрунтового теплообмінника [46].

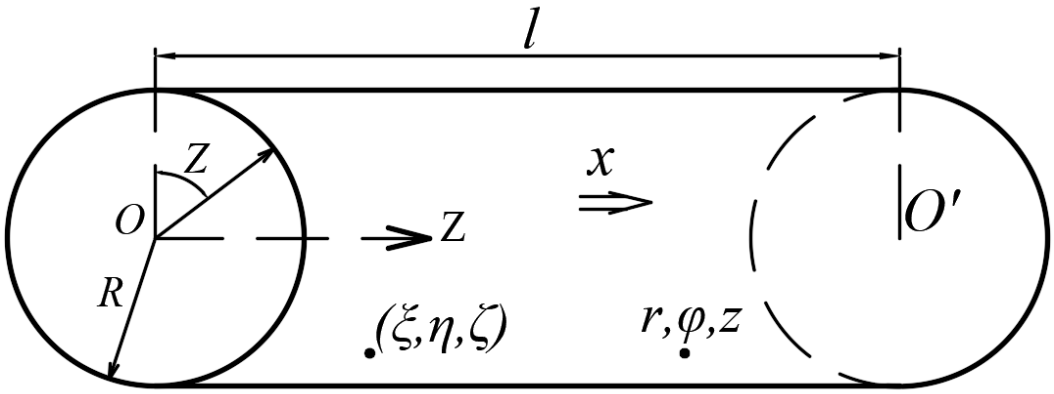


Рис. 1. скінчений прямий канал кругового поперечного перерізу довжиною l.

Для врахування фактору руху течі теплоносія у трубі ґрунтового теплообмінника необхідно у рівнянні (14) зробити наступну заміну операторів диференціювання по часу t:

$$\frac{d^2\theta}{dt^2} = v_t^2\cdot\left[\frac{1}{r}\cdot\frac{\partial}{\partial r}\left(r\cdot\frac{\partial\theta}{\partial r}\right)+\frac{1}{r^2}\cdot\frac{\partial^2\theta}{\partial\varphi^2}+\frac{\partial^2\theta}{\partial z^2}\right]+\frac{1}{4\tau_r{}^2}\cdot\Theta+\overline{\Psi}(r,\varphi,z,t), \qquad (15)$$

де $\overline{\Psi}(r,\varphi,z,t) = exp(\frac{t}{2\tau_r})\cdot\frac{1}{\lambda\tau_r}\cdot\left(1+\tau_r\cdot\frac{d}{dt}\right)^2\cdot(\vec{v}\cdot\vec{q})$.

Оператори d/dt та d^2/dt^2 квадрат мають наступний вигляд у (15):

$$\frac{d}{dt} = \frac{\partial}{\partial t}+U\cdot\frac{\partial}{\partial z}\ ;\quad \frac{d^2}{dt^2} = \left(\frac{\partial}{\partial t}+U\cdot\frac{\partial}{\partial z}\right)^2 = \frac{\partial^2}{\partial t^2}+2U\frac{\partial^2}{\partial t\partial z}+U^2\frac{\partial^2}{\partial z^2}. \qquad (16)$$

Тоді рівняння (15) з урахуванням (16) приймає наступний вигляд:

$$\frac{\partial^2\theta}{\partial t^2}+2U\frac{\partial^2}{\partial t\partial z}+U^2\frac{\partial^2\theta}{\partial z^2}=v_T^2\cdot\left[\frac{1}{r}\cdot\frac{\partial}{\partial r}\left(r\cdot\frac{\partial\theta}{\partial r}\right)+\frac{1}{r^2}\cdot\frac{\partial^2\theta}{\partial\varphi^2}+\frac{\partial^2\theta}{\partial z^2}\right]++\frac{1}{4\tau_r{}^2}\cdot\Theta+$$
$$exp(\frac{t}{2\tau_r})\cdot\frac{1}{\lambda\tau_r}\cdot\left(1+\tau_r\cdot\frac{\partial}{\partial t}+\tau_r\cdot\frac{\partial}{\partial z}\right)^2(\vec{v}\cdot\vec{q}) \quad (17)$$

.

Введемо позначення “теплового” числа Маха:

$$\frac{U}{v_t}=M, \quad (18)$$

а рівняння (17) подамо у наступному вигляді:

$$\frac{\partial^2\theta}{v_t^2\cdot\partial t^2}+2\cdot\frac{M}{v_t}\cdot\frac{\partial^2\theta}{\partial t\partial z}+M^2\frac{\partial^2\theta}{\partial z^2}=\left[\frac{1}{r}\cdot\frac{\partial}{\partial r}\left(r\cdot\frac{\partial\theta}{\partial r}\right)+\frac{1}{r^2}\cdot\frac{\partial^2\theta}{\partial\varphi^2}+\frac{\partial^2\theta}{\partial z^2}\right]++\frac{1}{4\tau_r{}^2v_t^2}+$$
$$exp(\frac{t}{2\tau_r})\cdot\frac{1}{v_t^2\cdot\lambda\cdot\tau_r}\cdot\left(1+\tau_r\cdot\frac{\partial}{\partial t}+\tau_r\cdot U\cdot\frac{\partial}{\partial z}\right)^2(\vec{v}\cdot\vec{q}) \quad (19)$$

.

У подальшому введемо як у [47,48] нові безрозмірні змінні:

$$\bar{Z}=\frac{\bar{\lambda}\cdot z}{l},\ \bar{T}=\frac{(\bar{\lambda})^{-1}\cdot v_t\cdot t}{l}+M\frac{\bar{\lambda}\cdot z}{l},\ \bar{\lambda}=\frac{1}{\sqrt{1-M^2}} \quad (20)$$

Такий підхід дозволяє позбутися у рівнянні (19) конвективних доданків, які містять “теплове “число Маха (M), течії теплоносія і переписати його у класичному вигляді [49]:

$$\frac{\partial^2\Theta}{\partial\bar{T}^2}=v_T^2\cdot\left[\frac{1}{r}\cdot\frac{\partial}{\partial r}\left(r\cdot\frac{\partial\Theta}{\partial r}\right)+\frac{1}{r^2}\cdot\frac{\partial^2\Theta}{\partial\varphi^2}+\frac{\partial^2\Theta}{\partial z^2}\right]+\frac{1}{4\tau_r{}^2}\cdot\Theta+$$
$$+exp(\frac{\bar{T}}{2\tau_r})\cdot\frac{1}{\lambda\tau_r}\cdot\left(1+\tau_r\cdot\frac{\partial}{\partial\bar{T}^2}+2\tau_r\cdot\frac{\partial}{\partial\bar{T}}\right)\ (\vec{v}\cdot\vec{q}) \quad (21)$$

Введемо наступні змінні:

$$b=-\frac{1}{4\tau_r{}^2};\ exp\left(\frac{\bar{T}}{2\tau_r}\right)\cdot\frac{1}{\lambda\tau_r}\cdot\left(1+\tau_r{}^2\cdot\frac{\partial^2}{\partial\bar{T}^2}+2\tau_r\cdot\frac{\partial}{\partial\bar{T}}\right)\ (\vec{v}\cdot\vec{q})=\bar{\Phi}(r,\varphi,\bar{z},\bar{t}) \quad (22)$$

Тоді рівняння 22 можна подати у зручному для подальшого аналізу вигляді:

$$\frac{\partial^2\theta}{\partial\bar{T}^2}=v_t^2\cdot\left[\frac{1}{r}\cdot\frac{\partial}{\partial r}\left(r\cdot\frac{\partial\theta}{\partial r}\right)+\frac{1}{r^2}\cdot\frac{\partial^2\theta}{\partial\varphi^2}+\frac{\partial^2\theta}{\partial\bar{z}^2}\right]+(-b\cdot\Theta)+\bar{\Phi}(r,\varphi,\bar{z},\bar{t}) \quad (23)$$

1.3. Використання функції Гріна для знаходження розв’язків рівняння (23) при різних граничних умовах: крайові задачі 1-го, 2-го, 3-го роду та змішані крайові задачі. Неоднорідне рівняння Клейна-Ґордона (23) записане у циліндричній системі координат, а в подальшому розв’язане методом функції Гріна для різних початкових та граничних умов, які виникають у режимах реальної експлуатації ґрунтових теплообмінників [50].

У подальшому розглядається круговий циліндр скінченої довжини *l*. Оскільки T(*r*, φ, *z*, *t*)= θ(*r*, φ, *z*, *t*)·exp(-*t*/(2τ $_r$), тоді, задаючи граничні та початкові умови для θ(*r*, φ, *z*, *t*), відповідні граничні та початкові умови для істинного

значення температури T(r, φ, z, t) можна знаходити при використанні наведеного експотенціального перетворення.

1.3.1. Область $0\leq r\leq R$, $0\leq \varphi \leq 2\pi$, $0\leq \bar{z}\leq l$. Перша крайова задача. Задані наступні умови:

$$\begin{cases} \Theta = f_0(r,\varphi,\bar{z}) \text{ при } \bar{T}=0;\ \dfrac{\partial\Theta}{\partial\bar{T}} = f_1\cdot(r,\varphi,\bar{z}) \text{ при } \bar{T}=0; \\ \Theta = g_1(\varphi,\bar{z},\bar{T}) \text{ при } r=R;\ \Theta = g_2\cdot(r,\varphi,\bar{T}) \text{ при } \bar{Z}=0; \\ \Theta = g_3(r,\varphi,\bar{T}) \text{ при } \bar{Z}=l. \end{cases} \tag{24}$$

Розв’язок:

$$\begin{aligned} \Theta(r,\varphi,\bar{Z},\bar{T}) &= \frac{\partial}{\partial\bar{T}}\int_0^l\int_0^{2\pi}\int_0^R \xi f_0(\xi,\eta,\zeta)\cdot G\,(r,\varphi,\bar{Z},\xi,\eta,\zeta,\bar{T})d\xi d\eta d\zeta + \\ &+\int_0^l\int_0^{2\pi}\int_0^R \xi f_1(\xi,\eta,\zeta)\cdot G\,(r,\varphi,\bar{Z},\xi,\eta,\zeta,\bar{T})d\xi d\eta d\zeta - \\ &-v_t^2\cdot R\int_0^{\bar{T}}\int_0^l\int_0^{2\pi} q_1(\eta,\zeta,\tau)\cdot\left[\frac{\partial}{\partial\xi}G(r,\varphi,\bar{Z},\xi,\eta,\zeta,\bar{T}-r)\right]_{\xi=R} d\eta d\zeta d\tau + \\ &+v_t^2\int_0^{\bar{T}}\int_0^{2\pi}\int_0^R \xi q_2(\xi,\eta,\tau)\cdot\left[\frac{\partial}{\partial\zeta}G(r,\varphi,\bar{Z},\xi,\eta,\zeta,\bar{T}-r)\right]_{\zeta=0} d\xi d\eta d\tau - \\ &-v_t^2\int_0^{\bar{T}}\int_0^{2\pi}\int_0^R \xi q_3(\xi,\eta,\tau)\cdot\left[\frac{\partial}{\partial\zeta}G(r,\varphi,\bar{Z},\xi,\eta,\zeta,\bar{T}-r)\right]_{\zeta=l} d\xi d\eta d\tau + \\ &+\int_0^{\bar{T}}\int_0^l\int_0^{2\pi}\int_0^R \xi\,\Phi(\xi,\eta,\zeta,\tau)\cdot G(r,\varphi,\bar{Z},\xi,\eta,\zeta,\bar{T}-r)d\xi d\eta d\zeta d\tau \end{aligned} \tag{25}$$

.

Тут функція Гріна має наступний вигляд:

$$\begin{aligned} G(r,\varphi,\bar{Z},\xi,\eta,\zeta,\bar{T}) &= \frac{2}{\pi R^2 l}\cdot\sum_{n=0}^{\infty}\sum_{m=1}^{\infty}\sum_{k=1}^{\infty}\frac{A_n\cdot I_n(\mu_{nm}r)\ \cdot I_n(\mu_{nm}\xi)}{[I_n'(\mu_{nm}R)]^2\sqrt{\lambda_{nmk}}}\text{x} \\ &\text{x}\,cos[n\cdot(\varphi-\eta)]\cdot\sin(\tfrac{k\pi\bar{Z}}{l})\cdot\sin(\tfrac{kn\zeta}{l})\cdot\sin(\bar{T}\cdot\sqrt{\lambda_{nmk}})\ , \end{aligned} \tag{26}$$

де:

$$\lambda_{nmk} = v_t^2\cdot\mu_{nm}^2 + \frac{v_t^2\cdot k^2\cdot\pi^2}{l^2} + b, \qquad \mathrm{A}_n = \begin{cases} 1 \text{ при } n=0, \\ 2 \text{ при } n>0, \end{cases}$$

$I_n(\xi)$ - функція Бесселя від аргументу (ξ), штрих біля функції означає похідну по конкретному аргументу цієї функції; μ_{mn} - додатні корені трансцендентного рівняння $I_n(\mu R)=0$.

1.3.2. Область $0\leq r\leq R$, $0\leq \varphi \leq 2\pi$, $0\leq \bar{z}\leq l$. Друга крайова задача. Задані наступні умови:

$$\begin{cases} \Theta = f_0(r,\varphi,\bar{z}) \text{ при } \bar{T}=0;\ \dfrac{\partial\,\Theta}{\partial\bar{T}} = f_1\cdot(r,\varphi,\bar{z}) \text{ при } \bar{T}=0; \\ \dfrac{\partial\,\Theta}{\partial r} = g_1(\varphi,\bar{z},\bar{T}) \text{ при } r=R;\ \dfrac{\partial\,\Theta}{\partial\bar{Z}} = g_2\cdot(r,\varphi,\bar{T}) \text{ при } \bar{Z}=0; \\ \dfrac{\partial\,\Theta}{\partial\bar{Z}} = g_3(r,\varphi,\bar{T}) \text{ при } \bar{Z}=l. \end{cases} \tag{27}$$

Розв’язок:

$$\begin{aligned} \Theta(r,\varphi,\bar{Z},\bar{T}) &= \frac{\partial}{\partial\bar{T}}\int_0^l\int_0^{2\pi}\int_0^R \xi\, f_0(\xi,\eta,\zeta)\cdot G\,(r,\varphi,\bar{Z},\xi,\eta,\zeta,\bar{T})d\xi d\eta d\zeta + \\ &+\int_0^l\int_0^{2\pi}\int_0^R \xi\, f_1(\xi,\eta,\zeta)\cdot G\,(r,\varphi,\bar{Z},\xi,\eta,\zeta,\bar{T})d\xi d\eta d\zeta + \\ &v_t^2\cdot R\int_0^l\int_0^{\bar{T}}\int_0^{2\pi} q_1(\eta,\zeta,\tau)\cdot G(r,\varphi,\bar{Z},R,\eta,\zeta,\bar{T}-r)d\zeta d\tau d\eta - \\ &-v_t^2\int_0^{\bar{T}}\int_0^{2\pi}\int_0^R \xi\, q_2(\xi,\eta,\tau)\cdot G(r,\varphi,\bar{Z},\xi,\eta,O,\bar{T}-r)d\xi d\eta d\tau + \\ &+a^2\int_0^{\bar{T}}\int_0^{2\pi}\int_0^R \xi\, q_3(\xi,\eta,\tau)\cdot G(r,\varphi,\bar{Z},\xi,\eta,l,\bar{T}-r)\,d\xi\, d\eta d\tau + \\ &+\int_0^{\bar{T}}\int_0^l\int_0^{2\pi}\int_0^R \xi\,\bar{\Phi}(\xi,\eta,\zeta,\tau)\cdot G(r,\varphi,\bar{Z},\xi,\eta,\zeta,\bar{T}-r)d\xi d\eta d\zeta d\tau \end{aligned} \tag{28}$$

Тут функція Гріна має наступний вигляд:

$$\begin{aligned} G(r,\varphi,\bar{Z},\xi,\eta,\zeta,\bar{T}) &= \frac{\sin(\bar{T}\sqrt{|b|})}{\pi R^2 l\sqrt{|b|}} + \frac{2}{\pi R^2 l}\cdot\sum_{k=1}^{\infty}\frac{1}{\sqrt{\beta_k}}\cdot\cos\left(\frac{k\pi\bar{Z}}{l}\right)\cdot\cos\left(\frac{k\pi\xi}{l}\right)\cdot\sin(\bar{T}\cdot\sqrt{\beta_k}) + \\ &+\frac{1}{\pi l}\cdot\sum_{n=0}^{\infty}\sum_{m=1}^{\infty}\sum_{k=1}^{\infty}\frac{A_n\cdot A_k\cdot\mu_{nm}{}^2\cdot I_n(\mu_{nm}r)\cdot I_n(\mu_{nm}\xi)}{(\mu_{nm}{}^2\cdot R^2-n^2)\cdot[I_n(\mu_{nm}\cdot R)]^2}\cdot cos[n\cdot(\varphi-\eta)]\ \text{x} \\ &\text{x}\cos\left(\frac{k\pi\bar{Z}}{l}\right)\cdot\cos\left(\frac{k\pi\xi}{l}\right)\cdot\frac{\sin(\lambda_{nmk}\cdot\bar{T})}{\lambda_{nmk}}. \end{aligned} \tag{29}$$

де $\beta_k = \frac{v_t^2\cdot k^2\cdot\pi^2}{l^2} + b$, $\lambda_{nmk} = \sqrt{v_t^2\cdot\mu_{nm}{}^2 + \frac{v_t^2\cdot k^2\cdot\pi^2}{l^2} + b}$, $A = \begin{cases} 1 & \text{при } n=0; \\ 2 & \text{при } n>0; \end{cases}$

$I_n(\xi)$ - функція Бесселя n-го порядку; μ_{mn} - додатні корені трансцендентного рівняння $I_n'(\mu R)=0$.

1.3.3. Область $0\le r\le R$, $0\le\varphi\le 2\pi$, $0\le\bar{Z}\le l$. Третя крайова задача. Задані наступні умови:

$$\begin{cases} \Theta = f_0(r,\varphi,\bar{Z}) \text{ при } \bar{T}=0;\ \dfrac{\partial\,\Theta}{\partial\bar{T}} = f_1\cdot(r,\varphi,\bar{Z}) \text{ при } \bar{T}=0; \\ \dfrac{\partial\,\Theta}{\partial r} + k_1\cdot\Theta = g(\varphi,\bar{\bar{Z}},\bar{T}) \text{ при } r=R; \\ \dfrac{\partial\,\Theta}{\partial\bar{Z}} - k_2\cdot\Theta = g_2\cdot(r,\varphi,\bar{T}) \text{ при } \bar{Z}=0; \\ \dfrac{\partial\,\Theta}{\partial\bar{Z}} + k_3\cdot\Theta = g_3(r,\varphi,\bar{T}) \text{ при } \bar{Z}=l. \end{cases} \tag{30}$$

Розв’язок $\theta(r, \varphi, \bar{z}, \bar{T})$ визначається за формулою (28) в п. 1 3 2, а функція Гріна приймає наступний вигляд:

$$G(r,\varphi,\bar{Z},\xi,\eta,\zeta,\bar{T}) = \frac{1}{\pi}\cdot\sum_{n=0}^{\infty}\sum_{m=1}^{\infty}\sum_{k=1}^{\infty}\frac{A_n\cdot\mu_{nm}{}^2\cdot I_n(\mu_{nm}r)\cdot I_n\cdot(\mu_{nm}\xi)\cdot cos[n\cdot(\varphi-\eta)]}{(\mu_{nm}{}^2\cdot R^2+k_1^2\cdot R^2-n^2)\cdot[I_n(\mu_{nm}R)]^2}\text{x} \tag{31}$$

$$\mathrm{x}\frac{h_s(\bar{Z})\cdot h_s(\zeta)\cdot sin(\lambda_{nmk}\cdot\bar{T})}{\|h_s\|^2\lambda_{nms}}$$

Тут у (31) прийняті наступні позначення:

$$A=\begin{cases}1 & \text{при } n=0;\\ 2 & \text{при } n>0;\end{cases}\lambda_{nmk}=\sqrt{v_t^2\cdot\mu_{nm}{}^2+v_t^2\cdot\beta_S^2+b},$$

$$h_s(\bar{Z})=\cos(\beta_S\cdot\bar{Z})++\frac{k_2}{\beta_S}sin(\beta_S\cdot\bar{Z}),\ \|h_s\|^2=\frac{k_3}{2\beta_S^2}\cdot\frac{(\beta_S^2-k_2^2)}{(\beta_S^2-k_3^2)}+\frac{k_2}{2\beta_S^2}+\frac{l}{2}\left(1+\frac{k_2^2}{\beta_S^2}\right);$$

$I_n(\xi)$ - функція Бесселя; μ_{mn} та βs- відповідних трансцендентних рівнянь:

$$\mu\cdot I_n'(\mu R)+k_1I_n(\mu R)=0,\frac{tg(\beta l)}{\beta}=\frac{k_2+k_3}{\beta^2-k_2\cdot k_3}.$$

1.3.4. Область $0\le r\le R$, $0\le\varphi\le 2\pi$, $0\le\bar{Z}\le l$. Змішані крайові задачі.

А. задані умови:

$$\begin{cases}\Theta=f_0(r,\varphi,\bar{Z})\ \text{при}\ \bar{T}=0;\ \dfrac{\partial\Theta}{\partial\bar{T}}=f_1(r,\varphi,\bar{Z})\ \text{при}\ \bar{T}=0;\\ \Theta=g_1(\varphi,\bar{Z},\bar{T})\ \text{при}\ r=R;\ \dfrac{\partial\Theta}{\partial\bar{Z}}=g_2(r,\varphi,\bar{T})\ \text{при}\ \bar{Z}=0;\\ \dfrac{\partial\Theta}{\partial\bar{Z}}=g_3(r,\varphi,\bar{T})\ \text{при}\ \bar{Z}=l.\end{cases}\tag{32}$$

Розв’язок задачі при умовах А (32):

$$\begin{aligned}\Theta(r,\varphi,\bar{Z},\bar{T})=&\frac{\partial}{\partial\bar{T}}\int_0^l\int_0^{2\pi}\int_0^R\xi\,f_0(\xi,\eta,\zeta)\cdot G\,(r,\varphi,\bar{Z},\xi,\eta,\zeta,\bar{T})d\xi d\eta d\zeta+\\&+\int_0^l\int_0^{2\pi}\int_0^R\xi\,f_1(\xi,\eta,\zeta)\cdot G\,(r,\varphi,\bar{Z},\xi,\eta,\zeta,\bar{T})d\xi d\eta d\zeta--v_t^2\cdot\\&R\int_0^{\bar{T}}\int_0^l\int_0^{2\pi}q_1(\xi,\tau,\zeta)\cdot\left[\frac{\partial}{\partial\xi}G(r,\varphi,\bar{Z},\xi,\eta,\zeta,\bar{T}-r)\right]_{\xi=R}d\eta d\zeta d\tau-\\&-v_t^2\int_0^{\bar{T}}\int_0^{2\pi}\int_0^R\xi\,q_2(\xi,\eta,\tau)\cdot G(r,\varphi,\bar{Z},\xi,\eta,O,\bar{T}-r)d\xi d\eta d\tau+\\&+v_t^2\int_0^{\bar{T}}\int_0^{2\pi}\int_0^R\xi\,q_3(\xi,\eta,\tau)\cdot G(r,\varphi,\bar{Z},\eta,l,\bar{T}-r)\,d\xi d\eta d\tau+\\&+\int_0^{\bar{T}}\int_0^l\int_0^{2\pi}\int_0^R\xi\,\bar{\Phi}(\xi,\eta,\zeta,\tau)\cdot G(r,\varphi,\bar{Z},\xi,\eta,\zeta,\bar{T}-r)d\xi d\eta d\zeta d\tau\end{aligned}\tag{33}$$

Тут, у (33), функція Гріна має наступний вигляд:

$$\begin{aligned}G(r,\varphi,\bar{Z},\xi,\eta,\zeta,\bar{T})=&\frac{1}{\pi R^2 l}\sum_{n=0}^{\infty}\sum_{m=1}^{\infty}\sum_{k=0}^{\infty}\frac{A_n\cdot A_k\cdot I_n(\mu_{nm}r)\cdot I_n(\mu_{nm}}{[I_n'(\mu_{nm}R)]^2\sqrt{\lambda_{nmk}}}\\&\mathrm{x}\,cos[n\cdot(\varphi-\eta)]\cdot\cos(\frac{k\pi\bar{Z}}{l})\cdot\cos(\frac{k\pi\zeta}{l})\cdot\sin(\bar{T}\cdot\sqrt{\lambda_{nmk}})\end{aligned}\tag{34}$$

де $\lambda_{nmk}=v_t^2\cdot\mu_{nm}{}^2+\frac{v_t^2\cdot k^2\cdot\pi^2}{l^2}+b,\ A=\begin{cases}1 & \text{при } n=0;\\ 2 & \text{при } n>0;\end{cases}$

$I_n(\xi)$ - функція Бесселя; μ_{mn} - додатні корені трансцендентного рівняння $I_n(\mu R)=0$.

В. Задані умови:

$$\begin{cases} \Theta = f_0(r,\varphi,\bar{Z}) \text{ при } \bar{T} = 0; \ \dfrac{\partial\,\Theta}{\partial\bar{T}} = f_1(r,\varphi,\bar{Z}) \text{ при } t = 0; \\ \dfrac{\partial\,\Theta}{\partial r} = g_1(\varphi,\bar{Z},\bar{T}) \text{ при } r = R; \ \Theta = g_2(r,\varphi,\bar{T}) \text{ при } \bar{Z} = 0; \\ \Theta = g_3(r,\varphi,\bar{T}) \text{ при } \bar{Z} = l. \end{cases} \tag{35}$$

Розв’язок задачі при умовах В (35):

$$\begin{aligned} \Theta(r,\varphi,\bar{Z},\bar{T}) = {} & \frac{\partial}{\partial\bar{T}}\int_0^l\int_0^{2\pi}\int_0^R \xi\, f_0(\xi,\eta,\zeta)\cdot G\,(r,\varphi,\bar{Z},\xi,\eta,\zeta,\bar{T})d\xi d\eta d\zeta + \\ & + \int_0^l\int_0^{2\pi}\int_0^R \xi\, f_1(\xi,\eta,\zeta)\cdot G\,(r,\varphi,\bar{Z},\xi,\eta,\zeta,\bar{T})d\xi d\eta d\zeta + \\ & + v_t^2\cdot R\int_0^{\bar{T}}\int_0^l\int_0^{2\pi} q_1(\xi,\tau,\zeta)\cdot G(r,\varphi,\bar{Z},R,\eta,\zeta,\bar{T}-r)d\eta d\zeta d\tau + \\ & + v_t^2\int_0^{\bar{T}}\int_0^{2\pi}\int_0^R \xi\, q_2(\xi,\eta,\tau)\cdot\left[\frac{\partial}{\partial\zeta}G(r,\varphi,\bar{Z},\xi,\eta,\zeta,\bar{T}-r)\right]_{\zeta=0} d\xi d\eta d\tau - \\ & - a^2\int_0^{\bar{T}}\int_0^{2\pi}\int_0^R \xi\, q_3(\xi,\eta,\tau)\cdot\left[\frac{\partial}{\partial\zeta}G(r,\varphi,\bar{Z},\xi,\eta,\zeta,\bar{T}-r)\right]_{\zeta=l} d\xi d\eta d\tau + \\ & + \int_0^{\bar{T}}\int_0^l\int_0^{2\pi}\int_0^R \xi\,\bar{\emptyset}(\xi,\eta,\zeta,\tau)\cdot G(r,\varphi,\bar{Z},\xi,\eta,\zeta,\bar{T}-r)d\xi d\eta d\zeta d\tau \end{aligned} \tag{36}$$

.

У цьому випадку функція Гріна набуває наступного виду:

$$\begin{aligned} G(r,\varphi,\bar{Z},\xi,\eta,\zeta,\bar{T}) = {} & \frac{2}{\pi R^2 l}\cdot\sum_{k=1}^{\infty}\frac{1}{\sqrt{\beta_k}}\cdot\sin\left(\frac{k\pi\bar{Z}}{l}\right)\cdot\sin\left(\frac{k\pi\zeta}{l}\right)\cdot\sin(\bar{T}\cdot\sqrt{\beta_k}) + \\ & + \frac{2}{\pi l}\cdot\sum_{n=0}^{\infty}\sum_{m=1}^{\infty}\sum_{k=1}^{\infty}\frac{A_n\cdot{\mu_{nm}}^2\cdot I_n(\mu_{nm}r)\cdot I_n(\mu_{nm}\xi)}{({\mu_{nm}}^2\cdot R^2 - n^2)\cdot[I_n(\mu_{nm}\cdot R)]^2\cdot\sqrt{\lambda_{nmk}}} \\ & \text{x}\, cos[n\cdot(\varphi-\eta)]\cdot\sin\left(\frac{k\pi\bar{Z}}{l}\right)\cdot\sin\left(\frac{k\pi\zeta}{l}\right)\cdot sin(\bar{T}\cdot\sqrt{\lambda_{nmk}}) \end{aligned} \tag{37}$$

де $\beta_k = \frac{v_t^2\cdot k^2\cdot\pi^2}{l^2} + b$, $\lambda_{nmk} = v_t^2\cdot{\mu_{nm}}^2 + \frac{v_t^2\cdot k^2\cdot\pi^2}{l^2} + b$, $A = \begin{cases} 1 & \text{при } n = 0; \\ 2 & \text{при } n > 0; \end{cases}$

$I_n(\xi)$ - функція Бесселя; μ_{mn} - додатні корені трансцендентного рівняння $I_n'(\mu R)=0$.

2. Аналіз впливу параметрів реологічної моделі теплоносія, який протікає в ґрунтовому теплообміннику на осереднене значення швидкості $\vec{\Pi}$ течії.

2.1. Використання рівняння Букінгема для аналізу течії теплоносія, що відповідає реологічному закону Шведова-Бінгама. Для рідин, які відповідають реологічній моделі Шведова-Бінгама, що використовується в аналізі течії цих рідин, справедливе наступне співвідношення:

$$\tau = \tau_0 + \cdot\,\eta\,\frac{d\vartheta}{dr}, \tag{38}$$

де τ - напруження зсуву, Па; τ_0 - динамічне граничне напруження зсуву, Па; η - пластична в'язкість, Па·с; *dv*/*dr* - швидкість зсуву, c^{-1}. Рівняння Букінгема руху у трубі кругового поперечного перерізу записується у вигляді:

$$\bar{Q} = \frac{\pi \cdot D^4 \cdot p}{128 \cdot \eta \cdot L}\left(1 - \frac{4P_0}{3P} + \frac{{P_0}^4}{3P^4}\right) \quad (39)$$

де $\bar{Q}$ - витрата рідини, D - діаметр труби, м; L - довжина труби, м; p= 4 Lτ/D - перепад тиску на довжині L; p_0= 4 Lτ_0/D.

Рівняння Букінгема (39) для даної реологічної моделі можна надати іншого виду:

$$W = U = \frac{D \cdot \tau}{8 \cdot \eta} \cdot \left[1 - \frac{4\tau_0}{3\tau} + \frac{{\tau_0}^4}{3\tau^4}\right], \quad (40)$$

де W=U - середня швидкість течії у трубі для даної реологічної моделі Шведова-Бінгама.

У виразі (39) під $\bar{Q}$ розуміють продуктивність трубопроводу, а під τ_0 - бінгамівське статичне напруження зсуву. Слід зазначити, що для розрахунку теплообміну є опір тертя при ламінарній течії у трубопроводі рідини, яка описується реологічною моделлю рівняння (38), розрахунку тепловіддачі до неньютонівських рідин справедливі наступні емпіричні рівняння для розрахунку середнього значення числа Нуссельта ($Nu_{середнє}$) або його локального значення на кінці трубопроводу (Nu):

$$Nu_{сер} = 1{,}75 \cdot \delta^{1/3}\left\{G\left(\bar{\bar{Z}}\right)\right\}^{1/3} \cdot \left(\frac{\gamma}{\gamma_{сер}}\right)^{0{,}14} \quad (41)$$

$$Nu = 1{,}20 \cdot \delta^{1/3}\left\{G\left(\bar{\bar{Z}}\right)\right\}^{1/3} \cdot \left(\frac{\gamma}{\gamma_{сер}}\right)^{0{,}14}, \quad (42)$$

де n' - показник поведінки рідини при умовах на стінці труби; γ - консистенція рідини при середній температурі потоку ($T_{середнє}$), $\gamma_{сер}$ - те саме але на стінці трубопроводу, δ= (3 n'+1)/(4 n');$\{G \cdot (\bar{\bar{Z}})\} = Gc_p/(\lambda \cdot l)$ - число Гретца; G – масова витрата рідини, кг/год; Ср - масова теплоємність рідини; λ - коефіцієнт теплопровідності; *l* - довжина ділянки від початку труби, для якої визначено середнє значення числа Нуссельта ($Nu_{серерднє}$) або локальне його значення на кінці (Nu).(Співвідношення (41), (42) справедливі за умов T_w= const; $G \cdot (\bar{\bar{Z}})$ > 100, n' > 0 1, що відповідає практиці перенесення теплоносієм теплоти та тепловіддачі для неньютонівських рідин).

2.2.Аналіз течії теплоносія у трубопроводі при використанні для вісесиметричного руху моделі псевдопластичної рідини. Модель Оствальда-де Віля [19, 27]. Реологічна поведінка псевдопластиків характеризується рівнянням:

$$\tau = -K \cdot \left(\frac{\partial \vartheta}{\partial r}\right)^n, \quad \frac{\partial \vartheta}{\partial r} = \frac{d\vartheta_z}{dr}, \tag{43}$$

де τ - напруження зсуву; К - міра консистенції рідини; $\partial v/\partial r$ - градієнт швидкості руху теплотаносія по радіусу труби, n - показник поведінки рідини.

У літературі [16] зазвичай співвідношення 43 подають у вигляді:

$$\tau_{rz} = -m \cdot \left|\frac{d\vartheta_z}{dr}\right|^{n-1} \cdot \frac{d\vartheta_z}{dr}, \tag{44}$$

де $\tau_{rz} \equiv \tau$, $K \equiv m$, $\partial v/\partial r \equiv dv_z/dr$, $v_z(r)$ - поздовжня (вздовж осі труби Oz) компонента швидкості руху течії теплоносія, τ_{rz} – rz- компонента тензора напруження зсуву у рідині. Виходячи зі співвідношення (44) величину U можна для даної реологічної моделі подати у вигляді [16]:

$$U = \frac{(S+1)}{(S+3)} \cdot \vartheta_{max} = \frac{(S+1)}{(S+3)} \cdot \frac{R}{(1+S)} \cdot \left(\frac{R \cdot \Delta P}{2m \cdot l}\right)^S, S = 1/n, \tag{45}$$

де $\Delta P = P_0 - P_l$ перепад тиску у трубі (різниця тиску на вході z=0 і виході z=*l* з труби).

2.3. Аналіз течії теплоносія у трубопроводі при використанні для вісесиметричного ламінарного руху моделі чисто в'язкої псевдопластичної рідини моделі Елліса. У роботах [17-20] для чисто в'язкої псевдопластичної рідини, яка описується моделлю Елліса подані дві інтерпретації реологічного закону:

$$\text{а) } \tau = \{(A + B \cdot |\tau|^{\alpha-1})\}^{-1} \cdot \frac{d\vartheta_z}{dr}, \alpha \neq 1, \tag{46}$$

$$\text{б) } \tau_{rz} = -\eta(\tau)\frac{d\vartheta_z}{dr}; \ \eta(\tau) = \frac{\eta_0}{1+\left(\frac{\tau}{\tau_{\frac{1}{2}}}\right)^{\alpha-1}}; \ \tau = |\tau_{rz}|, \tag{47}$$

де η_0 - в'язкість рідини теплоносія за нульової швидкості зсуву; $\tau_{1/2}$ - значення напруження зсуву при $\eta = \eta_0/2$.

У інтерпретації (47) для U маємо наступний вигляд вираз [16]:

$$U = \frac{1}{2} \cdot \vartheta_{max} \cdot \left[1 + \frac{4}{(3+\alpha)} \cdot \left(\frac{R \cdot \Delta P}{2l \cdot \tau_{1/2}}\right)^{\alpha-1}\right] / \left[1 + \frac{2}{(1+\alpha)} \cdot \left(\frac{R \cdot \Delta P}{2l \cdot \tau_{1/2}}\right)^{\alpha-1}\right], \tag{48}$$

де $\vartheta_{max} = \vartheta(z)|_{r=0} = \frac{R^2 \cdot \Delta P}{4l \cdot \eta_0} \cdot \left[1 + \frac{2}{(1+\alpha)} \cdot \left(\frac{R \cdot \Delta P}{2l \cdot \tau_{1/2}}\right)^{\alpha-1}\right]$.

2.4. Аналіз течії теплоносія у трубопроводі для випадку неізотермічного ламінарного переносу теплоти у межах моделі псевдопластичної рідини Оствальда-де Віля [21, 27,33,34]. Розглянемо стаціонарний вісесиметричний рух псевдопластичних рідин з урахуванням зміни температури вздовж радіуса трубопроводу. Реологічна поведінка псевдопластичних характеризується рівнянням (43).

Міра консистенції К залежить від температури рідини. По аналогії з в'язкістю μ цю залежність можна подати наступним чином:

$$K_2 = K_1 \cdot exp\{\bar{u}^*(T_1 - T_2)\}, \quad (49)$$

де T_1 і T_2 — температури теплоносія, $\bar{u}'$— показник крутості консистентограми.

Показник поведінки рідини *n* у загальному випадку залежить від градієнта швидкості і температури. Однак при невеликих діапазонах зміни швидкості зсуву і температури n у (43) можна приймати приблизно постійним.

Оскільки у трубі: $\tau = i \cdot r/2$, де $i = \Delta P/l$ — градієнт тиску по довжині труби; *r* — поточний радіус перерізу труби, тоді з (43) маємо:

$$\frac{d\vartheta}{dr} = \left(\frac{i}{2}\right)^{1/n} \cdot \left(\frac{r}{k}\right)^{\frac{1}{n}}, \ \vartheta = \vartheta_z. \quad (49а)$$

Інтегруючи (49а) на відрізку r_1 - r_2, на котрому можна вважати *n* постійною величиною, матимемо:

$$\vartheta_1 - \vartheta_2 = \left(\frac{i}{2}\right)^{1/n} \cdot \int_{r_1}^{r_2} \left(\frac{r}{K}\right)^{\frac{1}{n}} dr. \quad (49б)$$

Температурний профіль у перерізі труби при неізотермічній течії рідини теплоносія можна із достатньою степеню точності апроксимувати параболою порядку *m*:

$$T = T_0 - (T_0 - T_w)\left(\frac{r}{R}\right)^m, \quad (49в)$$

де індекси «0» та «w» показують, що параметри узяті відповідно на осі труби (|r=0|) і на її стінках (|r = R|).

З урахуванням (49в) зміна К по радіусу виражається у вигляді:

$$K = K_0 \cdot exp\left\{\bar{u}^* \Delta T \cdot \left(\frac{r}{R}\right)^m\right\}, \quad (49г)$$

де $\Delta T = T_0 - T_w$.

Підставляючи (49г) у (49б) та інтегруючи, отримаємо:

$$\vartheta_1 - \vartheta_2 = \left(\frac{i}{2K_0}\right)^{1/n} \cdot \sum_{j=0}^{\infty} \frac{\left(-\frac{\bar{u}^* \Delta T}{n \cdot R^m}\right)^j}{\left(\frac{1+n}{n} + m \cdot j\right) j!} \cdot \left\{r_2^{\left(\frac{1+n}{n} + jm\right)} - r_1^{\left(\frac{1+n}{n}\right)} + jm\right\}. \quad (49д)$$

Розбиваючи радіус труби на зони, де градієнти швидкості та температури, а відповідно і число *n*, змінюються несуттєво, можна послідовно розраховувати профіль швидкості у перерізі з урахуванням того, що на останньому відрізку біля стінки труби будемо мати при $r = R$, $v_z = 0$ (умови прилипання), тобто:

$$\vartheta = \sum_{k=1}^{1/k} \left(\frac{i}{2K_0}\right)^{1/n_k} \sum_{j=0}^{\infty} \frac{\left(-\frac{\bar{u}^*}{n_k} \cdot \frac{\Delta T}{R^m}\right)^j}{\left\{\frac{1+n_k}{n_k} + m_j\right\} \cdot j!} \cdot \left\{r_{2k}^{\left(\frac{1+n_k}{n_k} + j_m\right)} - r^{\left(\frac{1+n_k}{n_k} + j_m\right)}\right\}, \quad (50)$$

де k — поточний номер зони (рахуючи від центра труби); $\tilde{k}$ — загальне число зон; n у кожній зоні (n_k) прийняте величиною постійною; r_{2k}, r_{1k} та r - відповідно зовнішній та внутрішній радіуси зон з постійною величиною r_k, тобто у k-тій зоні та поточний радіус у k-тій зоні.

Число зон $\tilde{k}$, на яке треба ділити радіус, та їх величина визначається за реологічною характеристикою рідини теплоносія типу "τ- dv_z/dr" за формулою:

$$r = \frac{2K_0}{i} \cdot \left(\frac{\partial \vartheta_z}{\partial r}\right)^n. \tag{51}$$

Витрати теплоносія, що протікає через поперечний переріз труби, виражаються рівнянням:

$$Q = 2\pi \sum_{k=1}^{k} \left(\frac{i}{2K_0}\right)^{1/n_k} \sum_{j=0}^{\infty} \frac{\left(\frac{u^*}{n_k} \frac{\Delta T}{R^m}\right)^j}{(j!) \cdot \left(\frac{1+n_k}{n_k} + m_j\right)\left(\frac{1+3n_k}{n_k} + mj\right)} \cdot \left\{ r_{2k}^{\left[\frac{1+3n_k}{n_k} + jm\right]} \cdot \frac{\left[\frac{1+n_k}{n_k} + j_m\right]}{2\left\{\frac{1+3n_k}{n_k} + j_m\right\}} - r_{1k}^{\,2} \cdot \bar{S} \right\}, \tag{52}$$

де $\bar{S} = \dfrac{\left[\left(\frac{1+3n_k}{n_k} + j_m\right) \cdot r_{2k}^{\left(\frac{1+n_k}{n_k} + jm\right)} - 2r_{1k}^{\left(\frac{1+n_k}{n_k} + jm\right)}\right]}{\left[2\left(\frac{1+3n_k}{n_k} + m \cdot j\right)\right]}$.

Для середньої швидкості руху течії теплоносія у трубопроводі з урахуванням (52) маємо:

$$U = \frac{Q}{\pi R^2}. \tag{53}$$

У випадку, коли можна прийняти n постійним у всьому перерізі труби, з (50) при $r_{2k} = R$ профіль швидкості у перерізі буде мати вигляд:

$$\vartheta = \left(\frac{i \cdot R}{2K_0}\right) \cdot R \sum_{j=0}^{\infty} \frac{n \cdot \bar{b}^j}{(j!)} \cdot \left\{ \frac{1 - (\bar{x})^{\frac{1+n}{n} + j_m}}{1 + n + m/n} \right\}. \tag{54}$$

де $\bar{b} = -u^* \cdot \Delta T/n$, $\bar{b} = r/R$.

При цьому витрати рідини (Q) будуть дорівнювати:

$$Q = \pi R^3 \left(\frac{i \cdot R}{2K_0}\right)^{1/n} \sum_{j=0}^{\infty} \frac{n \cdot \bar{b}^j}{(1 + 3n + m \cdot j \cdot n) \cdot (j!)}, \tag{55}$$

$$\text{а } \bar{U} = U = \frac{Q}{\pi R^2} = R\left(\frac{i \cdot R}{2k_0}\right)^{1/n} \cdot \sum_{j=0}^{\infty} \frac{n \cdot \bar{b}^j}{(1 + 3n + m \cdot j \cdot n) \cdot (j!)} \tag{56}$$

За ізотермічного режиму $\bar{b}$=0, формули (54), (55) приймають вид:

$$\vartheta = R\left(\frac{i \cdot R}{2K_0}\right)^{1/n} \cdot \left(\frac{n}{1+n}\right) \cdot \left(1 - \bar{X}^{\frac{n}{1+n}}\right), \tag{57}$$

$$Q = \pi R^3 \left(\frac{i \cdot R}{2K_0}\right)^{1/n} \frac{n}{1+3n}, \tag{58}$$

Для $\bar{U}$ у цьому випадку маємо:

$$\bar{U} = U = R\left(\frac{i \cdot R}{2K_0}\right)^{1/n} \cdot \frac{n}{1+3n}. \tag{59}$$

Для ньютонівської рідини (n=1) з (54), (55) маємо звичайні формули швидкості $v_z(r)$ та витрат (Q) при ламінарному режимі течії:

$$\begin{cases} \vartheta_z(r) = R\left(\frac{i\cdot R}{2K_0}\right)^{\frac{1}{n}} \cdot \frac{n}{1+n} \cdot \left(1 - \bar{X}^{\frac{n}{1+n}}\right) = R \cdot \left(\frac{i\cdot R}{2K_0}\right) \cdot \frac{1}{2} \cdot (1 - \bar{X}^2); \\ Q = \pi R^3 \left(\frac{i\cdot R}{2K_0}\right) \cdot \frac{1}{4} = \pi \frac{R^4 \cdot i}{8K_0}; \end{cases} \quad (60)$$

Тоді для U маємо:

$$U = \frac{R^2 \cdot i}{8K_0}. \quad (61)$$

2.5. Аналіз течії теплоносія у трубопроводі для випадку ламінарної тепловіддачі (та квазіізотермічного варіанту течії) у межах моделі рідини зі структурною в'язкістю.

Нижче отримані вирази для безрозмірних критеріїв тепловіддачі структурно-в'язких рідин для умов T_w =const та q_w=const у випадку ламінарного квазіізотермічного руху течії. (Тут T_w, q_w — температура стінки трубопроводу та тепловий потік через стінку трубопроводу відповідно).

Розглянемо випадок неізотермічної течії теплоносія зі структурною в'язкістю, тобто припустимо, що перепади температур по радіусу труби такі, що теплопровідність, теплоємність та густина рідини можна вважати постійними по перерізу, а в'язкість залежною лише від дотичного напруження зсуву τ.

Рівняння енергії в усталеному вісесиметричному прямолінійному потоці для великих значень числа Пекле ($\overline{\overline{Pe}}$>10) у циліндричних координатах можна подати у вигляді:

$$W \cdot \frac{\partial T}{\partial x} = \frac{\bar{a}}{\partial r} \cdot \left(r \cdot \frac{\partial T}{\partial r}\right), \quad (62)$$

де вісь Ox паралельна осі трубопроводу, T — температура потоку, $\bar{a}$ — коефіцієнт температуропровідності, W — швидкість потоку.

Загальний вид залежності текучості від напруження зсуву φ(τ) для структурно-в'язкої рідини, реологічні характеристики котрої не залежать від часу, був запропонований у роботі [20]. Для рідини з лінійним, квадратичним і так далі законом текучості, рівняння для градієнту швидкості при τ ≈0 (умова прилипання) на стінці труби можна записати у вигляді:

$$\frac{\partial w}{\partial r} = -\varphi_0 \cdot \left[1 + \sum_{n=1}^{m} \frac{\theta^n}{\varphi_0} \tau^n\right] \cdot \tau. \quad (63)$$

Тут φ_0 — нульова текучість (текучість при τ →0), θ — коефіцієнт структурної стійкості, τ — дотичне напруження зсуву. На ділянці стабілізованої течії розподіл дотичних напружень по перерізу труби має вид:

$$\tau = \tau_w \cdot \xi, \quad \xi = r/R \quad (64)$$

тут τ_w— дотичне напруження зсуву на стінці труби. Підставляючи (64) у (63) та інтегруючи при умові $W|_{\xi=1}=0$, маємо розподіл швидкостей:

$$\vartheta_z(r) = W = \frac{R\cdot\varphi_0\cdot\tau_W}{2}\cdot\left[1-\xi^2+\sum_{n=1}^{m}\frac{2}{(n+2)}\cdot\frac{\theta^n}{\varphi_0}\cdot\tau_w^n\cdot(1-\xi^{n+2})\right]. \quad (65)$$

Вираз для відносної швидкості має вид:

$$\frac{W}{<W>} = 2\cdot\left[1-\xi^2+\sum_{n=1}^{m}\frac{2}{(n+2)}\cdot\frac{\theta^n}{\varphi_0}\cdot\tau_w^n\cdot(1-\xi^{n+2})\right]\cdot\left[1+\sum_{n=1}^{m}\frac{4}{(n+2)}\cdot\frac{\theta^n}{\varphi_0}\cdot\tau_w^n\right]^{-1}. \quad (66)$$

При цьому середня витратна швидкість потоку дорівнює:

$$<\vartheta_z>=<W>=2\int_0^1 W_\xi\cdot d_\xi = \frac{R\cdot\varphi_0\cdot\tau_W}{4}\cdot\left[1+\sum_{n=1}^{m}\frac{4}{(n+4)}\cdot\frac{\theta^n}{\varphi_0}\cdot\tau_w^n\right]. \quad (67)$$

Як правило, структурно-в'язкі середовища характеризуються незначним коефіцієнтом теплотапровідності λ, значною величиною питомої теплоємності c_p і великою кінематичною в'язкістю ν. Таким чином, для структурно-в'язких середовищ число Прандтля Pr >>1, тому можна вважати, що товщина гідродинамічного граничного прошарку у таких середовищах набагато більше теплового і процес теплообміну зосереджений у вузькій області біля стінки труби.

Якщо у вираз (66) ввести нову змінну $y = R - r$ і розглядаючи лише область біля стінки труби, будемо нехтувати відношенням y/R у степені вище першої, тоді розподіл швидкостей поблизу стінки приймає вид:

$$\vartheta_z(r) = W(r) = \frac{4<W>y}{R}\,\bar{\chi},\quad \bar{\chi} = \left(1+\sum_{n=1}^{m}\frac{\theta^n}{\varphi_0}\cdot\tau_w^n\right)\cdot\left(1+\sum_{n=1}^{m}\frac{4}{(n+4)}\cdot\frac{\theta^n}{\varphi_0}\cdot\tau_w^n\right)^{-1}. \quad (68)$$

Коефіцієнт $\bar{\chi}$ враховує структурно-в'язкі властивості середовища з лінійним (n=1), квадратичним (n=2) і так далі законами текучості. Оскільки тепловий граничний прошарок набагато менше радіусу труби (R), тоді прошарок рідини, який приймає участь у теплообміні, можна вважати плоским і рівняння (62) записуємо у виді:

$$W\cdot\frac{\partial T}{\partial x} = a\cdot\frac{\partial^2 T}{\partial y^2}. \quad (69)$$

Розглянемо розв'язки (69) для різних випадків.

А. Розв'язок для випадку T_w = const. Введемо безрозмірні величини:

$$\Theta = \frac{T_W - T}{T_W - T_0},\quad X = \frac{x}{D},\ Y = \frac{y}{D},\quad \bar{P} = \frac{D\cdot<W>}{a},\quad D = 2R \quad (70)$$

тут T_0— температура рідини на границі теплового граничного прошарку, рівна температурі рідини на вході в трубу. Тоді рівняння (69) приймає вид:

$$8\cdot\bar{\chi}\cdot Y\cdot\bar{P}\cdot\frac{\partial\theta}{\partial x} = a\cdot\frac{\partial^2\theta}{\partial Y^2}. \quad (71)$$

Вводячи нову безрозмірну змінну:

$$\bar{\eta} = Y\cdot\left(\frac{X}{\bar{\chi}\cdot\bar{P}}\right)^{-1/3}. \quad (72)$$

З рівняння (71) отримаємо звичайне диференціальне рівняння:

$$\frac{\partial^2\theta}{\partial\bar{\eta}^2}+\frac{8}{3}\cdot\bar{\eta}^2\cdot\frac{\partial\theta}{\partial\bar{\eta}}=0 \qquad (73)$$

Розв'язок (73) при граничних умовах:

$$\Theta=0 \text{ при } Y=0, \quad \Theta=1 \text{ при } X=0 \qquad (74)$$

має вид:

$$\Theta=\int_0^{\bar{\eta}}\exp(-\frac{8}{9}\bar{\bar{\eta}}^3)\partial\bar{\bar{\eta}}\cdot\left[\int_0^{\infty}\exp(-\frac{8}{9}\bar{\bar{\eta}}^3)\partial\bar{\bar{\eta}}^3\right]^{-1}. \qquad (75)$$

Значення критерію Нуссельта визначається формулою:

$$Nu_x=\frac{D}{T_W-T_0}\cdot(\frac{\partial T}{\partial y})\Big|_{y=0}. \qquad (76)$$

Підставляючи у (76) вираз $\partial T/\partial y$ при y=0 з (75) маємо:

$$N_x=1{,}07(\bar{\chi}\cdot\bar{P}\cdot\frac{D}{x})^{1/3} \qquad (77)$$

і середнє значення критерію Нуссельта на довжині L:

$$<Nu>=1{,}62\cdot(\bar{\chi}\cdot\bar{P}\cdot\frac{D}{x})^{1/3}. \qquad (78)$$

Для оцінки зміни товщини теплового граничного прошарку δ_T маємо:

$$\delta_T\sim\frac{\lambda(T_W-T_0)}{q_{(x)}}\sim(\frac{R^2\cdot x}{\bar{\chi}\cdot\tilde{P}})^{1/3}. \qquad .(79)$$

Для структурно-в'язких рідин, у яких $\bar{\chi}$ >1, нарощування теплотавого граничного прошарку відбувається повільніше, ніж у звичайних рідин ($\bar{\chi}$=1) за одного і того ж значення критерію Пекле. Тому довжина ділянки труби L_0, на якій δ_T досягає значення радіусу (R), буде дещо більшою, тобто $L_0\sim\bar{\chi}\cdot R\cdot\tilde{P}$.

Оскільки для рідини зі структурною в'язкістю у більшості практичних випадків добуток $\bar{\chi}\cdot\tilde{P}$ є великим, тоді уся труба буде зайнята вхідною областю, у котрій справедливим є прийняте припущення $\delta_T \ll R$.

В. Розв'язок для випадку q_w = const. Диференціюючи рівняння (71) по Y маємо:

$$8\cdot\bar{\chi}\cdot\bar{P}\cdot\frac{\partial^2\theta}{\partial Y\partial X}=\frac{\partial}{\partial Y}\left(\frac{1}{Y}\cdot\frac{\partial^2\theta}{\partial Y^2}\right). \qquad (80)$$

Вводячи у рівняння (80) відношення густини теплового потоку:

$$\bar{Q}=\frac{\partial\theta}{\partial Y}\cdot\left(\frac{\partial\theta}{\partial Y}\right)^{-1}\Big|_{Y=0}. \qquad (81)$$

а також вводячи заміну змінних по (72) отримаємо:

$$\frac{d^2\bar{Q}}{d\bar{\eta}^2}+\frac{(8\cdot\bar{\eta}^3-3)}{3\bar{\eta}}\cdot\frac{dQ}{\partial\bar{\eta}}=0. \qquad (82)$$

Розв'язок цього рівняння за граничних умов: $\bar{Q}$=1 при Y=0, $\bar{Q}$=1 при X=0, має вид:

$$\bar{Q} = \int_{\bar{\eta}}^{\infty} \bar{\bar{\eta}} \cdot exp(-\frac{8}{9}\bar{\bar{\eta}}^3)\partial\bar{\bar{\eta}}\left[\int_{\bar{\eta}}^{\infty} \bar{\bar{\eta}} \cdot \exp(-\frac{8}{9}\bar{\bar{\eta}}^3)\partial\bar{\bar{\eta}}\right]^{-1} . \quad (83)$$

Підставляючи (83) у (81) та інтегруючи отримаємо розподіл температур:

$$\Theta = (\frac{X}{\bar{\chi}\cdot\tilde{P}})^{1/3} \cdot \left\{\bar{\eta} \cdot \left[1 - \frac{\Gamma(2/3\cdot\bar{\eta})}{\Gamma(2/3)}\right] + \frac{exp(-\frac{8}{9}\bar{\eta}^3)}{(\frac{8}{9})^{1/3}\cdot\Gamma(2/3)}\right\}, \quad (84)$$

а також локальне значення критерію Нуссельта:

$$Nu_x = 1{,}29(\bar{\chi} \cdot \tilde{P} \cdot \frac{D}{x})^{1/3}. \quad (85)$$

У (84) Г(z) - гамма-функція свого аргументу. Середнє значення числа Нуссельта на довжині L дорівнює:

$$< Nu >= 1{,}93(\bar{\chi} \cdot \tilde{P} \cdot \frac{D}{L})^{1/3}. \quad (86)$$

Таким чином, розрахунки показують, що відношення коефіцієнтів тепловіддачі рідин зі структурною в'язкістю до коефіцієнтів тепловіддачі звичайних ньютонівських рідин при однакових значеннях $\tilde{P}\cdot D/L$ і при граничних умовах як першого T_w = const, так і другого q_w = const роду буде:

$$Nu/Nu_0 = (\bar{\chi})^{1/3} \quad (87)$$

Величина $\bar{\chi}$, яку розраховують для ряду структурно-в'язких рідин не перевищувала значення 1,3. Тому слід чекати, що і значення критеріїв Нуссельта для таких середовищ в умовах квазіізотермічної течії будуть відрізнятись від їх значень для звичайних рідин ньютонівського типу не більше ніж на $\Delta = (Nu - Nu_0)/Nu_0 = Nu/Nu_0 - 1$, або:

$$\Delta, \% = \left(\frac{Nu}{Nu_0} - 1\right) \cdot 100\% = \left[(\bar{\chi})^{\frac{1}{3}} - 1\right] \cdot 100\% \approx 9\% \quad (89)$$

У таблиці 1 наведені значення N/N_0 для різних $\bar{\chi}$ та відповідні їм Δ, %.

Таблиця 1.

Значення критерію Nu/Nu_0; Δ, % для різних $\bar{\chi}$.

$\bar{\chi}$	Nu/Nu_0	Δ, %
1,5	1,145	14,5
2,0	1,260	26,0
3,0	1,442	44,2
5,0	1,710	71,0
7,0	1,913	91,3
10,0	2,154	115,4
20,0	2,714	171,4

Аналіз результатів, поданих в таблиці 1, показує, що суттєві відмінності (Nu/Nu_0) та Δ, % наступають для рідин зі структурною в'язкістю, в яких коефіцієнт $\bar{\chi}$, котрий враховує структурно-в'язкі властивості середовища з

нелінійними законами текучості, перевищує 3,0 бо при $\overline{\chi}$> 3,0, Nu/Nu_0 = 1,442... 2,714, Δ = (44,2…171,4)%. При цьому $\overline{\chi}$ ∈ [3,0; 20,0]. Тому у якості теплоносія, який переносить теплоту у трубопроводі, слід обирати нелінійно-в'язкі рідини саме з $\overline{\chi}$≥ 3,0, що суттєво підвищить тепловіддачу від ґрунтового оточуючого трубопровід середовища (більш ніж на від 44 до 172 %).

3.Енергетична ефективність застосування трубчастих теплообмінних апаратів для високов'язких рідин неньютонівського типу (неньютонівських за своєю реологічною моделлю).

Енергетична оцінка базується на співвідношеннях, які характеризують ряд дисипації енергії при змінних властивостях. Визначальним у даному випадку є напрям теплового потоку. При нагріванні теплоносія у трубопроводі виділення теплоти дає позитивний ефект: підвищуються числа Нуссельта (локальне - Nu та середнє $\overline{\mathrm{Nu}}$) при неізотермічному процесі та наявній дисипації енергії (умовно середнє число Нуссельта при наявності дисипації енергії ($\overline{\mathrm{W}} \neq 0$) та неізотермічності процесу передачі теплоти через стінку трубопроводу теплоносію з боку ґрунтового середовища позначимо $\overline{\mathrm{Nu}}^{nis}_{\overline{\mathrm{W}} \neq 0}$) і зменшується середній коефіцієнт гідравлічного опору рухові теплоносія у трубопроводі $\overline{\mathrm{C}}^{nis}_{\mathrm{f}\overline{\mathrm{W}} \neq 0}$). При охолодженні цей ефект виявляється негативним (тобто коли трубопровід з теплоносієм нагріває ґрунтове оточуюче середовище), бо числа $\overline{\mathrm{Nu}}^{nis}_{\overline{\mathrm{W}} \neq 0}$ зменшуються більше, ніж зменшуються $\overline{\mathrm{C}}^{nis}_{\mathrm{f}\overline{\mathrm{W}} \neq 0}$ рис. 2, що випливає з аналізу процесів передачі/переносу теплоти ненютонівськими теплоносіями у трубопроводі (реологічні моделі таких рідин-теплоносіїв були розглянуті вище у пункті п.2). Аналогічні міркування висловлюють і автори [36], які розглядають течію та теплообмін неньютонівської рідини у трубах, що описується реологічною моделлю Балклі-Гершеля.

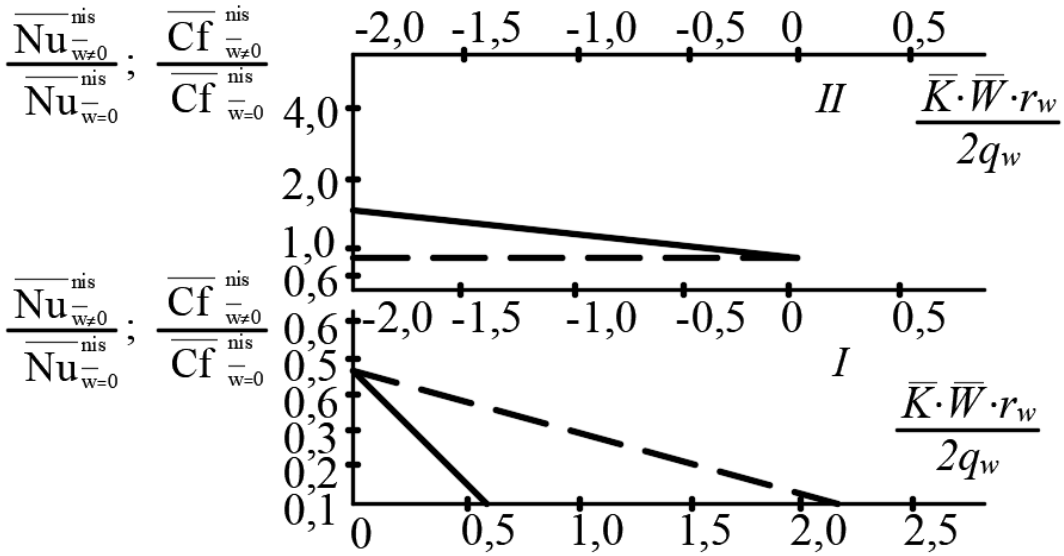


Рис. 2. Вплив теплоти тертя (дисипації енергії) на числа Нуссельта (суцільні криві) та коефіцієнти гідравлічного опору $\overline{C}_{f\overline{W}\neq 0}^{nis}$ (штрихові криві) при T_w = const (граничні умови першого роду) для неньютонівських рідин: I — охолодження; II — нагрівання. $\overline{W}r_w$ — середня величина енергії дисипації (викликана тертям прошарків рідини теплоносія між собою) при контакті рідини зі стінками трубопроводу, $\overline{K}$ — коефіцієнт, який є функцією числа Пекле, діаметру трубопроводу та його довжини, тобто $\overline{K}$ = (Pe, D, L), $\overline{W}$ — середня густина внутрішніх джерел теплоти в одиниці об'єму.

Задля кількісної оцінки слід ввести параметр k_Q, який дорівнює відношенню кількості переданої теплоти до витраченої на це енергії. Саме такий параметр, але дещо у модифікованому вигляді, використаний авторами робіт [22-25] для порівняльних оцінок різних поверхонь теплообміну. Головна перевага цього коефіцієнту полягає у тому, що він характеризує теплообмінний апарат за його безпосереднім технологічним призначенням: передавати теплоту з мінімально можливими витратами енергії. Цей коефіцієнт k_Q можна легко привести до зручного для аналізу виду, якщо використати підхід роботи [21]:

$$k_Q = \frac{Pe \cdot \frac{D}{L}(1-\bar{\theta})}{32\left(\frac{\bar{c}_f^{nis}}{c_{fo}^{is}}\right) Br_0^*} \tag{89}$$

де Pe — число Пекле, D — діаметр, L — довжина трубопроводу, $\overline{C}_f^{nis}$ — середнє значення коефіцієнта гідравлічного опору при неізотермічній течії, $\overline{C}_{f_0}^{nis}$ — коефіцієнт гідравлічного опору при ізотермічній течії на вході теплоносія. Br_0* — число Брінкмана, яке знаходять за параметрами на вході теплоносія у трубопровід $Br_0^* = \mu_0^* \cdot \overline{U}^2/\lambda \cdot (T_0 - T_w)$,

де μ_0* — псевдоньютонівська в'язкість теплоносія на вході у трубопровід, $\bar{U}$— середня швидкість течії по круговому перерізу трубопровода, λ — коефіцієнт теплопровідності, T_0 — температура на вході у трубопровід, T_w — температура на стінках трубопроводу, $\bar{\theta} = \frac{T - T_w}{T_0 - T_w}$ — середня масова температура (безрозмірна величина).

З (89) зрозуміло, що при $\bar{\theta}$ >1, k_Q < 0, тобто при охолодженні стінки трубопроводу рідина нагрівається і, відповідно, реалізація процесу у заданому напрямку неможлива. При k_Q < 1 цей процес енергетично невигідний, оскільки витрати енергії більше кількості теплоти, яка передається.

Результати визначення k_Q за формулою (89) дають наочне уявлення про роль напрямку теплового потоку, а також неньютонівських властивостей теплоносія: пластичності та нелінійності кривої течії (рис.3).

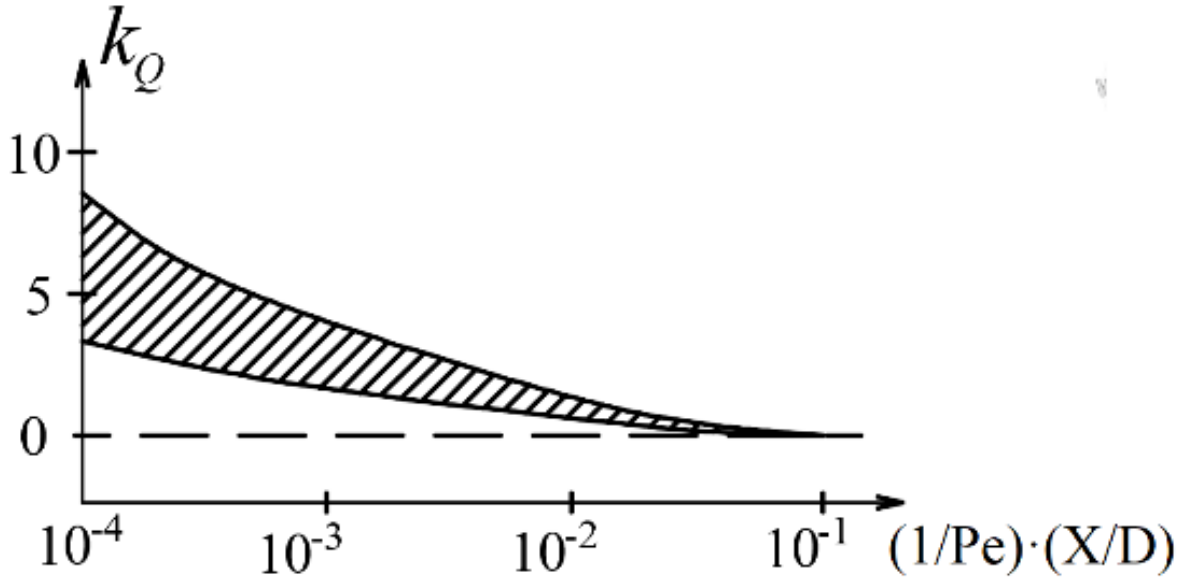


Рис. 3. Залежність k_Q від довжини труби для умов теплообміну (граничних умов першого роду T_w = const) при нагріванні теплоносія.

При Br_0* ≈ 0,5 й зазвичай реалізованих на практиці швидкостях течії теплоносія та діаметрах труб криві залежності $k_Q = f((1/Pe)\cdot(X/D))$ лежать у діапазоні, який на рис. 2 заштрихований. Тобто параметр (1/Pe)·(X/D), де X — довжина трубопроводу у поздовжньому, вздовж його осі, напрямку — набуває значень від 10^{-4} до 10^{-2}, а k_Q при цьому змінюється від 3…8 до 0. (При цьому μ_{eff} ≈10 Па·с при числі Прандтля Pr≈10^5).

Слід зазначити, що при нагріванні теплоносія у трубопроводі трубчасті апарати є доволі ефективними. Обмеження щодо їх використання пов’язано в основному з підвищеною адгезією теплоносія до теплообмінних поверхонь.

Висновки:

1. Побудована функція Гріна та знайдені розв’язки тривимірного конвективного хвильового рівняння в аналітичному вигляді для прямого каналу

ґрунтового теплообмінника, причому врахований ефект внутрішньої течії теплоносія. Результати отримані для різних граничних умов.

2. Проведений всебічний аналіз впливу параметрів реологічної моделі рідини теплоносія, який протікає у ґрунтовому теплообміннику, на осереднене значення швидкості течії $\vec{v}$. У якості реологічних моделей рідини використовувались модель Шведова-Бінгама, модель Освальда-де-Віля, модель Елліса, модель рідини зі структурною в'язкістю. При цьому встановлені значення коефіцієнта Нуссельта, який характеризує процес переносу теплоти носієм у трубопроводі, стінки котрого стикаються з ґрунтовим середовищем, котрому віддає свою теплоту.

3. Визначені критерії енергетичної ефективності застосування трубчастих теплообмінних апаратів для високов'язких рідин неньютонівського типу.

4. Наведені практичні рекомендації щодо ефективного використання у трубчастих теплообмінних апаратах трубчастих елементів певної довжини, діаметру поперечного перерізу та числа Пекле.

Бібліографічний список:

1. Забарний Г.М. *Сезонне акумулювання теплоти в підземних акумуляторах: навч. посіб.* Київ: ВІОЛ-ПРИНТ. 2009. 150 с.

2. Шевчук В.Я., Бічивський Г.О., Сатолкін Ю.М., Навроцький В.М. *Екологізація енергетики: Навч. пос.* Київ: Вища освіта. 2002. 200 с.

3. Сиротюк М.І. *Поновлювані джерела енергії: навч. посіб.* / за ред. С. І. Кукурудза. Львів: ВЦ ЛНУ ім. І.Франка. 2008. 180 с.

4. Величко С.А. Природно-ресурсне забезпечення гібридних геліо-вітроенергетичних систем (в межах рівнинної території України): дис. канд. геогр. наук: 11.00.11. Харків: Харківський національний ун-т ім. В.Н.Каразіна. 2006.

5. Eskilson P. *Thermal analysis heat extraction boreholes: Ph. D. Thesis. Lund.* 1987.

6. Diersch H.-J. G. et al. Numerical Modeling of Solar Heat Storage Using Large Arrays of Borehole Heat Exchangers. Proceedings World Geothermal Congress 2010, Bali, Indonesia, 25-29 April 2010. 2010. https://www.geothermal-energy.org/pdf/IGAstandard/WGC/2010/3701.pdf (дата звернення: 28.05.2025).

7. Lang S., Bestenlehner D., Marx R., Drück H. Thermal insulation of an ultra-high temperature thermal energy store for concentrated solar power. AIP Conference Proceedings. 2018. 2033 1, Art. Nr. 1. https://aip.scitation.org/doi/abs/10.1063/1.5067114.

8. Любарець О.П., Москвітіна А.С. Аналіз конструкцій сезонних теплоакумуляторів для забезпечення систем гарячого водопостачання та опалення в котеджному будівництві. *Вентиляція, освітлення та теплогазопостачання: Наук.-техн. збірник*. 2015. 18, 61–69.

9. Любарець О.П., Москвітіна А.С. Порівняння конструкцій теплових акумуляторів з твердим теплоакумулюючим матеріалом та комбінованим теплоакумулюючим матеріалом. *Вентиляція, освітлення та теплогазопостачання: Наук.-техн. збірник.* 2016. 19, 101–111.

10. Човнюк Ю., Чередніченко П., Москвітіна А. АНАЛІЗ НАГРІВУ ПРОПІЛЕНГЛІКОЛЮ/ЕТИЛЕНГЛІКОЛЮ У ЦИЛІНДРИЧНОМУ КАНАЛІ СОНЯЧНОГО ТЕПЛОВОГО КОЛЕКТОРУ. *Містобудування та територіальне планування*. 2024. 86, 370–387. https://doi.org/10.32347/2076-815x.2024.86.370-387.

11. Москвітіна А.С. Розрахунок оптимальної товщини теплової ізоляції сезонного акумулятора теплоти. *Містобудування та територіальне планування*. 2018. 67, 298–307.

12. Любарець О.П., Москвітіна А.С. Техніко-економічне обґрунтування використання теплоакумулюючих матеріалів для систем міжсезонного сонячного теплопостачання. *Вентиляція, освітлення та теплогазопостачання: Наук.-техн. збірник.* 2014. 17, 115–119.

13. Любарець О.П., Москвітіна А.С. Вибір форми і розрахунок об’єму сезонного акумулятора теплоти. *Вентиляція, освітлення та теплогазопостачання: Наук.-техн. збірник.* 2016. 20, 24–38.

14. Москвітіна А. Аналітична модель системи теплопостачання з геліоколекторами та акумулятором теплоти. *Молодий вчений.* 2020. 3 79, 193–198.

15. Жітаренко В.М. *Відновлювані і вторинні джерела енергії.* Маріуполь: ПДТУ. 2006. 160 с.

16. Колобков П.С. *Використання теплових вторинних енергоресурсів в теплопостачанні.* Харків: Основа. 1991. 120 с.

17. Човнюк Ю., Москвітіна А., Пефтєва І. Вдосконалення методів структурно-параметричної оптимізації в аналізі ґрунтових акумуляторів теплоти. *Вентиляція, освітлення та теплогазопостачання.* 2022. 42, 38–47. https://doi.org/10.32347/2409-2606.2022.42.38-47.

18. Chovniuk Y., Moskvitina A., Rybachov S., Zinych P. Nonisothermal flow of nanofluid in ground heat accumulator for decentralized heat supply of rural facilities for various purposes. 23rd International Scientific Conference “Engineering for Rural Development”: proceedings: [Jelgava, Latvia], May 22-24, 2024. 2024. 23, 623–629.

19. Brovatets O., Chovniuk Y., Moskvitina A. Rheodynamics non-viscous medium in long (cylindrical) pipes: using the Ostwald-De Ville model. *ECONTECHMOD: An International Quarterly Journal on Economics of Technology and Modelling Processes.* 2020. 9.

20. Shenoy A.V. *Heat Transfer to Non-Newtonian Fluids: Fundamentals and Analytical Expressions. John Wiley & Sons.* 2018. 308.

21. Chhabra R.P., Richardson J.F. *Non-Newtonian Flow and Applied Rheology: Engineering Applications (2nd ed.).* Butterworth-Heinemann. 2008. 536.

22. Chhabra R.P., Patel S.A. *Bubbles, Drops, and Particles in Non-Newtonian Fluids (3rd ed.).* CRC Press. 2017. 733.

23. Non-Newtonian Fluid Heat Transfer. Thermopedia. n.d. https://www.thermopedia.com/content/1169/ (дата звернення: 28.05.2025).

24. Khan S.U., Ali R., Sheikh N.A., Iqbal A. A Comprehensive Review of Non-Newtonian Nanofluid Heat Transfer. *Materials.* 2024. 17 5, 1121. https://doi.org/10.3390/ma17051121.

25. Akbar K., Usman M., Ashraf S. Heat transfer investigation of non-Newtonian fluid flow in an annular pipe embedded with porous discs. *Journal of Thermal Engineering.* 2023. 9 3, 254–268. https://doi.org/10.18186/jte.1278152.

26. Applied Sciences. Special Issue: Advances in Heat Transfer of Non-Newtonian Fluids. MDPI. 2023. https://www.mdpi.com/journal/applsci/special_issues/4B7J3Y4P5F.

27. Fluids. Special Issue: Advances in Computational Mechanics of Non-Newtonian Fluids. MDPI. 2024. https://www.mdpi.com/journal/fluids/special_issues/93Y98436X6.

28. Trowbridge E.A., Karran I.H. Adiscussion of critical parameters which can occur in frictionally heated non-newtonian fluid flows. *Int. J. Heat and Mass Transfer.* 1973. 16 10, 1833–1848.

29. Thompson J.F., Thames F.C., Mastin C.W. Antomatic numerical generation of body-fittes curvilinear coordinate system for field containing any number of frbitrary two-dimensional bodies. *J. Comput. Phys.* 1974. 15 3, 299–319.

30. Thompson J.F., Thames F.C., Mastin C.W. TOMCAT – a code for numerical generation of boundary-fitted curvilinear coordinate systems of fields containing any number of arbitrary two-dimeusional bodies. *J. Comput. Phys.* 1977. 24 3, 274–302.

31. Javeri V. Simultaneous development of the laminar velocity and temperature fields in a circular duct for the temperature boundary condition of the third kind. *Int. J. Heat and Mass Transfer.* 1976. 19 8, 943–949.

32. Askey R.A. *Graphs as an aid to understanding special functions. Asymptotic and Computational Analysis.* CRC Press. 2020. 352.

33. Bellman R. *Introduction to the mathematical theory of control processes: Linear equations and quadratic criteria.* Elsevier. 2016. 264.

34. Jeffreys H., *Jeffreys B.S. Methods of mathematical physics.* Cambridge university press. 1999. 718.

35. Courant R., Hilbert D. *Methods of mathematical physics: partial differential equations.* John Wiley & Sons. 2008. 560.

36. Bickley W.G. *Bessel functions and formula.* Cambridge: Cambridge univ. press. 1953. 178.

37. Bowman F. *Introduction to Bessel functions*. Courier Corporation. 2012. 148.

38. Wyld H.W., Powell G. *Mathematical methods for physics.* CRC Press. 2020. 296.

39. Bateman H., Erdélyi A. *Higher transcendental functions, volume II.* (Bateman Manuscript Project). Mc Graw-Hill Book Company. 1953. 396.

40. Zwillinger D., Jeffrey A. (Ред.). *Table of integrals, series, and products.* Elsevier. 2007. 1200.

41. Dwight H.B. *Tables of Integrals and Other Mathematical Data* (4th ed.). New York: MacMillan. 1961. 336.

42. Abramowitz M., Stegun I.A. (Ред.). *Handbook of mathematical functions with formulas, graphs, and mathematical tables* (Vol. 55). US Government printing office. 1968. 1046.

43. Andrews G.E., Askey R., Roy R. *Special functions.* Vol. 71. Cambridge: Cambridge university press. 1999. 664.

44. Temme N.M. *Special functions: An introduction to the classical functions of mathematical physics.* John Wiley & Sons. 1996. 392.

45. Luke Y.L. *Mathematical functions and their approximations.* Academic Press. 2014. 592.

46. Hochstadt H. *The functions of mathematical physics.* Courier Corporation. 2012. 352.

47. National Research *Council. Polymer Science and Engineering: The Shifting Research Frontiers.* Washington, DC: The National Academies Press. 1994. 192. https://doi.org/10.17226/2307.

48. Chhabra R.P., Singh P. *Transport Phenomena in Multiphase Systems.* CRC Press. 2020. 450 p.

49. Wang C. *Heat Transfer and Fluid Flow in Microchannels and Nanofluid Flow. Springer.* 2019. 280 p.

50. Bhattacharyya S., Pop I. Boundary Layer Flow and Heat Transfer of Non-Newtonian Fluids over a Stretching Sheet. *Journal of Applied Fluid Mechanics*. 2021. 14 3, 963–975. https://doi.org/10.47176/jafm.14.03.32832.

PhD, associate professor **Chovniuk Yuriy,**
Associate Professor **Cherednichenko Petro,**
PhD, Associate Professor **Moskvitina Anna,**
PhD, Associate Professor **Rybachov Serhii,**
PhD, Associate Professor **Vasylieva Hanna,**
Kyiv National University of Construction and Architecture

ENERGY-EFFICIENT HEAT TRANSFER PROCESSES IN NONLINEAR STRUCTURED FLUIDS OF GROUND-SOURCE HEAT EXCHANGERS DURING THE OPERATION OF HEAT PUMP HEATING SYSTEMS

This study addresses the critical challenge of optimizing thermal energy exchange within ground-source heat pump systems by employing advanced mathematical modeling of thermoacoustic processes. Central to the research is the application of the Green's function method to solve the three-dimensional convective wave equation. This approach specifically targets straight channels of ground heat exchangers with arbitrary but constant cross-sectional geometries. By treating the heat carrier flow as a medium for thermoacoustic wave propagation, the model accounts for various boundary conditions, including acoustically rigid, soft, or mixed-property channel walls.

The analytical framework represents the Green's function through a series of acoustic modes, where each component is a superposition of forward and backward waves. These waves originate from a point impulse source and propagate relative to the uniform averaged flow of a nonlinear structured heat carrier. A significant finding of the mathematical derivation is that the symmetry of the Green's function is intrinsically linked to the flow velocity; in a stationary medium, symmetry is maintained, whereas active flow introduces specific directional shifts. Furthermore, the study utilizes a specialized transformation to reduce the one-dimensional convective Klein-Gordon equation to its classical form, facilitating a more streamlined solution process.

From a rheological perspective, the paper investigates the integration of nonlinear viscoplastic fluid models—combining anomalous viscosity and plasticity—directly into momentum and energy transport equations. Practical applications focus on high-viscosity heat transfer fluids, such as propylene glycol-based nanofluids. The research quantifies the impact of structural nonlinearity on the Nusselt number, demonstrating how these complex fluids enhance heat transfer efficiency. The findings provide a robust theoretical foundation for designing energy-saving climate control systems, particularly for large-scale infrastructure such as indoor sports facilities, where thermal stability and operational cost-effectiveness are paramount.

Keywords: heating system; heat pumps; energy efficiency; microclimate; ground heat accumulators; heat and mass transfer; nonlinear structured fluids; Green's function; hyperbolic thermal conductivity.

REFRENCE:

1. Zabarnyi H.M. Sezonne akumuliuvannia teploty v pidzemnykh akumuliatorakh: navch. posib. Kyiv: VIOL-PRYNT. 2009. 150 p. {in Ukrainian}
2. Shevchuk V.Ya., Bichivskyi H.O., Satolkin Yu.M., Navrotskyi V.M. Ekolohizatsiia enerhetyky: Navch. pos. Kyiv: Vyshcha osvita. 2002. 200 p. {in Ukrainian}
3. Syrotiuk M.I. Ponovliuvani dzherela enerhii: navch. posib. / za red. S. I. Kukurudza. Lviv: VTs LNU im. I.Franka. 2008. 180 p. {in Ukrainian}
4. Velychko S.A. Pryrodno-resursne zabezpechennia hibrydnykh helio-vitroenerhetychnykh system (v mezhakh rivnynnoi terytorii Ukrainy): dys. kand. heohr. nauk: 11.00.11. Kharkiv: Kharkivskyi natsionalnyi un-t im. V.N.Karazina. 2006. {in Ukrainian}
5. Eskilson P. Thermal analysis heat extraction boreholes: Ph. D. Thesis. Lund. 1987. {in English}
6. Diersch H.-J. G. et al. Numerical Modeling of Solar Heat Storage Using Large Arrays of Borehole Heat Exchangers. Proceedings World Geothermal Congress 2010, Bali, Indonesia, 25-29 April 2010. 2010. https://www.geothermal-energy.org/pdf/IGAstandard/WGC/2010/3701.pdf (accessed: 28.04.2026). {in English}
7. Lang S., Bestenlehner D., Marx R., Drück H. Thermal insulation of an ultra-high temperature thermal energy store for concentrated solar power. AIP Conference Proceedings. 2018. 2033 1, Art. Nr. 1. https://aip.scitation.org/doi/abs/10.1063/1.5067114. {in English}
8. Liubarets O.P., Moskvitina A.S. Analiz konstruktsii sezonnykh teploakumuliatoriv dlia zabezpechennia system hariachoho vodopostachannia ta opalenniia v kotedzhnomu budivnytstvi. Ventyliatsiia, osvitlennia ta teplohazopostachannia: Nauk.-tekhn. zbirnyk. 2015. 18, 61–69. {in Ukrainian}
9. Liubarets O.P., Moskvitina A.S. Porivniannia konstruktsii teplovykh akumuliatoriv z tverdym teploakumuliuiuchym materialom ta kombinovanym teploakumuliuiuchym materialom. Ventyliatsiia, osvitlennia ta teplohazopostachannia: Nauk.-tekhn. zbirnyk. 2016. 19, 101–111. {in Ukrainian}
10. Chovniuk Yu., Cherednichenko P., Moskvitina A. ANALIZ NAHRIVU PROPILENHLIKOLIU/ETYKENHLIKOLIU U TSYLINDRYCHNOMU KANALI SONIACHNOHO TEPLOVOHO KOLEKTORU. Mistobuduvannia ta terytorialne

planuvannia. 2024. 86, 370–387. https://doi.org/10.32347/2076-815x.2024.86.370-387. {in Ukrainian}

11. Moskvitina A.S. Rozrakhunok optymalnoi tovshchyny teplovoi izoliatsii sezonnoho akumuliatora teploty. Mistobuduvannia ta terytorialne planuvannia. 2018. 67, 298–307. {in Ukrainian}

12. Liubarets O.P., Moskvitina A.S. Tekhniko-ekonomichne obgruntuvannia vykorystannia teploakumuliuiuchykh materialiv dlia system mizhsezonnoho soniachnoho teplopostachannia. Ventyliatsiia, osvitlennia ta teplohazopostachannia: Nauk.-tekhn. zbirnyk. 2014. 17, 115–119. {in Ukrainian}

13. Liubarets O.P., Moskvitina A.S. Vybir formy i rozrakhunok ob'iemu sezonnoho akumuliatora teploty. Ventyliatsiia, osvitlennia ta teplohazopostachannia: Nauk.-tekhn. zbirnyk. 2016. 20, 24–38. {in Ukrainian}

14. Moskvitina A. Analitychna model systemy teplopostachannia z heliokolektoramy ta akumuliatorom teploty. Molodyi vchenyi. 2020. 3 79, 193–198. {in Ukrainian}

15. Zhitarenko V.M. Vidnovliuvani i vtorinni dzherela enerhii. Mariupol: PDTU. 2006. 160 p. {in Ukrainian}

16. Kolobkov P.S. Vykorystannia teplovykh vtorynnykh enerhoresursiv v teplopostachanni. Kharkiv: Osnova. 1991. 120 p. {in Ukrainian}

17. Chovniuk Yu., Moskvitina A., Pefteva I. Vdoskonalennia metodiv strukturno-parametrychnoi optymizatsii v analizi gruntovykh akumuliatoriv teploty. Ventyliatsiia, osvitlennia ta teplohazopostachannia. 2022. 42, 38–47. https://doi.org/10.32347/2409-2606.2022.42.38-47. {in Ukrainian}

18. Chovniuk Y., Moskvitina A., Rybachov S., Zinych P. Nonisothermal flow of nanofluid in ground heat accumulator for decentralized heat supply of rural facilities for various purposes. 23rd International Scientific Conference "Engineering for Rural Development": proceedings: [Jelgava, Latvia], May 22-24, 2024. 2024. 23, 623–629. {in English}

19. Brovatets O., Chovniuk Y., Moskvitina A. Rheodynamics non-viscous medium in long (cylindrical) pipes: using the Ostwald-De Ville model. ECONTECHMOD: An International Quarterly Journal on Economics of Technology and Modelling Processes. 2020. 9. {in English}

20. Shenoy A.V. Heat Transfer to Non-Newtonian Fluids: Fundamentals and Analytical Expressions. John Wiley & Sons. 2018. 308 p. {in English}

21. Chhabra R.P., Richardson J.F. Non-Newtonian Flow and Applied Rheology: Engineering Applications (2nd ed.). Butterworth-Heinemann. 2008. 536 p. {in English}

22. Chhabra R.P., Patel S.A. Bubbles, Drops, and Particles in Non-Newtonian Fluids (3rd ed.). CRC Press. 2017. 733 p. {in English}

23. Non-Newtonian Fluid Heat Transfer. Thermopedia. n.d. https://www.thermopedia.com/content/1169/ (accessed: 28.04.2026). {in English}

24. Khan S.U., Ali R., Sheikh N.A., Iqbal A. A Comprehensive Review of Non-Newtonian Nanofluid Heat Transfer. Materials. 2024. 17 5, 1121. https://doi.org/10.3390/ma17051121. {in English}

25. Akbar K., Usman M., Ashraf S. Heat transfer investigation of non-Newtonian fluid flow in an annular pipe embedded with porous discs. Journal of Thermal Engineering. 2023. 9 3, 254–268. https://doi.org/10.18186/jte.1278152. {in English}

26. Applied Sciences. Special Issue: Advances in Heat Transfer of Non-Newtonian Fluids. MDPI. 2023. https://www.mdpi.com/journal/applsci/special_issues/4B7J3Y4P5F. {in English}

27. Fluids. Special Issue: Advances in Computational Mechanics of Non-Newtonian Fluids. MDPI. 2024. https://www.mdpi.com/journal/fluids/special_issues/93Y98436X6. {in English}

28. Trowbridge E.A., Karran I.H. A discussion of critical parameters which can occur in frictionally heated non-newtonian fluid flows. Int. J. Heat and Mass Transfer. 1973. 16 10, 1833–1848. {in English}

29. Thompson J.F., Thames F.C., Mastin C.W. Automatic numerical generation of body-fitted curvilinear coordinate system for field containing any number of arbitrary two-dimensional bodies. J. Comput. Phys. 1974. 15 3, 299–319. {in English}

30. Thompson J.F., Thames F.C., Mastin C.W. TOMCAT – a code for numerical generation of boundary-fitted curvilinear coordinate systems of fields containing any number of arbitrary two-dimensional bodies. J. Comput. Phys. 1977. 24 3, 274–302.

31. Javeri V. Simultaneous development of the laminar velocity and temperature fields in a circular duct for the temperature boundary condition of the third kind. Int. J. Heat and Mass Transfer. 1976. 19 8, 943–949. {in English}

32. Askey R.A. Graphs as an aid to understanding special functions. Asymptotic and Computational Analysis. CRC Press. 2020. 352 p. {in English}

33. Bellman R. Introduction to the mathematical theory of control processes: Linear equations and quadratic criteria. Elsevier. 2016. 264 p. {in English}

34. Jeffreys H., Jeffreys B.S. Methods of mathematical physics. Cambridge university press. 1999. 718 p. {in English}

35. Courant R., Hilbert D. Methods of mathematical physics: partial differential equations. John Wiley & Sons. 2008. 560 p. {in English}

36. Bickley W.G. Bessel functions and formula. Cambridge: Cambridge univ. press. 1953. 178 p. {in English}

37. Bowman F. Introduction to Bessel functions. Courier Corporation. 2012. 148 p. {in English}

38. Wyld H.W., Powell G. Mathematical methods for physics. CRC Press. 2020. 296 p. {in English}

39. Bateman H., Erdélyi A. Higher transcendental functions, volume II. (Bateman Manuscript Project). Mc Graw-Hill Book Company. 1953. 396 p. {in English}

40. Zwillinger D., Jeffrey A. (Eds.). Table of integrals, series, and products. Elsevier. 2007. 1200 p. {in English}

41. Dwight H.B. Tables of Integrals and Other Mathematical Data (4th ed.). New York: MacMillan. 1961. 336 p. {in English}

42. Abramowitz M., Stegun I.A. (Eds.). Handbook of mathematical functions with formulas, graphs, and mathematical tables (Vol. 55). US Government printing office. 1968. 1046 p. {in English}

43. Andrews G.E., Askey R., Roy R. Special functions. Vol. 71. Cambridge: Cambridge university press. 1999. 664 p. {in English}

44. Temme N.M. Special functions: An introduction to the classical functions of mathematical physics. John Wiley & Sons. 1996. 392 p. {in English}

45. Luke Y.L. Mathematical functions and their approximations. Academic Press. 2014. 592 p. {in English}

46. Hochstadt H. The functions of mathematical physics. Courier Corporation. 2012. 352 p. {in English}

47. National Research Council. Polymer Science and Engineering: The Shifting Research Frontiers. Washington, DC: The National Academies Press. 1994. 192 p. https://doi.org/10.17226/2307. {in English}

48. Chhabra R.P., Singh P. Transport Phenomena in Multiphase Systems. CRC Press. 2020. 450 p. {in English}

49. Wang C. Heat Transfer and Fluid Flow in Microchannels and Nanofluid Flow. Springer. 2019. 280 p. {in English}

50. Bhattacharyya S., Pop I. Boundary Layer Flow and Heat Transfer of Non-Newtonian Fluids over a Stretching Sheet. Journal of Applied Fluid Mechanics. 2021. 14 3, 963–975. https://doi.org/10.47176/jafm.14.03.32832. {in English}

DOI: 10.32347/2076-815X.2026.92.580-592
УДК 69.003:004.94:005.8
д.е.н., професор **Чуприна Ю.А.,**
chupryna.iua@knuba.edu.ua, ORCID: 0000-0002-4934-2058,
Київський національний університет будівництва і архітектури

КОГНІТИВНО-ОРІЄНТОВАНЕ ІНТЕГРАЦІЙНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ПРОЦЕСІВ ОРГАНІЗАЦІЇ БУДІВНИЦТВА СКЛАДНИХ ІНФРАСТРУКТУРНИХ ТА ДЕВЕЛОПЕРСЬКИХ ПРОЄКТІВ

Ускладнення інфраструктурних і девелоперських проєктів зумовлює необхідність впровадження нових підходів до організації будівництва, які здатні ефективно враховувати багатофакторність, невизначеність та динамічність середовища їх реалізації. У цих умовах особливого значення набуває когнітивно-орієнтоване інтеграційне моделювання, що поєднує інструменти системного аналізу, цифрових технологій та управління знаннями для формування обґрунтованих організаційно-технологічних рішень .

Когнітивні підходи дозволяють формалізувати складні взаємозв'язки між ключовими параметрами будівельного проєкту, включаючи ресурси, строки виконання робіт, ризики, інтереси стейкхолдерів і вплив зовнішнього середовища. Використання когнітивних карт і інтегрованих моделей забезпечує можливість відображення причинно-наслідкових залежностей, що суттєво підвищує якість аналітичної підтримки управлінських рішень.

Інтеграція таких моделей із сучасними цифровими інструментами, зокрема інформаційними системами управління проєктами та BIM-середовищем, створює передумови для формування єдиного інформаційного простору управління будівництвом. Це сприяє підвищенню прозорості процесів, покращенню координації між учасниками проєкту та забезпеченню оперативного реагування на зміни умов реалізації.

Ключові слова: когнітивне моделювання; інтеграційні моделі; організація будівництва; інфраструктурні проєкти; девелоперські проєкти; BIM-технології; управління проєктами; прийняття рішень.

Постановка проблеми: Сучасні інфраструктурні та девелоперські проєкти характеризуються високим рівнем складності, що зумовлено багатокомпонентністю процесів, значною кількістю учасників, обмеженістю ресурсів та впливом численних зовнішніх факторів. Традиційні підходи до організації будівництва часто не забезпечують належного рівня адаптивності та не дозволяють ефективно враховувати динамічні зміни середовища реалізації проєктів. Унаслідок цього виникають затримки у виконанні робіт, перевищення

бюджету, конфлікти між стейкхолдерами та зростання ризиків. Особливо гостро проблема проявляється в умовах цифровізації галузі, коли обсяги інформації стрімко зростають, а її інтеграція та інтерпретація стають критично важливими для прийняття обґрунтованих управлінських рішень.

Метою статті є розроблення теоретичних і прикладних засад когнітивно-орієнтованого інтеграційного моделювання процесів організації будівництва складних інфраструктурних та девелоперських проєктів. Досягнення поставленої мети передбачає дослідження можливостей застосування когнітивних моделей для відображення взаємозв'язків між ключовими параметрами будівельних проєктів, а також обґрунтування підходів до інтеграції цих моделей із сучасними цифровими технологіями, зокрема інформаційними системами управління та BIM-середовищем.

У рамках дослідження передбачається визначення принципів формування інтеграційних моделей, які враховують як кількісні, так і якісні характеристики процесів організації будівництва. Особлива увага приділяється підвищенню ефективності прийняття управлінських рішень шляхом використання інструментів когнітивного аналізу, що дозволяють прогнозувати розвиток проєктів та оцінювати альтернативні сценарії їх реалізації.

Аналіз останніх досліджень і публікацій: Питання удосконалення процесів організації будівництва складних проєктів активно досліджуються у сучасній науковій літературі, зокрема в контексті впровадження цифрових технологій та інноваційних підходів до управління. Значна увага приділяється застосуванню інформаційного моделювання будівель (BIM), яке забезпечує інтеграцію даних на різних етапах життєвого циклу об'єкта та сприяє підвищенню ефективності координації учасників проєкту. Зростає інтерес до застосування когнітивного моделювання, яке дозволяє відображати причинно-наслідкові зв'язки між елементами складних систем і враховувати суб'єктивні фактори, пов'язані з прийняттям рішень.

Виклад основної інформації: Когнітивно-орієнтоване інтеграційне моделювання процесів організації будівництва складних інфраструктурних та девелоперських проєктів ґрунтується на сучасних уявленнях про будівельний проєкт як відкриту, ієрархічно структуровану та динамічну соціально-економіко-технологічну систему. Така система характеризується множинністю акторів, різноспрямованістю цілей, високим рівнем інформаційної неповноти та нелінійністю управлінських впливів, що істотно ускладнює застосування класичних детермінованих моделей організації будівництва.

Методологічною основою когнітивного підходу є формалізація знань про поведінку системи у вигляді причинно-наслідкових залежностей між ключовими факторами організації будівництва. На відміну від традиційних

календарно-мережевих і ресурсних моделей, когнітивні моделі дозволяють інтегрувати якісні експертні оцінки, управлінські уявлення та стратегічні цілі девелопера з кількісними показниками вартості, строків та продуктивності [1].

Формально когнітивна модель організації будівництва описується вектором станів:

$$X(t) = [x_1(t), x_2(t), \dots, x_n(t)]^{\top}, \quad (1)$$

де xi(t) відображає нормалізований рівень впливу i-го когнітивного фактора (технологічного, економічного, організаційного або ризикового) у момент часу t.

Динаміка когнітивної системи організації будівництва визначається операторним рівнянням:

$$X(t+1) = \Phi\big(WX(t) + U(t) + \varepsilon(t)\big), \quad (2)$$

де W — матриця когнітивних взаємодій, U(t) — вектор управлінських впливів, ε(t) — стохастичні збурення, а оператор Φ(·) відображає нелінійні обмеження та порогові ефекти, характерні для будівельних процесів.

Матриця когнітивних впливів формується як інтеграція декількох контурів управління:

$$W = W^{(tech)} + W^{(econ)} + W^{(org)} + W^{(risk)}, \quad (3)$$

що дозволяє забезпечити цілісність опису технологічних, економічних, організаційних і ризикових аспектів організації будівництва в межах єдиної моделі.

Для наочного відображення структури когнітивних взаємозв’язків між ключовими факторами організації будівництва доцільно використовувати графічне представлення моделі у вигляді рисунка 1. Така мережа дозволяє візуалізувати як прямі, так і зворотні управлінські впливи, а також виявити критичні контури підсилення та стабілізації системи [2].

Когнітивна модель відображає багаторівневу структуру взаємодії між технологічними процесами, економічними обмеженнями, організаційними рішеннями та ризиковими чинниками [3].

Методологічно важливим є принцип багаторівневої інтеграції, відповідно до якого когнітивна модель поєднує стратегічний, тактичний та операційний рівні управління. Узгодження цих рівнів забезпечується через ієрархічний оператор агрегації:

$$G: X^{(op)} \to X^{(tac)} \to X^{(str)}, \quad (4)$$

що дозволяє транслювати результати операційних рішень у стратегічні показники ефективності девелоперського проєкту.

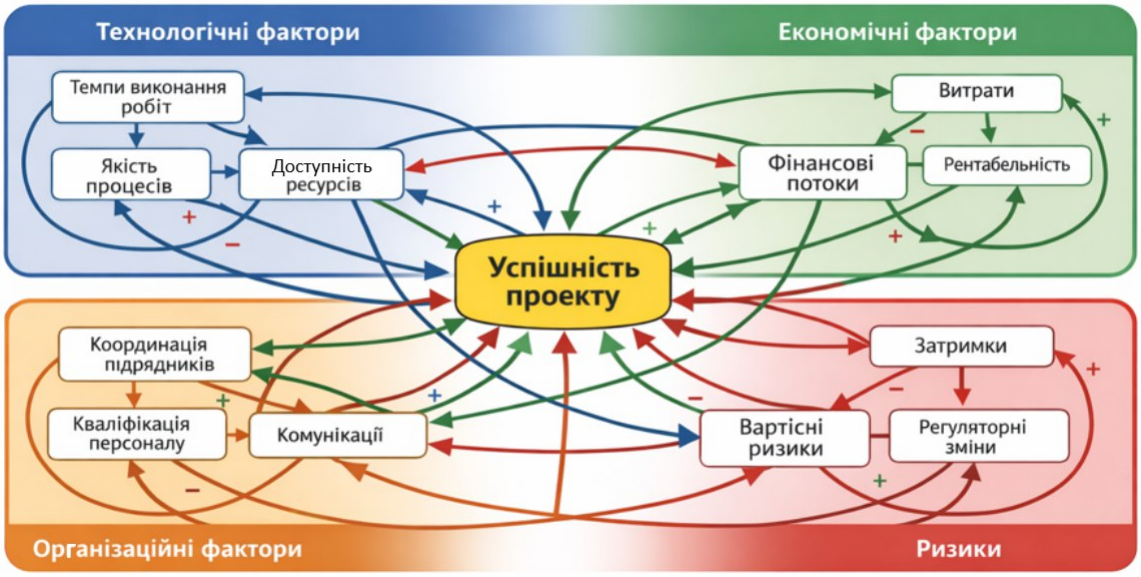


Рис. 1. Когнітивно-орієнтована інтеграційна модель процесів організації будівництва складного проєкту *(розроблено автором на основі [2])*

Для кількісної оцінки ступеня узгодженості організаційних процесів у часі вводиться інтегральний функціонал:

$$J_{org} = \int_0^T \| X(t) - X^*(t) \|_Q^2 \, dt, \tag{5}$$

де $X^*(t)$ задає цільову траєкторію розвитку проєкту, а матриця Q відображає вагомість окремих когнітивних факторів [4].

Для формалізації інформаційної структури моделі та параметрів когнітивних впливів використовується систематизація факторів, приклад якої наведено в таблиці 1.

Таблиця 1.

Структура когнітивних факторів та індикаторів у інтеграційній моделі організації будівництва *(розроблено автором на основі [4])*

Група факторів	**Когнітивний індикатор**	**Характер впливу**	**Рівень управління**
Технологічні	Інтенсивність виконання робіт	Прямий	Операційний
Економічні	Відхилення кошторису	Зворотний	Тактичний
Організаційні	Координація учасників	Системний	Тактичний
Ризикові	Імовірність зривів строків	Нелінійний	Стратегічний

Подальший розвиток когнітивно-орієнтованого підходу логічно зумовлює перехід від концептуально-описових моделей до формалізованого інтеграційного математичного моделювання процесів організації будівництва. У сучасних дослідженнях організаційно-будівельних систем дедалі більшого поширення набувають інтеграційні моделі, здатні одночасно враховувати динаміку ресурсів, часові обмеження, фінансові потоки, ризики та управлінські рішення [5, 13].

В рамках інтеграційного моделювання організація будівництва розглядається як динамічна система зі станом X(t), управлінням U(t) та вихідними показниками ефективності Y(t). На відміну від локальних моделей, інтеграційний підхід передбачає формування узагальненого простору станів, у якому кожна змінна відображає не ізольований параметр, а агрегований результат взаємодії декількох когнітивних факторів [11].

Загальна динаміка процесів організації будівництва може бути описана системою нелінійних диференціальних рівнянь:

$$\frac{dX(t)}{dt} = F\left(X(t), U(t), R(t), \xi(t)\right), \tag{6}$$

де R(t) — вектор ресурсних обмежень, а ξ(t) — стохастичні збурення, що відображають невизначеність зовнішнього середовища та внутрішніх процесів будівництва.

Центральним елементом інтеграційної моделі є узагальнений функціонал ефективності організації будівництва, який поєднує часові, вартісні та якісні критерії:

$$J = \int_0^T \left(\alpha_1 C(t) + \alpha_2 D(t) + \alpha_3 R(t) - \alpha_4 Q(t)\right) dt, \tag{7}$$

де C(t) — поточні витрати, D(t) — часові відхилення, R(t) — інтегральний рівень ризику, Q(t) — показник організаційно-технологічної якості, а α_i — вагові коефіцієнти, що відображають пріоритети девелопера.

Для забезпечення інтеграції когнітивних залежностей із динамічними процесами вводиться матрично-операторна форма моделі:

$$\dot{X}(t) = AX(t) + BU(t) + C\xi(t), \tag{8}$$

де матриця A формується на основі когнітивної карти проєкту, а її елементи відображають інтенсивність міжфакторних впливів у часі. Такий підхід дозволяє аналітично досліджувати стійкість організаційної структури будівництва та виявляти критичні точки управління [6].

Для інфраструктурних та девелоперських проєктів принципово важливим є врахування сценарної варіативності. З цією метою інтеграційна модель доповнюється сценарним оператором:

$$X_k(t) = \Psi_k\big(X(t), U(t)\big), \qquad k = 1, \dots, K, \tag{9}$$

де кожний сценарій k відповідає окремій комбінації макроекономічних, регуляторних та технологічних умов реалізації проєкту.

Для ілюстрації інтеграції когнітивних та динамічних компонентів доцільно використовувати рисунок 2.

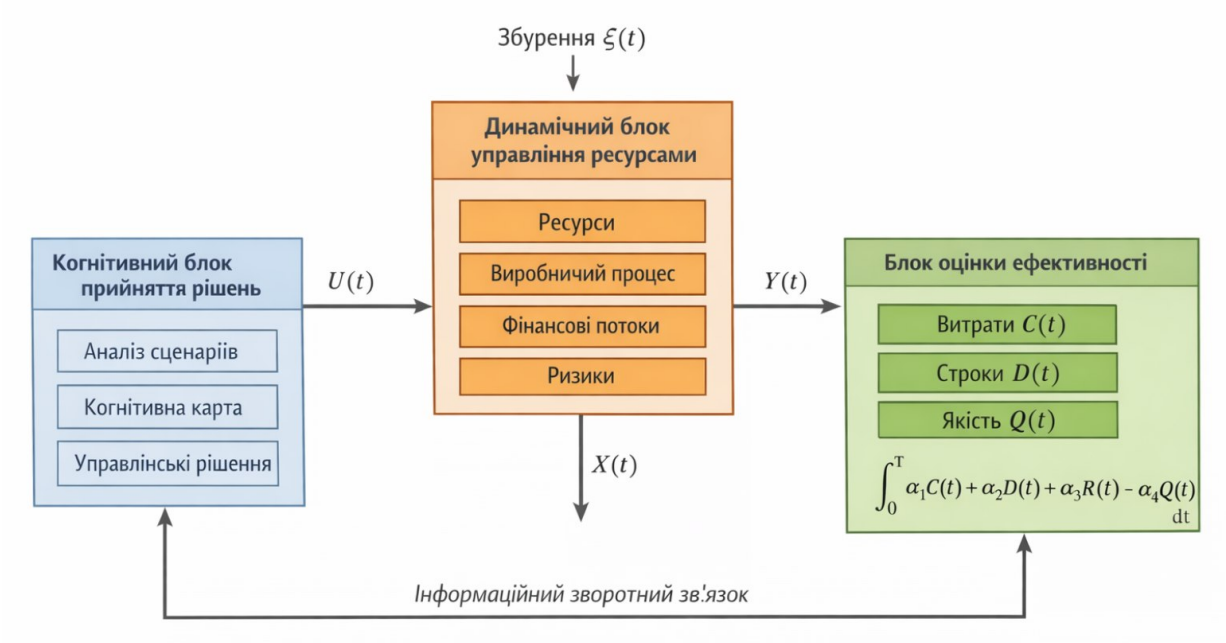


Рис. 2. Інтеграційна модель організації будівництва з урахуванням когнітивних та динамічних компонентів *(розроблено автором на основі [6])*

Модель відображає взаємодію когнітивного контуру прийняття рішень, динамічного контуру управління ресурсами та аналітичного блоку оцінювання ефективності [7]. Кількісна параметризація інтеграційної моделі здійснюється шляхом формування системи ключових параметрів, що визначають поведінку організаційно-будівельної системи. Узагальнений приклад наведено в табл. 2.

Таблиця 2.

Основні параметри інтеграційної математичної моделі організації будівництва *(розроблено автором на основі [7])*

Параметр	**Економічний зміст**	**Одиниця виміру**	**Рівень впливу**
α_1	Вагомість витрат	–	Стратегічний
α_2	Вагомість строків	–	Тактичний
α_3	Чутливість до ризику	–	Стратегічний
α_4	Пріоритет якості	–	Операційний
T	Горизонт планування	міс.	Стратегічний

Інтеграційне математичне моделювання дозволяє перейти від статичних схем організації будівництва до динамічних, адаптивних моделей, що поєднують когнітивні уявлення учасників проєкту з формалізованими механізмами аналізу ефективності. Когнітивно-інтеграційні механізми підтримки управлінських рішень формують завершальний рівень системи організації будівництва складних інфраструктурних та девелоперських проєктів. На цьому рівні результати когнітивного та інтеграційного математичного моделювання трансформуються у формалізовані управлінські альтернативи, що забезпечують адаптивне реагування системи на зміну внутрішніх та зовнішніх умов реалізації проекту [8].

Узагальнено процес підтримки управлінських рішень у межах когнітивно-інтеграційної моделі описується циклом «інформація – когнітивна інтерпретація – аналітична оцінка – управлінський вплив – результат». Формально цей цикл може бути представлений як послідовність відображень:

$$D(t) \to K(t) \to X(t) \to U(t) \to Y(t), \tag{10}$$

де D(t) — масив первинних даних, K(t) — когнітивно агреговані знання, X(t) — вектор станів системи організації будівництва, U(t) — управлінські рішення, Y(t) — результати реалізації проєкту.

Для формалізації вибору оптимальної управлінської стратегії вводиться узагальнений критерій прийняття рішень:

$$U^*(t) = arg \min_{U(t) \in \Omega} \int_t^{t+T} \left[J\big(X(\tau), U(\tau)\big) + \lambda R\big(X(\tau)\big)\right] d\tau, \tag{11}$$

де Ω — множина допустимих управлінських рішень, J(·) — інтегральний функціонал ефективності організації будівництва, R(·) — функція ризику, а λ — коефіцієнт ризикочутливості девелоперського проєкту.

Особливістю когнітивно-інтеграційного підходу є можливість аналізу альтернативних сценаріїв управління на основі динаміки ключових показників ефективності. Для цього формується множина сценарних траєкторій:

$$X^{(k)}(t), \qquad k = 1, \dots, K, \tag{12}$$

кожна з яких відповідає окремій управлінській стратегії або зовнішньому середовищу. Порівняння сценаріїв дозволяє виявити зони стійкості та критичні режими функціонування організаційно-будівельної системи.

Для наочного відображення динаміки інтегрального показника ефективності організації будівництва доцільно використати рисунок 3.

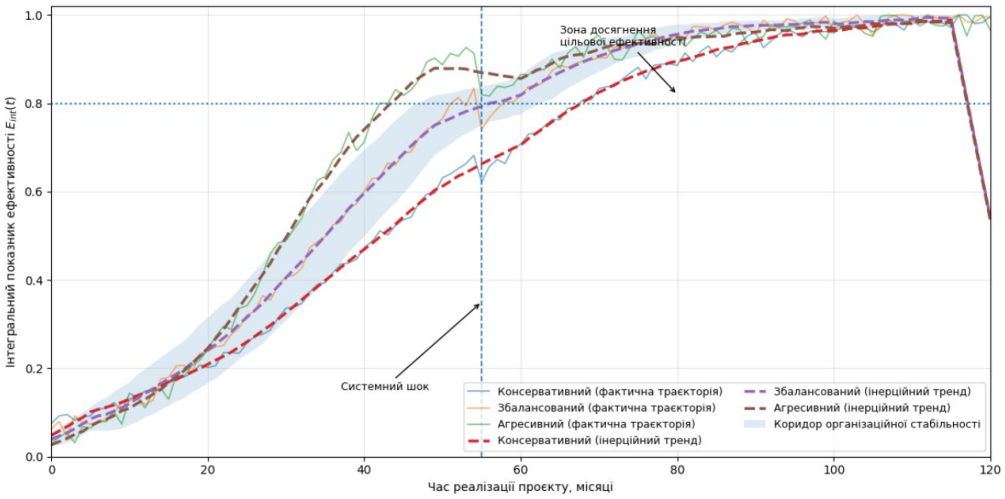


Рис. 3. Динаміка інтегрального показника ефективності організації будівництва за альтернативними управлінськими сценаріями
(розроблено автором на основі [8])

Для аналізу взаємозалежності результативності управлінських рішень та рівня стійкості організаційно-будівельних процесів доцільно застосувати рисунJR 4 [9].

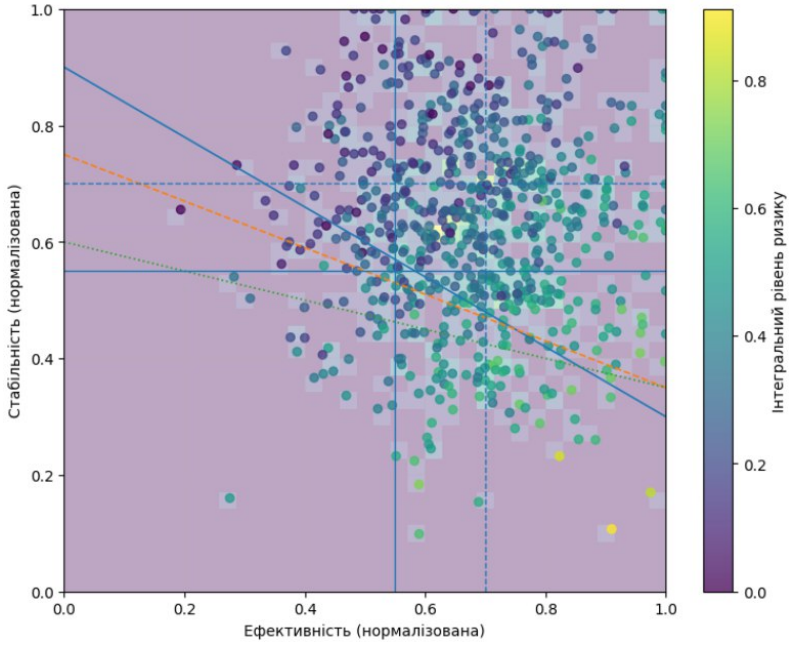


Рис. 4. Фазовий простір управлінських рішень у координатах «ефективність – стабільність» *(розроблено автором на основі [9])*

Поданий фазовий простір дозволяє ідентифікувати області оптимальних управлінських рішень, зони підвищеного ризику та критичні стани, за яких система організації будівництва втрачає керованість [12].

Для формалізованого порівняння управлінських стратегій формується матриця когнітивно-інтеграційних альтернатив, у якій кожна стратегія оцінюється за сукупністю показників. З метою формалізованого порівняння альтернативних управлінських підходів у межах когнітивно-інтеграційної моделі формується таблиця 3, що дозволяє системно зіставити рівень ефективності, ризику та стабільності процесів організації будівництва [10].

Таблиця 3.

Матриця оцінювання управлінських стратегій у когнітивно-інтеграційній моделі *(розроблено автором на основі [10])*

Стратегія	**Інтегральна ефективність**	**Рівень ризику**	**Стабільність процесів**	**Пріоритет**
Консервативна	Середня	Низький	Висока	II
Збалансована	Висока	Середній	Висока	I
Агресивна	Максимальна	Високий	Низька	III

Висновок

Розглянуті когнітивно-інтеграційні механізми підтримки управлінських рішень забезпечують логічне завершення запропонованої моделі, оскільки трансформують результати складного аналітичного моделювання у практично значущі управлінські альтернативи. Аналіз сценарних траєкторій, фазових просторів та матриць стратегій дозволяє не лише обирати оптимальні рішення за заданими критеріями, а й оцінювати їхню стійкість у довгостроковій перспективі.

Загалом отримані результати свідчать про високу наукову та прикладну значущість когнітивно-орієнтованого інтеграційного підходу для організації будівництва складних інфраструктурних і девелоперських проєктів. Запропонована концепція створює методологічне підґрунтя для подальших досліджень у напрямі розвитку адаптивних систем управління, цифрових платформ підтримки рішень та інтелектуалізації процесів девелопменту в умовах зростаючої складності будівельного середовища.

Література

1. Pierson J. Battery Revolution: A BizOps Chronicles Novel. – Pittsburgh : BizOps Media LLC, 2026. – 451 p. ISBN 979-8994065907. [Електронний ресурс] – Режим доступу: https://www.amazon.com/dp/B0GSWSVBLD

2. R. Axelrod, Ed., “Structure of Decision: The Cognitive Maps of Political Elites,” Princeton University Press, Princeton, 1976. [Електронний ресурс] – Режим доступу: https://www.scirp.org/reference/referencespapers?referenceid=437640

3. Jayaratna N. System Thinking, System Practice by Peter Checkland // Systems Research and Behavioral Science. – 2000. – Vol. 17 (Suppl. 1). DOI: 10.1002/1099-1743(200011)17:1+<::AID-SRES383>3.0.CO;2-Q.

4. Williams T. *Modelling Complex Projects*. – Chichester : John Wiley & Sons Ltd., 2002. – 276 p. ISBN 0-471-89945-3. [Електронний ресурс] – Режим доступу: https://www.academia.edu/20067433/Modelling_Complex_Projects

5. Grenny J., Hale J. et al. Crucial Accountability: Proven Skills to Build Trust, Address Disappointment, and Get Results. – 3rd ed. – New York : McGraw-Hill, 2026. [Електронний ресурс] – Режим доступу: https://www.amazon.com/Crucial-Accountability-Address-Disappointment-Results/dp/1264597541

6. von Bertalanffy L. *General System Theory: Foundations, Development, Applications*. – New York: George Braziller, 1968. – 289 p. [Електронний ресурс] – Режим доступу: https://monoskop.org/images/7/77/Von_Bertalanffy_Ludwig_General_System_Theory_1968.pdf

7. Homer, J.B. and Hirsch, G.B. (2006) System Dynamics Modeling for Public Health: Background and Opportunities. American Journal of Public Health, 96, 452-458. http://dx.doi.org/10.2105/AJPH.2005.062059

8. De Meyer A., Loch C. H., Pich M. T. Managing Project Uncertainty: From Variation to Chaos // IEEE Engineering Management Review. – 2002. – Vol. 43. – No. 3. – P. 91. DOI: 10.1109/EMR.2002.1032403. [Електронний ресурс] – Режим доступу: https://www.researchgate.net/publication/3228179_Managing_Project_Uncertainty_From_Variation_to_Chaos

9. Hwang B.-G., Zhao X., Yu G.S. Risk Identification and Allocation in Underground Rail Construction Joint Ventures: Contractors' Perspective // Journal of Civil Engineering and Management. – 2015. – Vol. 22. – No. 6. – P. 758–767. DOI: 10.3846/13923730.2014.914095. [Електронний ресурс] – Режим доступу: https://www.researchgate.net/publication/287158874_RISK_IDENTIFICATION_AND_ALLOCATION_IN_UNDERGROUND_RAIL_CONSTRUCTION_JOINT_VENTURES_CONTRACTORS%27_PERSPECTIVE

10. Peled M., Dvir D. Towards a contingent approach of customer involvement in defence projects: An exploratory study // International Journal of Project Management. – 2012. – Vol. 30. – No. 3. DOI: 10.1016/j.ijproman.2011.08.001. [Електронний ресурс] – Режим доступу: https://www.researchgate.net/publication/251542647_Towards_a_contingent_approach_of_customer_involvement_in_defence_projects_An_exploratory_study

11. Чуприна Ю.А., Ползіков М.О., Дубенський О.М. Формування економіко-управлінського механізму внутрішньофірмового трансферу технологій підприємств-стейкхолдерів будівництва на засадах інтерпартнерства в умовах наукового процесу // Актуальні проблеми освітнього процесу в контексті європейського вибору України: матеріали VIII Міжнародної конференції, 12 листопада 2025 р. – Київ: Ліра-К, 2026. – С. 512–513. [Електронний ресурс] – Режим доступу: https://repositary.knuba.edu.ua/handle/123456789/18258

12. L.D. Nguyen, S.O. Ogunlana and D.T.X. Lan, "A Study on Project Success Factors in Large Construction Projects in Vietnam," Engineering, Construction and Architectural Management, Vol. 11, No. 6, 2004, pp. 404-413. http://dx.doi.org/10.1108/09699980410570166

13. Trach R., Chupryna Iu., Tormosov R., Druzhynin M., Trach Y., Ryzhakova G., Ratnikov D. An Integrated Fuzzy Logic and Network Analysis Approach to Assessing Supply Chain Stability in Prefabricated Construction // Sustainability. – 2026. – Vol. 18. – No. 3. – Article 1380. DOI: 10.3390/su18031380. [Електронний ресурс] – Режим доступу: https://www.mdpi.com/2071-1050/18/3/1380

Doctor of Economics, Professor **Chupryna Iurii,**
Kyiv National University of Construction and Architecture, Kyiv

COGNITIVE-ORIENTED INTEGRATED MODELING OF CONSTRUCTION ORGANIZATION PROCESSES FOR COMPLEX INFRASTRUCTURE AND DEVELOPMENT PROJECTS

The increasing complexity of infrastructure and development projects necessitates the implementation of new approaches to construction organization capable of effectively accounting for multi-factor conditions, uncertainty, and the dynamic nature of project environments. Under these conditions, cognitive-oriented integrated modeling becomes particularly significant, combining tools of systems analysis, digital technologies, and knowledge management to support well-grounded organizational and technological decision-making.

Cognitive approaches enable the formalization of complex interrelationships between key parameters of construction projects, including resources, schedules, risks, stakeholder interests, and external influences. The use of cognitive maps and integrated models provides the capability to represent cause-and-effect relationships, significantly enhancing the analytical support of managerial decision-making.

The integration of such models with modern digital tools, particularly project management information systems and BIM environments, creates the foundation for a unified information space in construction management. This contributes to increased process transparency, improved coordination among project participants, and the ability to promptly respond to changes in implementation conditions.

Keywords: cognitive modeling; integrated models; construction organization; infrastructure projects; development projects; BIM technologies; project management; decision-making.

REFERENCES

1. Pierson J. *Battery Revolution: A BizOps Chronicles Novel*. – Pittsburgh: BizOps Media LLC, 2026. – 451 p. ISBN 979-8994065907. [Online] – Available at: https://www.amazon.com/dp/B0GSWSVBLD {in English}

2. Axelrod R. (ed.) *Structure of Decision: The Cognitive Maps of Political Elites*. – Princeton: Princeton University Press, 1976. [Online] – Available at: https://www.scirp.org/reference/referencespapers?referenceid=437640 {in English}

3. Jayaratna N. System Thinking, System Practice by Peter Checkland // Systems Research and Behavioral Science. – 2000. – Vol. 17 (Suppl. 1). DOI: 10.1002/1099-1743(200011)17:1+<::AID-SRES383>3.0.CO;2-Q {in English}

4. Williams T. *Modelling Complex Projects*. – Chichester: John Wiley & Sons Ltd., 2002. – 276 p. ISBN 0-471-89945-3. [Online] – Available at: https://www.academia.edu/20067433/Modelling_Complex_Projects {in English}

5. Grenny J., Hale J. et al. *Crucial Accountability: Proven Skills to Build Trust, Address Disappointment, and Get Results*. – 3rd ed. – New York: McGraw-Hill, 2026. [Online] – Available at: https://www.amazon.com/Crucial-Accountability-Address-Disappointment-Results/dp/1264597541 {in English}

6. von Bertalanffy L. *General System Theory: Foundations, Development, Applications*. – New York: George Braziller, 1968. – 289 p. [Online] – Available at: https://monoskop.org/images/7/77/Von_Bertalanffy_Ludwig_General_System_Theory_1968.pdf {in English}

7. Homer J.B., Hirsch G.B. System Dynamics Modeling for Public Health: Background and Opportunities // American Journal of Public Health. – 2006. – Vol. 96. – P. 452–458. DOI: http://dx.doi.org/10.2105/AJPH.2005.062059 {in English}

8. De Meyer A., Loch C. H., Pich M. T. Managing Project Uncertainty: From Variation to Chaos // IEEE Engineering Management Review. – 2002. – Vol. 43. – No. 3. – P. 91. DOI: 10.1109/EMR.2002.1032403. [Online] – Available at: https://www.researchgate.net/publication/3228179_Managing_Project_Uncertainty_From_Variation_to_Chaos {in English}

9. Hwang B.-G., Zhao X., Yu G.S. Risk Identification and Allocation in Underground Rail Construction Joint Ventures: Contractors' Perspective // Journal of Civil Engineering and Management. – 2015. – Vol. 22. – No. 6. – P. 758–767. DOI: 10.3846/13923730.2014.914095. [Online] – Available at: https://www.researchgate.net/publication/287158874_RISK_IDENTIFICATION_AND_ALLOCATION_IN_UNDERGROUND_RAIL_CONSTRUCTION_JOINT_VENTURES_CONTRACTORS%27_PERSPECTIVE {in English}

10. Peled M., Dvir D. Towards a contingent approach of customer involvement in defence projects: An exploratory study // International Journal of Project Management. – 2012. – Vol. 30. – No. 3. DOI: 10.1016/j.ijproman.2011.08.001. [Online] – Available at: https://www.researchgate.net/publication/251542647_Towards_a_contingent_approach_of_customer_involvement_in_defence_projects_An_exploratory_study {in English}

11. Chupryna Iu.A., Polzikov M.O., Dubenskyi O.M. Formation of the economic and managerial mechanism of intra-firm technology transfer of construction stakeholder enterprises based on inter-partnership in the conditions of the scientific process // Current Issues of the Educational Process in the Context of Ukraine's European Choice: Proceedings of the VIII International Conference, November 12, 2025. – Kyiv: Lira-K, 2026. – P. 512–513. [Online] – Available at: https://repositary.knuba.edu.ua/handle/123456789/18258 {in Ukrainian}

12. Nguyen L.D., Ogunlana S.O., Lan D.T.X. A Study on Project Success Factors in Large Construction Projects in Vietnam // Engineering, Construction and Architectural Management. – 2004. – Vol. 11. – No. 6. – P. 404–413. DOI: http://dx.doi.org/10.1108/09699980410570166 {in English}

13. Trach R., Chupryna Iu., Tormosov R., Druzhynin M., Trach Y., Ryzhakova G., Ratnikov D. An Integrated Fuzzy Logic and Network Analysis Approach to Assessing Supply Chain Stability in Prefabricated Construction // Sustainability. – 2026. – Vol. 18. – No. 3. – Article 1380. DOI: 10.3390/su18031380. [Online] – Available at: https://www.mdpi.com/2071-1050/18/3/1380 {in English}

DOI: 10.32347/2076-815X.2026.92.593-605
УДК 004.9:005.5:658.5

Щербань Б.М.,
bogdan.granit@gmail.com, ORCID: 0009-0002-9275-6448,
к.т.н., доцент **Клименко М.О.,**
klymenko.mo@knuba.edu.ua, ORCID: 0000-0002-6166-8966,
Київський національний університет будівництва і архітектури

МОДЕЛЮВАННЯ ЕФЕКТИВНИХ КООРДИНАЦІЙНИХ МЕХАНІЗМІВ У ЦИФРОВОМУ СЕРЕДОВИЩІ НА ОСНОВІ ПОЄДНАННЯ СТЕНДАП-КОМУНІКАЦІЙ, СИСТЕМНОГО УПРАВЛІННЯ БЕКЛОГОМ ТА СИНХРОНІЗАЦІЇ БІЗНЕС-ПРОЦЕСІВ

Цифрова трансформація організацій зумовлює необхідність формування нових підходів до координації діяльності в умовах високої динамічності бізнес-середовища. У таких умовах ефективність управління значною мірою залежить від здатності забезпечити узгодженість дій між учасниками процесів, швидке реагування на зміни та прозорість інформаційних потоків. Особливу роль відіграє інтеграція комунікаційних і управлінських інструментів у єдину систему координації.

Стендап-комунікації виступають як інструмент оперативної взаємодії, що дозволяє забезпечити регулярний обмін інформацією та синхронізацію дій команди. Системне управління беклогом формує основу для структуризації завдань, пріоритизації робіт і контролю виконання. Синхронізація бізнес-процесів забезпечує узгодженість між різними функціональними підсистемами, що є необхідною умовою ефективного функціонування організації.

Моделювання координаційних механізмів дозволяє формалізувати взаємозв'язки між зазначеними елементами та визначити оптимальні параметри їх взаємодії. Це створює передумови для підвищення продуктивності, зниження ризиків неузгодженості та забезпечення адаптивності систем управління.

Запропонований підхід орієнтований на формування інтегрованого цифрового середовища, яке поєднує інструменти комунікації, управління завданнями та координації процесів. Його використання сприяє підвищенню ефективності управління, оптимізації ресурсного забезпечення та досягненню стратегічних цілей організації в умовах цифрової економіки.

Ключові слова: цифрове середовище; координаційні механізми; стендап-комунікації; управління беклогом; синхронізація процесів; системний підхід; цифрове управління; бізнес-процеси.

Постановка проблеми: У сучасних умовах цифрової трансформації організацій значно зростає складність управління бізнес-процесами, що зумовлено високим рівнем динамічності середовища, багатозадачністю та необхідністю оперативного прийняття рішень. Особливої актуальності набуває проблема забезпечення ефективної координації між учасниками проєктної діяльності, розподіленими командами та функціональними підрозділами. Традиційні підходи до управління комунікаціями та процесами часто виявляються недостатньо гнучкими та не забезпечують належного рівня синхронізації дій.

У цьому контексті важливим є впровадження інтегрованих координаційних механізмів, які поєднують інструменти стендап-комунікацій, системного управління беклогом і синхронізації бізнес-процесів. Проте на практиці спостерігається фрагментарність застосування зазначених інструментів, що призводить до втрати інформації, дублювання завдань і зниження продуктивності команд.

Таким чином, виникає необхідність у розробленні науково обґрунтованих моделей, які дозволяють інтегрувати різні координаційні підходи в єдину систему управління. Вирішення цієї проблеми сприятиме підвищенню ефективності взаємодії учасників, оптимізації використання ресурсів і забезпеченню стійкості бізнес-процесів у цифровому середовищі.

Метою статті є розроблення та обґрунтування концептуальної моделі ефективних координаційних механізмів у цифровому середовищі, що базується на інтеграції стендап-комунікацій, системного управління беклогом та синхронізації бізнес-процесів.

Досягнення поставленої мети передбачає вирішення таких завдань: аналіз сучасних підходів до організації командної взаємодії в цифрових проєктах; визначення ролі стендап-комунікацій як інструменту оперативної координації; дослідження методів структурованого управління беклогом; а також формування підходів до узгодження бізнес-процесів у межах єдиної цифрової системи.

Аналіз останніх досліджень і публікацій: Сучасні наукові дослідження у сфері управління проєктами та цифрової трансформації організацій значною мірою зосереджені на підвищенні ефективності командної взаємодії та координації бізнес-процесів. Значна увага приділяється гнучким методологіям управління, зокрема підходам Agile, Scrum і Kanban, які передбачають активне використання коротких комунікаційних циклів і постійне оновлення пріоритетів завдань.

У наукових працях підкреслюється важливість стендап-комунікацій як інструменту оперативного обміну інформацією, що дозволяє швидко виявляти проблеми та координувати дії учасників команди. Дослідники відзначають, що

регулярні короткі зустрічі сприяють підвищенню прозорості процесів і зменшенню інформаційних розривів.

Окремий напрям досліджень присвячений системному управлінню беклогом, яке розглядається як ключовий елемент планування та контролю виконання завдань. У цьому контексті аналізуються підходи до пріоритизації, структуризації та візуалізації завдань, що забезпечують ефективне використання ресурсів і адаптацію до змін. Водночас значна кількість робіт акцентує увагу на необхідності синхронізації бізнес-процесів у цифровому середовищі. Дослідники підкреслюють роль інтегрованих інформаційних систем і цифрових платформ у забезпеченні узгодженості дій між різними підрозділами організації.

Виклад основної інформації: У сучасних умовах цифровізації економіки та ускладнення організаційних структур особливого значення набуває формування ефективних координаційних механізмів, що забезпечують узгодженість дій між учасниками мультикомандних проєктів. Координація в даному контексті виступає не лише як управлінська функція, а як системоутворюючий елемент, що інтегрує інформаційні потоки, процеси прийняття рішень та цифрові технології в єдину адаптивну модель управління .

Ключову роль у забезпеченні оперативної координації відіграють щоденні стендап-комунікації, які виступають інструментом синхронізації діяльності команди. Їх сутність полягає у формуванні короткого циклу обміну інформацією, в межах якого визначається поточний стан виконання завдань, ідентифікуються обмеження та уточнюються подальші дії. Таким чином, стендап виконує функцію механізму швидкого реагування, що забезпечує гнучкість і адаптивність управлінських рішень.

Водночас ефективність комунікаційних процесів значною мірою залежить від якості організації управління беклогом. Беклог розглядається як структурована система завдань, що відображає пріоритети розвитку проєкту та забезпечує зв’язок між стратегічними цілями та операційною діяльністю. Управління беклогом передбачає безперервне ранжування завдань, оцінювання їхньої цінності, терміновості та складності, а також контроль обсягу незавершених робіт [1].

Не менш важливим компонентом координаційної системи є синхронізація цифрових процесів, яка забезпечує інтеграцію інформаційних платформ, автоматизацію обміну даними та підвищення прозорості управління. Використання цифрових інструментів дозволяє здійснювати безперервний моніторинг стану виконання завдань, виявляти взаємозалежності між ними та оперативно реагувати на зміни. У такому середовищі координація набуває потокового характеру, переходячи від періодичних управлінських впливів до постійного інформаційного супроводу процесів [2].

Сучасні підходи до формування координаційних механізмів базуються на інтеграції методологій Agile, Scrum, Kanban та концепцій потокового управління. Їх поєднання дозволяє сформувати багаторівневу систему координації, у якій комунікаційні процеси, планування завдань та цифрова інфраструктура функціонують як взаємопов'язані елементи єдиного управлінського контуру.

Для узагальнення викладених положень доцільно представити рисунок 1.

Важливою особливістю моделі є її динамічний характер, що дозволяє адаптувати параметри управління залежно від змін зовнішнього та внутрішнього середовища. Наявність зворотних зв'язків сприяє своєчасному виявленню відхилень, коригуванню пріоритетів і оптимізації розподілу ресурсів. Це забезпечує підвищення узгодженості дій між командами та скорочення часу реагування на критичні зміни.

Рис. 1. Концептуальна модель взаємодії стендап-комунікацій, управління беклогом та синхронізованих цифрових процесів
(розроблено авторами на основі [2])

Координаційні механізми у цифровому середовищі доцільно розглядати як комплексну систему, що інтегрує стендап-комунікації, управління беклогом та синхронізовані цифрові процеси. Їх взаємодія формує цілісний управлінський цикл, спрямований на забезпечення ефективності, адаптивності та стійкості функціонування організаційних систем.

Поглиблення дослідження координаційних механізмів у цифровому середовищі обумовлює необхідність переходу від описового аналізу до побудови формалізованої моделі, яка здатна відобразити складну систему взаємозв'язків

між елементами управління та забезпечити їх кількісну оцінку. У сучасних умовах функціонування організацій, що характеризуються високим рівнем динамічності, невизначеності та мультикомандної взаємодії, координація повинна розглядатися як багаторівнева система, у якій поєднуються комунікаційні, планувальні та цифрові процеси в єдину інтегровану структуру [3].

Запропонований підхід базується на виділенні трьох взаємопов'язаних рівнів координації, які формують замкнений управлінський контур. Оперативний рівень забезпечує щоденну синхронізацію діяльності через стендап-комунікації, виступаючи джерелом актуальної інформації про стан виконання завдань, наявні обмеження та короткострокові плани. Планувальний рівень реалізує функцію структуризації та оптимізації беклогу, де відбувається ранжування завдань відповідно до їхньої цінності, терміновості та ресурсної забезпеченості. Цифровий рівень виконує інтеграційну функцію, забезпечуючи синхронізацію інформаційних потоків, автоматизацію обміну даними та контроль за виконанням процесів у режимі реального часу. Взаємодія цих рівнів формує цілісну систему, у якій результати одного контуру безпосередньо впливають на параметри інших, що створює умови для безперервного оновлення управлінських рішень [4].

З метою візуалізації зазначених взаємозв'язків доцільно представити узагальнену модель багаторівневої координаційної системи (рис. 2).

Рис. 2. Багаторівнева модель координації з трьома контурами управління
(розроблено авторами на основі [4])

Як випливає з представленої моделі, координаційна система має ієрархічно-мережеву структуру, в межах якої кожен рівень виконує специфічну функцію, але водночас є невід'ємною складовою єдиного управлінського циклу. Оперативний контур генерує первинні дані щодо виконання завдань і поточних обмежень, планувальний контур трансформує ці дані у рішення щодо зміни пріоритетів та структури беклогу, тоді як цифровий контур забезпечує технологічну реалізацію цих рішень та їхній моніторинг. Така організація дозволяє досягти високого рівня узгодженості між командами та мінімізувати часові затримки між виявленням проблеми та її вирішенням [5].

Формалізація зазначеної моделі передбачає введення системи показників, які дозволяють кількісно оцінити стан координаційних процесів і забезпечити обґрунтованість управлінських рішень. Зокрема, для оцінювання пріоритетності завдань доцільно використовувати інтегральний показник, який враховує їхню цінність, терміновість, ризик блокування та витрати ресурсів. У загальному вигляді він може бути представлений як:

$$P_i = \frac{V_i \times U_i \times (1+R_i)}{E_i}, \quad (1)$$

де величина V_i відображає очікувану цінність виконання завдання, U_i характеризує ступінь його терміновості, R_i — ризик виникнення блокувань, а E_i — витрати ресурсів на реалізацію. Використання цього показника дозволяє формувати обґрунтовану послідовність виконання завдань у беклозі та уникати суб'єктивності при визначенні пріоритетів.

Не менш важливим аспектом є оптимізація рівня незавершених робіт, що безпосередньо впливає на стабільність функціонування системи. З цією метою пропонується використовувати залежність:

$$WIP_{opt} = \frac{C \times K_s}{1+D}, \quad (2)$$

де C визначає пропускну здатність системи, K_s характеризує стабільність процесів, а D відображає рівень взаємозалежностей між завданнями. Зменшення значення WIP у випадку зростання залежностей дозволяє запобігти перевантаженню системи та підвищити ефективність виконання робіт.

У контексті цифрового контуру особливої уваги потребує оцінка узгодженості інтеграцій між інформаційними системами. Для цього вводиться індекс цифрової синхронізації, який визначається як:

$$S_{sync} = \frac{\sum_{j=1}^{n} w_j \times I_j}{n}, \quad (3)$$

де I_j відображає стан окремого інтеграційного каналу, w_j — його вагову значущість, а n — загальну кількість каналів. Значення цього показника дозволяє оцінити рівень стабільності цифрової інфраструктури та своєчасно виявляти проблемні зони.

Для оцінки ефективності оперативного контуру доцільно використовувати коефіцієнт результативності стендап-комунікацій:

$$M_{stand} = \frac{T_c}{T_m} \times K_p, \quad (4)$$

де T_c — кількість завершених завдань, T_m — кількість обговорених, а K_p — коефіцієнт продуктивності команди. Даний показник дозволяє оцінити не лише інтенсивність комунікацій, але й їхню практичну результативність.

З метою систематизації функціональних ролей у межах запропонованої моделі доцільно узагальнити їхній розподіл та відповідні показники ефективності (табл. 1) [6].

Ефективність координаційної системи значною мірою залежить від чіткого розподілу ролей та визначення відповідних метрик оцінювання. Кожен учасник процесу виконує специфічну функцію, однак лише їх узгоджена взаємодія забезпечує досягнення синергетичного ефекту. Використання цифрових інструментів при цьому виступає необхідною умовою забезпечення прозорості, оперативності та точності управлінських рішень.

Таблиця 1.

Розподіл ролей та ключових показників ефективності координаційної системи *(розроблено авторами на основі [6])*

Роль	**Основні функції**	**Ключові показники (KPI)**	**Інструменти**
Координатор / Scrum-майстер	Організація стендапів, усунення перешкод	Час реагування, кількість блокувань	Jira, Trello
Продукт-менеджер	Формування та пріоритизація беклогу	Пріоритетність, виконання задач	Jira, Asana
Розробник	Виконання завдань	Продуктивність, час виконання	GitLab
QA-інженер	Контроль якості	Кількість дефектів	TestRail
Аналітик	Аналіз залежностей та ризиків	Рівень ризику	BI-системи

Побудована багаторівнева модель координації, доповнена системою кількісних показників, дозволяє перейти від інтуїтивного управління до формалізованого підходу, що базується на об’єктивних даних та аналітичних залежностях. Інтеграція оперативного, планувального та цифрового контурів

формує адаптивну систему управління, здатну ефективно функціонувати в умовах високої складності та швидких змін середовища, забезпечуючи при цьому стабільність процесів і підвищення продуктивності організаційної діяльності [7].

Завершальним етапом дослідження є оцінка ефективності запропонованих координаційних механізмів та аналіз результатів їх практичного застосування в умовах цифрового середовища. На відміну від суто теоретичних підходів, сучасні системи управління вимагають кількісного підтвердження результативності впроваджених рішень, що обумовлює необхідність використання інтегрованих показників ефективності, які враховують як організаційні, так і технологічні аспекти функціонування системи.

У межах запропонованої моделі оцінювання ефективності координації базується на аналізі трьох ключових параметрів: швидкості виконання завдань, рівня узгодженості між командами та стабільності цифрових інтеграцій [11].

Для практичної апробації моделі доцільно розглянути умовний приклад функціонування мультикомандного проєкту, у якому здійснюється оцінка пріоритетності завдань, балансування навантаження та визначення рівня цифрової синхронізації [8]. Припустимо, що для певного завдання значення параметрів становлять: цінність V=8, терміновість U=7, ризик блокування R=0,3, а витрати ресурсів E=5. Тоді інтегральний показник пріоритетності становитиме:

$$P = \frac{8 \times 7 \times (1 + 0{,}3)}{5} = \frac{72{,}8}{5} = 14{,}56.$$

Отримане значення свідчить про високу доцільність виконання даного завдання у першочерговому порядку, що дозволяє обґрунтовано включити його до верхньої частини беклогу.

Аналогічно можна оцінити оптимальний рівень незавершених робіт. Припустимо, що пропускна здатність системи становить C=20C = 20C=20, коефіцієнт стабільності K_s=0,8, а рівень залежностей між завданнями D=0,5. Тоді:

$$WIP_{opt} = \frac{20 \times 0{,}8}{1 + 0{,}5} = \frac{16}{1{,}5} \approx 10{,}67.$$

Це означає, що перевищення порогу приблизно у 10–11 одночасних завдань може призвести до зниження ефективності, що потребує обмеження навантаження.

Для оцінки цифрової синхронізації припустимо, що система включає 4 інтеграційні канали зі значеннями Ij={0,9;0,8;0,7;0,95} та рівними вагами. Тоді індекс синхронізації становитиме:

$$S_{sync} = \frac{0{,}9 + 0{,}8 + 0{,}7 + 0{,}95}{4} = 0{,}8375.$$

Отримане значення вказує на достатньо високий рівень узгодженості, однак наявність каналів із нижчими показниками потребує додаткової оптимізації.

Узагальнення результатів застосування моделі доцільно представити у вигляді рисунка 3, який відображає взаємозв'язок між оцінкою параметрів та управлінськими рішеннями [9].

Представлена модель демонструє замкнений характер координаційного циклу, у якому результати аналізу ефективності безпосередньо впливають на процес прийняття рішень і подальше планування.

Перед узагальненням результатів доцільно систематизувати отримані показники у вигляді порівняльного аналізу, що дозволяє наочно оцінити зміни ефективності координаційної системи. В таблиці 2 наведено ключові параметри функціонування системи до та після впровадження запропонованої моделі [10].

Рис. 3. Інтегрована модель координаційного циклу з оцінкою ефективності
(розроблено авторами на основі [9])

Таблиця 2.

Порівняльна оцінка ефективності координаційної системи
(розроблено авторами на основі [10])

Показник	До впровадження	Після впровадження	Зміна
Середній час виконання завдань	12 днів	8 днів	–33%
Рівень блокувань	0,45	0,25	–44%
Коефіцієнт виконання завдань	0,65	0,85	+31%
Рівень цифрової синхронізації	0,6	0,84	+40%

Висновок

Аналіз наведених даних свідчить про суттєве підвищення ефективності координаційної системи після впровадження запропонованої моделі. Зокрема, спостерігається скорочення часу виконання завдань, зниження рівня блокувань та підвищення загальної продуктивності команди. Покращення показників цифрової синхронізації підтверджує ефективність інтеграції інформаційних процесів.

Важливим результатом є також підвищення прозорості управління та зменшення інформаційних розривів між учасниками процесу. Завдяки використанню формалізованих показників і цифрових інструментів керівники отримують можливість оперативно реагувати на зміни та приймати більш обґрунтовані рішення.

Практична апробація моделі підтверджує її ефективність і доцільність використання у сучасних умовах цифрової трансформації. Запропонований підхід дозволяє не лише оптимізувати координаційні процеси, але й створює основу для подальшого розвитку адаптивних систем управління, орієнтованих на підвищення продуктивності та стійкості організацій.

Література

1. Schwaber K., Sutherland J. The Scrum Guide. – 2020. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://scrumguides.org/scrum-guide.html

2. Rigby D.K., Sutherland J., Takeuchi H. Embracing Agile // *Harvard Business Review*. – 2016. – Vol. 94. – No. 5. – P. 40–50. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://hbr.org/2016/05/embracing-agileHoda R., Salleh N., Grundy J. The Rise and Evolution of Agile Software Development // *IEEE Software*. – 2018. – P. 1–1. DOI: 10.1109/MS.2018.290111318. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://www.researchgate.net/publication/326339847_The_Rise_and_Evolution_of_Agile_Software_Development

3. Bratel C.M. Harnessing data: Transforming ERP systems for smarter decisions // Whitepaper. – 2025. – April 22. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://www.ifs.com/

4. Simetinger F., Zhang Z. (Justin). Deriving secondary traits of Industry 4.0: A comparative analysis of significant maturity models // *Systems Research and Behavioral Science*. – 2020. – Vol. 37. – No. 4. – P. 663–678. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://ideas.repec.org/a/bla/srbeha/v37y2020i4p663-678.html

5. Moe N.B., Dingsøyr T., Dybå T. A teamwork model for understanding an agile team: A case study of a Scrum project // *Information and Software Technology*. – 2010. – Vol. 52. – No. 5. – P. 480–491. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0950584909002043

6. Kuhrmann M., Diebold P., Münch J. Software process improvement: A systematic mapping study on the state of the art // *Journal of Systems and Software*. – 2016. – Vol. 114. – P. 1–27. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://peerj.com/articles/cs-62/

7. van der Aalst W. M. P. *Process Mining: Data Science in Action*. – 2nd ed. – Berlin: Springer-Verlag, 2016. – 467 p. DOI: 10.1007/978-3-662-49851-4. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://www.researchgate.net/publication/312596129_Process_Mining_Data_Science_in_Action

8. Чуприна Ю. А., Чуприна Х. М. Концептуальне обґрунтування диференційованої оцінки ризиків при виборі моделі реалізації державних цільових програм на основі кластерно-інтегративного механізму в будівельному секторі // *Формування ринкових відносин в Україні*. – 2025. – № 6 (289). – С. 56–69. https://doi.org/10.5281/zenodo.17195870

9. Kane G.C., Palmer D., Phillips A.N., Kiron D., Buckley N. Strategy, Not Technology, Drives Digital Transformation // *MIT Sloan Management Review*. – 2015. [Online]. – Available at: https://sloanreview.mit.edu/projects/strategy-drives-digital-transformation/

10. Sychov O., Fesun A., Ryzhakova H., Chupryna Yu., Rubtsova S. et al. Investment support for digital construction in the context of post-war reconstruction in Ukraine // *Finansovo-Kredytna Diyalnist*. – 2025. – Vol. 5. – No. 64. – P. 384–396. DOI: 10.55643/fcaptp.5.64.2025.4867.

Shcherban Bohdan,
PhD in Engineering, Associate Professor, **Klymenko Mykola**,
Kyiv National University of Construction and Architecture, Kyiv

MODELING EFFECTIVE COORDINATION MECHANISMS IN A DIGITAL ENVIRONMENT BASED ON THE INTEGRATION OF STAND-UP COMMUNICATIONS, SYSTEMATIC BACKLOG MANAGEMENT AND BUSINESS PROCESS SYNCHRONIZATION

The digital transformation of organizations necessitates the development of new approaches to coordinating activities in a highly dynamic business environment. Under such conditions, management efficiency largely depends on the ability to ensure alignment of actions among process participants, rapid response to changes, and

transparency of information flows. The integration of communication and management tools into a unified coordination system plays a particularly important role.

Stand-up communications serve as a tool for оператив interaction, enabling regular information exchange and synchronization of team activities. Systematic backlog management provides a foundation for structuring tasks, prioritizing work, and monitoring execution. Business process synchronization ensures coherence among different functional subsystems, which is a necessary condition for the effective functioning of an organization.

Modeling coordination mechanisms makes it possible to formalize the relationships between these elements and determine optimal parameters of their interaction. This creates the preconditions for increasing productivity, reducing the risks of misalignment, and enhancing the adaptability of management systems.

The proposed approach is focused on the formation of an integrated digital environment that combines communication tools, task management, and process coordination. Its application contributes to improving management efficiency, optimizing resource allocation, and achieving strategic organizational goals in the context of the digital economy.

Keywords: digital environment; coordination mechanisms; stand-up communications; backlog management; process synchronization; systems approach; digital management; business processes.

REFERENCES

1. Schwaber K., Sutherland J. *The Scrum Guide*. – 2020. [Online]. – Available at: https://scrumguides.org/scrum-guide.html {in English}

2. Rigby D.K., Sutherland J., Takeuchi H. Embracing Agile // *Harvard Business Review*. – 2016. – Vol. 94. – No. 5. – P. 40–50. [Online]. – Available at: https://hbr.org/2016/05/embracing-agile {in English}

3. Hoda R., Salleh N., Grundy J. The Rise and Evolution of Agile Software Development // *IEEE Software*. – 2018. – P. 1–1. DOI: 10.1109/MS.2018.290111318. [Online]. – Available at: https://www.researchgate.net/publication/326339847_The_Rise_and_Evolution_of_Agile_Software_Development {in English}

4. Bratel C.M. Harnessing data: Transforming ERP systems for smarter decisions // Whitepaper. – 2025. – April 22. [Online]. – Available at: https://www.ifs.com/ {in English}

5. Simetinger F., Zhang Z. (Justin). Deriving secondary traits of Industry 4.0: A comparative analysis of significant maturity models // *Systems Research and Behavioral Science*. – 2020. – Vol. 37. – No. 4. – P. 663–678. [Online]. – Available at: https://ideas.repec.org/a/bla/srbeha/v37y2020i4p663-678.html {in English}

6. Moe N.B., Dingsøyr T., Dybå T. A teamwork model for understanding an agile team: A case study of a Scrum project // *Information and Software Technology*. – 2010. – Vol. 52. – No. 5. – P. 480–491. [Online]. – Available at: https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0950584909002043 {in English}

7. Kuhrmann M., Diebold P., Münch J. Software process improvement: A systematic mapping study on the state of the art // *Journal of Systems and Software*. – 2016. – Vol. 114. – P. 1–27. [Online]. – Available at: https://peerj.com/articles/cs-62/ {in English}

8. van der Aalst W.M.P. *Process Mining: Data Science in Action*. – 2nd ed. – Berlin: Springer-Verlag, 2016. – 467 p. DOI: 10.1007/978-3-662-49851-4. [Online]. – Available at: https://www.researchgate.net/publication/312596129_Process_Mining_Data_Science_in_Action {in English}

9. Chupryna Yu.A., Chupryna Kh.M. Conceptual justification of differentiated risk assessment in selecting models for implementing state target programs based on a cluster-integrative mechanism in the construction sector // *Formation of Market Relations in Ukraine*. – 2025. – No. 6 (289). – P. 56–69. DOI: https://doi.org/10.5281/zenodo.17195870 {in Ukrainian}

10. Kane G.C., Palmer D., Phillips A.N., Kiron D., Buckley N. Strategy, Not Technology, Drives Digital Transformation // *MIT Sloan Management Review*. – 2015. [Online]. – Available at: https://sloanreview.mit.edu/projects/strategy-drives-digital-transformation/ {in English}

11. Sychov O., Fesun A., Ryzhakova H., Chupryna Yu., Rubtsova S. et al. Investment support for digital construction in the context of post-war reconstruction in Ukraine // *Finansovo-Kredytna Diyalnist*. – 2025. – Vol. 5. – No. 64. – P. 384–396. DOI: 10.55643/fcaptp.5.64.2025.4867 {in English}

DOI: 10.32347/2076-815X.2026.92.606-615
УДК 528.4

к.т.н, доцент **Адаменко О.В**.,
Adamaleksandr@gmail.com, ORCID: 0000-0001-7608-1845,
Сарбаш О.О.,
aleksandrsarbas8@gmail.com, ORCID: 0009-0002-9116-7860,
д-р. техн. наук, професор **Анненков А.О**.,
geodez74@gmail.com, ORCID: 0000-0002-3618-5399,
Циколенко О.В.,
tsykolenko.ov@knuba.edu.ua, ORCID: 0000-0001-9231-8400,
Київський національний університет будівництва і архітектури

МЕТОДИКА РОЗРАХУНКУ ТОЧНОСТІ ВІДДІЛЕМІРА ТРЕКЕРА ПІД ЧАС ЙОГО КАЛІБРУВАННЯ ЗА ДОПОМОГОЮ ДВОХ ІНТЕРФЕРОМЕТРІВ

Запропоновано методику розрахунку точності віддалемірів трекерів за результатами одночасних вимірювань відстаней з двома інтерферометрами. Запропонована методика дозволяє кількість трекерів або інтерферометрів, що приймають участь у одночасних вимірюваннях.

Ключові слова: лазерний трекери; інтерферометр; віддалемір; метрологічні характеристики; звіряння вимірювань; точність вимірювань.

Постановка проблеми. Віддалеміри трекерів прийнято перевіряти шляхом порівняння результатів їх вимірювань із лазерними інтерферометрами. Проте точність сучасних трекерів часто співставна з точністю наявних інтерферометрів, що унеможливлює застосування останніх у якості еталонів.

Проблему можливо вирішити, якщо у якості еталонів використовувати два або більше інтерферометр, які виконують вимірювання відстаней одночасно із трекером. Таким чином, виникає проблема аналізу таких вимірювань з метою розрахунку точності віддалеміра трекера.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Переважна більшість дослідників, а також майже усі стандарти, розроблені з питань контролю точності лазерних трекерів, сходяться у поглядах щодо необхідності калібрування віддалемірного блоку приладу шляхом прямих порівнянь результатів вимірювань із еталонним інтерферометром. При цьому можуть використовуватись різні схеми вимірювань – встановлення на рухомій платформі відбивачів інтерферометра та трекера, як це показано у роботі [1], або суміщення візирних осей інтерферометра і трекера через спеціальну світло розділювальну призму та проведення вимірювань різних приладів одночасно на

один відбивач, як це показано у роботі [2]. Окрім того результати досліджень віддалемірів лазерних трекерів за допомогою інтерферометрів можна побичити у роботах [3, 4]. Віддалемір лазерного трекера також може бути перевірений за допомогою матеріального артефакту міри довжини. Більш повний аналіз методів контролю точності лазерних трекерів ми зробили у роботі [5].

Мета дослідження. За класичної схеми калібрування інтерферометр встановлюється поряд із лазерним трекером та разом із ним вимірює переміщення візка, на якому встановлено відбивачі обох приладів. В такому випадку результати вимірювань інтерферометром слугують в якості еталонних значень відстаней, за яким виконують розрахунок точності вимірювань трекером. Підвищення точності еталонних значень відстаней можливо при використанні двох або більше інтерферометрів. Окрім точго, можливе збільшення кількості трекерів, що беруть участь у вимірюваннях одночасно. Збільшення кількості приладів під час проведення одночасних вимірювань ускладнює їх схему, адже частна приладів може бути встановлена з іншого кінця компаратора, вздовж якого рухається візок. Таким чином виникає завдання розроблення універсальної методики, яка дозволяє оцінити точність вимірювань всіх трекерів, що беруть участь у вимірюваннях з урахуванням показів всіх еталонних засобів.

Основна частина. Розглянемо процедуру контролю точності лазерних трекерів. Як було вже сказано раніше, віддалемір трекера прийнято перевіряти за допомогою порівняння його показів із показами інтерферометра. Зауважимо, піч час таких вимірювань важливо забезпечити одночасність та однаковість умов вимірювань для всіх віддалемірів, що беруть участь у вимірюваннях. Таким чином, основною схемою вимірювань є схема, в якій трекер і інтерферометри встановлено з одного боку компаратора, вздовж якого рухається візок (рис. 1).

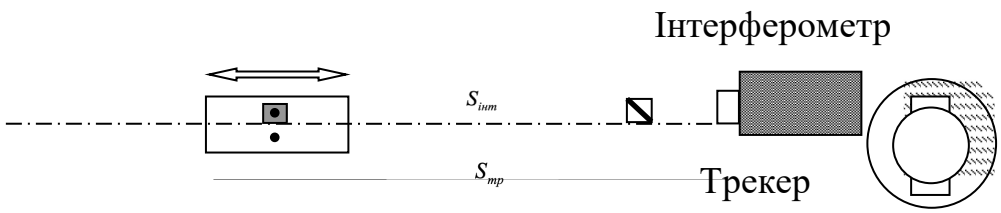


Рис. 1 Схема проведення вимірювань переміщення візка інтерферометром і трекером при вимірюванні на відбивачі, розташовані паралельно.

Проте зазначена схема вимірювань має суттєвий недолік. Зазвичай еталон повинен бути щонайменше втричі точніший за засіб, який калібрується. Проте, популярні моделі інтерферометрів часто не мають необхідного запасу точності вимірювань у порівнянні із сучасними лазерними трекерами. В табл. 1

занесемо нормовані метрологічні характеристики інтерферометрів і віддалемірів трекерів.

Табиця 1

Нормовані метрологічні характеристики інтерферометрів та віддалемірів трекерів.

Назва засобу вимірювальної техніки	Нормована точність вимірювань відстаней
інтерферометри	
Renishaw XL-80	0,5 мкм/м
Lasertex HPI-3D	0,4 мкм/м
трекери	
Leica AT-402	10 мкм
FARO Vantage S	16 мкм + 0,8 мкм/м
API Radian	15 мкм або 0,7 мкм/м

Як видно з таблиці 1, вже на відстані 10 м наявні інтерферометри не забезпечують необхідного запасу точності для калібрування трекера Leica AT-402, на відстані 15 м інтерферометри не повинні застосовуватись для калібрування трекера API Radian. Такі контрольовані діапазони вимірювань значно нижчі за діапазони вимірювань лазерними трекерами, що можуть сягати 80 м і більше. Подібна картина спостерігається для інших типів лазерних трекерів та інтерферометрів.

На нашу думку, вирішення цієї проблеми можливо шляхом використання пари інтерферометрів для контролю переміщень візка (рис. 2).

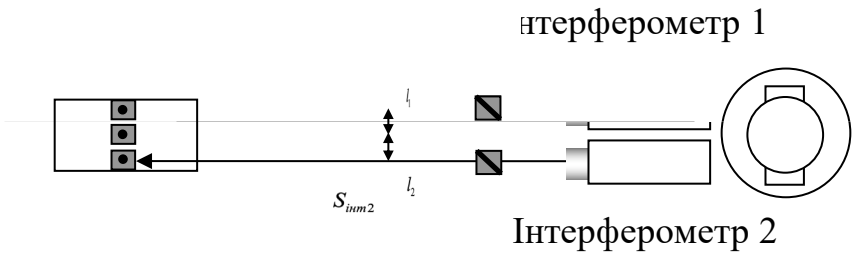


Рис. 2 Схема проведення вимірювань переміщення візка двома інтерферометрами і трекером за вимірювань на відбивачі, розташовані паралельно.

Середню квадратичну похибку вимірювань відстаней трекерами, як і і ншими геодезичними приладами, прийнято нормувати за допомогою постійноїц a та змінної b складових. Середню квадратичну похибку вимірювань відстаней трекером прийнято виражати настипною залежністю:

$$m = a + b \cdot L \cdot 10^{-6} \text{(мкм)}, \quad (1)$$

де L – виміряна відстань в мкм.

Якщо віддалеміра трекера порівнюється із вимірами одного інтерферометра, за результатами таких вимірювань отримуємо сукупність

виміряних відстаней трекером із виміряними відхиленнями результату вимірювань кожної відстані. Таким чином отримуємо сукупність рівнянь виду (2), за якими можуть бути визначені постійна і змінна складові середньої квадратичної похибки вимірювань відстаней трекером шляхом їх апроксимації лінійною регресією методом найменших квадратів:

$$\Delta_i = a + b \cdot L_i, \tag{2}$$

де i – номер вимірювання;

Δ_i – похибка у виміряному значені i-ої відстані.

Під час дослідження метрологічних характеристик віддалемірів може виникати задача коли еталонне значення виміряної відстані невідоме або відомо з недостатньою точністю. Дана ситуація можлива наприклад під час звіряння віддалемірів, як це показано у роботах [6, 7]. В такому випадку виконують одночасні, попарні вимірювання заздалегідь визначених відстаней всіма віддалемірами, що беруть участь у вимірюваннях. Дійсні значення виміряних відстаней можуть бути визначені разом із визначенням метрологічних характеристик віддалемірів в ході їх сумісного вирівнювання. Рівняння вимірювань в загальному випадку для кожної пари віддалемірів будуть мати наступний вигляд:

$$v_{ijj'} = a_j + b_j \cdot L_{ijj'} + a_{j'} + b_{j'} \cdot L_{ij'j}, \tag{3}$$

де i – номер вимірювання;

j, j' – порядковий номер віддалеміру, $j \neq j'$, $j = 1...m$, $j' = 1...m$;

$L_{ijj'}$, $L_{ij'j}$ – виміряні при i-тому вимірюванні відстані;

m – загальна кількість віддалемірів, що беруть участь у вимірюваннях;

$v_{ijj'}$ – різниця між показами віддалемірів j та j' у i-ій виміряній відстані;

a_j, $a_{j'}$ – постійні складові середньої квадратичної похибки вимірювань відстаней віддалемірів j та j' відповідно;

b_j, $b_{j'}$ – змінні складові середньої квадратичної похибки вимірювань відстаней віддалемірів j та j' відповідно.

Зауважимо, дані вимірювання мають сенс, якщо в них приймають участь щонайменше 3 віддалеміра. В цьому випадку система рівнянь матиме вигляд:

$$\begin{cases} v_{i12} = a_1 + b_1 \cdot L_{i12} + a_2 + b_2 \cdot L_{i21} \\ v_{i13} = a_1 + b_1 \cdot L_{i13} + a_3 + b_3 \cdot L_{i31} \\ v_{i23} = a_2 + b_2 \cdot L_{i23} + a_3 + b_3 \cdot L_{i32} \end{cases}, \tag{4}$$

Практична реалізація цієї методики була показана у роботах [6] (для інтерферометрів) та [7] (для тахеометрів).

Описана нами задача дещо ускладнюється, якщо у вимірюваннях приймають участь віддалеміри, що мають різну номінальну точність вимірювань відстаней. В такому випадку ми маємо справу із нерівноточними вимірами. У рівняннях вимірювань необхідно враховувати вагу вимірювань кожного віддалеміра. Загальне рівняння вимірювань буде мати наступний вигляд:

$$\Delta_{ijj'} = \overline{p}_{ij} \cdot c_j + \overline{p}_{ij} \cdot b_j \cdot L_{ijj'} + \overline{p}_{ij'} \cdot c_{j'} + \overline{p}_{ij'} \cdot b_{j'} \cdot L_{ij'j}, \quad (5)$$

де $\overline{p}_j$, $\overline{p}_{j'}$ – приведена вага вимірювань віддалемірів j та j' відповідно яка може бути визначена з наступних залежностей:

$$\overline{p}_j = \frac{p_j}{p_j + p_{j'}}, \quad (6)$$

$$p_j = \frac{u_j + u_{j'}}{u_j}, \quad (7)$$

де u_j, $u_{j'}$ – нормовані стандартні невизначеності вимірювань відстаней віддалемірами j та j' відповідно. Звернемо увагу, індекс i у рівнянні (5) означає, що для різних значень виміряних відстаней віддалеміра може мати різне значення невизначеності вимірювань, і, відповідно, різне значення його ваги.

Розглянемо вимірювання, в яких забезпечено одночасне вимірювання кожної відстані всіма віддалемірами, що беруть участь у вимірюваннях. В такому випадку виконання обчислень різниць у виміряних значеннях відстаней між віддалемірами попарно є помилковим шляхом. Більш правильним буде обчислення на першому етапі опорних значень відстаней, визначених за результатами вимірювань всіх віддалемірів, та визначення на другому етапі метрологічних характеристик віддалемірів за цими опорними значеннями. Якщо всі віддалеміри, що приймають участь у вимірюваннях мають однакову номінальну точність вимірювань, опорні значення довжин можуть бути визначені з виразу:

$$\overline{L}_i = \frac{\sum L_{ij}}{m}, \quad (8)$$

де i – номер відстані (або номер вимірювання);

j – номер віддалеміра;

m – загальна кількість віддалемірів, що беруть участь у вимірюваннях.

У випадку, коли вимірювання проводяться віддалемірами, що мають різну номінальну точність вимірювань відстаней, опорні значення відстаней можуть бути визначені з наступних виразів:

$$\overline{L}_i = \sum \overline{p}_{ij} \cdot L_{ij}, \quad (9)$$

$$\overline{p}_{ij} = \frac{p_{ij}}{\sum p_{ij}}, \quad (10)$$

$$p_{ij} = \frac{\sum u_{ij}}{u_{ij}}, \tag{11}$$

В такому випадку рівняння вимірювань для кожного віддалеміра будуть мати наступний вигляд:

$$\Delta_{ij} = a_j + b_j \cdot L_{ij}, \tag{12}$$

$$\Delta_{ij} = \overline{S}_i - S_{ij}. \tag{13}$$

Розроблена методика дозволяє виконати розрахунок точності вимірювань відстаней для всіх трекерів, що беруть участь у одночасних вимірюваннях.

З метою апробації запропонованної методики нами було проведено експериментальні дослідження, в який приймали участь два інтерферометри Renishaw XL-80 і Lasertex HPI-3D та два лазерних трекера FARO Vantage S. Вимірювання складались з двох прийомів. У кожному прийомі два інтерферометра і один із трекерів встановлювались згідно запропонованої нами методики, інший трекер встановлювався по осі переміщень візка з іншої сторони компаратора. Схема наших вимірювань представлена на рис. 3.

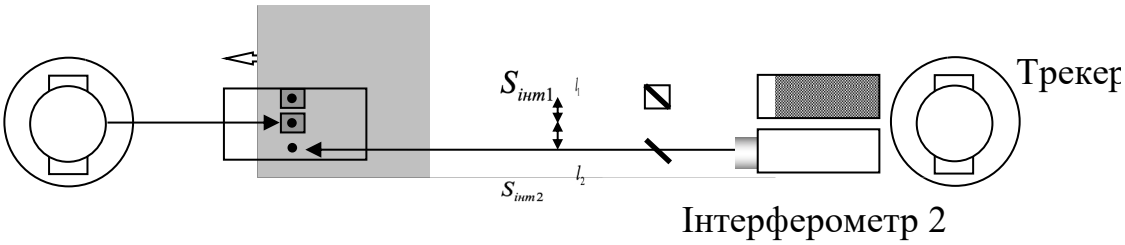


Рис. 3 Схема проведення досліджень вимірювань переміщень.

У кожному прийомі вимірювань візок переміщувався в прямому і зворотньому напрямах на відстань від 0 до 23,6 м. Кожний метр візок зупинявся та виконувались вимірювання відстаней всіма приладами. Переміщення візка трекерами визначалось за різницями координат відбивачів між кожної та першою точкою вимірювань. Між прийомами трекери 1 і 2 були поміняні місцями. Результати вимірювань представлено у табл. 2.

Таблиця 2

Результати експериментальних досліджень

Серія 1				Серія 2			
Інтерф. 1	Інтерф. 2	Трекер 1	Трекер 2	Інтерф. 1	Інтерф. 2	Трекер 1	Трекер 2
1	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**
0,0000	0,0000	2177,0891	25116,8930	0,0000	0,0000	25180,6708	2114,4964
1006,7184	1006,7442	3174,6504	24110,2445	1006,3403	1006,3596	24174,3952	3111,2593
1998,8197	1998,7995	4162,0052	23118,1818	1999,4572	1999,4368	23181,3182	4099,4606
2987,0984	2987,0942	5147,4033	22129,9753	3006,6329	3006,5956	22174,2032	5103,6256
4017,6406	4017,6563	6175,9275	21099,5148	4008,1326	4008,1247	21172,7909	6103,1359

1	2	3	4	5	6	7	8
5005,6358	5005,6584	7162,5184	20111,5995	4996,2824	4996,2772	20184,7203	7089,8602
6002,2707	6002,2894	8158,0854	19115,0467	6000,7548	6000,7700	19180,3469	8093,2486
7004,9074	7004,9118	9159,8709	18112,5002	6999,3538	6999,3682	18181,8414	9090,9941
8005,4315	8005,4592	10159,7308	17112,0754	8002,3952	8002,4152	17178,9171	10093,3541
9003,8745	9003,9094	11157,6287	16113,7766	8997,8329	8997,8531	16183,5987	11088,2369
10013,2552	10013,2719	12166,5275	15104,5243	9998,7772	9998,7907	15182,7904	12088,7079
11006,0547	11006,0613	13158,9380	14111,8826	11002,5717	11002,5443	14179,1365	13092,0838
12006,3594	12006,3730	14158,9094	13111,7592	11998,0031	11998,0050	13183,8985	14087,1964
13000,0042	13000,0083	15152,2598	12118,3229	13001,5252	13001,5437	12180,5951	15090,4339
14000,8261	14000,8416	16152,8359	11117,7632	14008,5043	14008,5201	11173,8641	16097,1556
15000,2202	15000,2442	17152,0125	10118,6708	14997,7780	14997,8000	10184,8949	17086,2115
16002,4571	16002,4569	18154,0357	9116,7915	15995,1570	15995,1382	9187,8557	18083,3646
17000,0677	17000,0694	19151,4696	8119,6339	16998,4975	16998,4606	8184,9588	19086,5139
18002,6142	18002,6332	20153,8641	7117,6803	17995,1110	17995,1129	7188,9333	20082,9865
19004,0262	19004,0240	21155,1134	6117,0279	18995,5316	18995,5210	6189,2589	21083,2541
20004,0980	20004,0803	22155,0442	5118,0278	20000,1712	20000,1845	5185,6939	22087,7772
21008,5572	21008,5884	23159,4145	4115,2037	21000,9605	21000,9784	4186,4582	23088,4478
22012,4362	22012,4476	24163,1747	3113,9602	22006,0075	22006,0134	3183,9547	24093,3778
22988,2816	22988,2956	25138,9185	2143,0578	23002,5235	23002,5092	2192,2528	25089,7819
23624,3231	23624,3376	25774,9062	1513,6299	23688,6223	23688,6224	1513,1737	25775,8234
23624,3236	23624,3387	25774,9055	1513,6521	23688,6222	23688,6223	1513,1800	25775,8241
22986,8491	22986,8427	25137,4837	2144,4780	22989,9370	22989,9151	2204,7506	25077,1956
22021,3023	22021,3158	24172,0507	3105,1296	22003,7288	22003,7205	3186,1983	24091,0930
21026,4457	21026,4397	23177,2849	4097,3404	20998,2403	20998,2645	4189,2190	23085,7349
20003,3454	20003,3391	22154,3147	5118,7886	19995,9941	19995,9786	5189,8658	22083,5905
19013,2016	19013,1794	21164,2939	6107,8603	18988,4188	18988,3943	6196,3717	21076,1402
18007,1946	18007,2074	20158,4567	7113,1100	18007,9855	18007,9653	7176,0718	20095,8540
17001,6625	17001,6641	19153,0829	8118,0491	17002,9494	17002,9207	8180,5300	19090,9789
15999,9565	15999,9267	18151,5367	9119,2889	16012,1392	16012,1147	9170,8937	18100,3527
15001,0659	15001,0833	17152,8712	10117,8402	14995,5759	14995,5559	10187,0928	17083,9979
14000,8229	14000,8172	16152,8425	11117,7684	13995,0784	13995,0574	11187,2941	16083,7244
13004,9116	13004,9249	15157,1922	12113,4379	13001,8947	13001,8994	12180,2442	15090,8119
11999,1141	11999,1053	14151,6776	13119,0125	12000,9038	12000,8907	13181,0184	14090,1017
11000,2033	11000,1998	13153,1060	14117,7489	10999,4494	10999,4023	14182,2771	13088,9631
9999,7224	9999,7299	12153,0210	15118,0764	10001,7049	10001,6975	15179,8859	12091,6398
8999,9876	8999,9951	11153,7935	16117,6726	9001,1883	9001,1809	16180,2649	11091,5949
8001,2508	8001,2947	10155,5910	17116,3028	8007,7693	8007,7698	17173,5841	10098,7524
7001,3504	7001,3488	9156,3395	18116,0775	7000,1404	7000,1318	18181,0832	9091,7871
6001,4956	6001,4983	8157,3281	19115,8446	6000,7017	6000,6819	19180,4269	8093,1979
5007,2589	5007,2684	7164,1572	20109,9941	5004,9725	5004,9670	20176,0758	7098,5592
4005,1862	4005,2017	6163,5227	21111,9936	4003,9043	4003,8770	21177,0563	6098,9243
2999,2984	2999,2888	5159,5959	22117,8017	3001,8387	3001,8063	22179,0467	5098,8748
2000,7622	2000,7501	4163,9647	23116,2675	2000,5774	2000,5473	23180,2419	4100,5994
998,4130	998,4534	3166,4182	24118,5810	1000,6909	1000,7129	24180,0942	3105,6795
-0,8308	-0,8237	2176,2965	25117,7583	-0,0790	-0,0730	25180,8014	2114,4629

Як видно із наведених в табл. 2 результаів вимірювань, відхилення у виміряних інтерферометрами переміщеннями візка можуть досягати 50 мкм, що пояснбється непрямолінійності його переміщення.

Зауважимо, хоч тер екери і встановлювались співвісно з переміщеням візка, під час вимірювань фіксувались тривимірні координати відбивача трекера X, Y, Z у двох положеннях трекера (Front Side і Back Side). Переміщення візка визначалось за різницею середніх значень координат кожної точки встановлення візка відносно середніх значень координат його початкової точки. В табл.. 2 наведено результати таких обчислень.

Нами було визначено точність віддалемірів трекерів, що приймали участь у вимірюваннях. Визначення точності віддалемірів виконувалось шляхом апроксимації відхилів виміряних даних від еталонних значень за допомогою лінійної регресії методом найменших квадратів. Математична складова таких обчислень широко відома та наводитись нами не буде. В апроксимації використовувались абсолютні значення відхилень (без урахування знаку відхилення).

За результатами розрахунку точності віддалемірів, з урахуванням ваг вимірювань інтерферометрів і трекерів визначено середні квадратичні похибки вимірювань відстаней двох трекерів. Для трекера 1 середня квадратична похибка вимірювання відстаней склала: $m = 5{,}2 + 1{,}0 \cdot L$ мкм, для трекера 2 – $m = 5{,}3 + 1{,}4 \cdot L$ мкм.

Висновки. Виконаємо аналіз отриманих результатів. Результати обчислення точності віддалемірів, виконаних з урахуванням даних одного інтерферометра мають сильні розходження між собою (наприклад складова a у трекера 2 змінюється від 2 до 32 мкм залежно від положення трекера і напрямку руху візка) та великі значення похибок їх визначення (до 15 мкм), шо вказує на наявність систематичних похибок у вимірюваннях, в першу чергу перекосів у переміщеннях візка.

Використання даних вимірювань двох інтерферометрів для визначення еталонних (опорних) значень довжин ліній а також врахування ваги кожного виміру призводить до високої точності визначення даних моделювання та оцінки їх точності (до 2.2 мкм).

Таким чином, на результати вимірювань при контролі точності віддалемірів трекерів за допомогою інтерферометра можуть впливати значна кількість факторів. Залежно від конструкції компаратора, який використовується під час вимірювань, їх результати можуть бути спотворені можливими перекосами візка компаратора під час його руху. Врахування цих перекосів можливо при використанні двох інтерферометрів з метою визначення еталоних значень виміряних відстаней. Нами була запропонована методика

проведення та оброблення таких вимірювань та виконана її практична апробація.

Список використаних джерел

1. Muralikrishnan, Bala & Sawyer, D. & Blackburn, Christopher & Phillips, Steven & Borchardt, B. & Estler, Tyler. (2008). Performance evaluation of laser trackers. DOI: 10.1145/1774674.1774698.
2. Gruza, M., Gąska, A., Sładek, J., Stojadinovic, S., Vidosav, M., Gąska, P., & Harmatys, W. (2021). Method for Accuracy Assessment of the Length Measurement Unit of Laser Tracking Systems. Applied Sciences, 11(19), 9335. DOI: https://doi.org/10.3390/app11199335
3. Nasr, K.M. & Forbes, Alistair & Hughes, Ben & Lewis, Andrew. (2012). ASME B89.4.19 standard for laser tracker verification - Experiences and optimisations. International Journal of Metrology and Quality Engineering. 3. 89-95. DOI: 10.1051/ijmqe/2012014.
4. M Wiśniewski. Laser tracker calibration procedure at Central Office of Measures. 2018 J. Phys.: Conf. Ser. 1065 082006 DOI 10.1088/1742-6596/1065/8/082006
5. Адаменко, О., Сарбаш, О., Анненков, А., Кузьмич, О., Циколенко, О. (2024). АНАЛІЗ МЕТОДІВ КОНТРОЛЮ МЕТРОЛОГІЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК ЛАЗЕРНИХ ТРЕКЕРІВ. Містобудування та територіальне планування, (85), 22–30. https://doi.org/10.32347/2076-815x.2024.85.22-30
6. О. Самойленко, О. Адаменко, В. Калініченко 2018 Методика та результати прямих звірень пересувних лазерних інтерферометрів Renishaw XL-80. Метрологія та прилади. № 4.
7. Самойленко О.М. Опрацювання результатів вимірювань довжини для звірень або калібрувань віддалемірів і тахеометрів на польовому компараторі / О.М. Самойленко, О.М. Адаменко // Геодезія, картографія і аерофотознімання. — Львів: Видавництво Львівської політехніки, 2019. — № 90. — С. 15–28.

Ph.D., Associate Professor **Oleksandr Adamenko, Oleksandr Sarbash,**
Dr. of Engineering, Prof. **Andriy Annenkov, Olena Tsykolenko,**
Kyiv National University of Construction and Architecture

RESEARCH OF DISTANCE MEASUREMENT ACCURACY OF A LASER TRACKER USING TWO INTERFEROMETERS

Laser trackers are widely used in industrial metrology, geodesy, and large-scale dimensional measurements due to their high accuracy and flexibility. However, ensuring reliable measurement results requires effective control of their metrological characteristics, particularly the accuracy of distance measurements. Traditional calibration methods are based on comparison of laser tracker measurements with reference interferometers. However, the accuracy of modern laser trackers is often comparable to the accuracy of interferometric systems, which complicates their use as reference instruments and reduces the reliability of calibration results.

This study proposes a method for determining the accuracy of laser tracker distance measurements using two interferometers. Several measurement

configurations were analyzed to minimize systematic errors caused by carriage misalignment during displacement. The proposed approach is based on simultaneous measurements performed by a laser tracker and two interferometers, which allows obtaining more reliable reference distances and reducing systematic measurement errors. Mathematical processing of measurement results was carried out using least squares approximation and weighted averaging, taking into account the different accuracy of measuring instruments.

The proposed methodology improves the accuracy and reliability of calibration and verification of laser trackers and can be effectively applied in industrial and geodetic measurements.

Keywords: laser tracker; interferometer; calibration; distance measurement; metrological characteristics; measurement accuracy.

REFERENCES

1. Gruza, M., Gąska, A., Sładek, J., Stojadinovic, S., Vidosav, M., Gąska, P., & Harmatys, W. (2021). Method for Accuracy Assessment of the Length Measurement Unit of Laser Tracking Systems. Applied Sciences, 11(19), 9335. DOI: https://doi.org/10.3390/app11199335 {in English}

2. Muralikrishnan, B., Sawyer, D., Blackburn, C., Phillips, S., Borchardt, B., & Estler, T. (2008). Performance evaluation of laser trackers. DOI: 10.1145/1774674.1774698 {in English}

3. Nasr, K.M., Forbes, A., Hughes, B., & Lewis, A. (2012). ASME B89.4.19 standard for laser tracker verification – Experiences and optimisations. International Journal of Metrology and Quality Engineering, 3, 89–95. DOI: 10.1051/ijmqe/2012014 {in English}

4. Wiśniewski, M. (2018). Laser tracker calibration procedure at Central Office of Measures. Journal of Physics: Conference Series, 1065, 082006. DOI: 10.1088/1742-6596/1065/8/082006 {in English}

5. Adamenko, O., Sarbash, O., Annenkov, A., Kuzmych, O., & Tsykolenko, O. (2024). Analysis of methods for controlling metrological characteristics of laser trackers. Urban Planning and Territorial Planning, (85), 22–30. DOI: https://doi.org/10.32347/2076-815x.2024.85.22-30 { in Ukrainian }

6. Samoilenko, O., Adamenko, O., & Kalinichenko, V. (2018). Method and results of direct comparisons of portable laser interferometers Renishaw XL-80. Metrology and Instruments, №4 {in Ukrainian}

7. Samoilenko, O.M., & Adamenko, O.M. (2019). Processing of length measurement results for comparisons or calibration of distance meters and total stations on a field comparator. Geodesy, Cartography and Aerial Photography, №90, 15–28. Lviv Polytechnic Publishing House {in Ukrainian}

DOI: 10.32347/2076-815X.2026.92.616-625
УДК 528.4: 697.8

к.т.н., доцент **Бачишин Б.Д.,**
b.d.bachyshyn@nuwm.edu.ua, ORCID: 0009-0009-1961-7776,
Національний університет водного господарства
та природокористування, м. Рівне

ВИЗНАЧЕННЯ ПОКАЗНИКА НАДІЙНОСТІ ЦЕГЛЯНОЇ ДИМОВОЇ ТРУБИ ЗА РЕЗУЛЬТАТАМИ ГЕОДЕЗИЧНИХ СПОСТЕРЕЖЕНЬ

Цегляні димові труби як унікальні інженерні споруди потребують постійного геодезичного моніторингу свого стану. Довготривала та безаварійна роботи котельні можлива лише за умов безпечного функціонування димової труби. Але нормативний термін експлуатації більшості цегляних димових труб на території України вже сплив. Руйнування такої конструкції може завдати значних економічних втрат чи навіть людських жертв. Універсальним показником безпечної експлуатації димової труби є її надійність. Мета цієї роботи – визначення Гаусового показника надійності цегляної димової труби котельні за результатами геодезичних спостережень. Актуальність цього дослідження полягає в тому, що геодезичні вимірювання є джерелом повної та актуальної інформації про реальне просторове положення точок димової труби, зокрема, про її крен, який негативно впливає на значення показника надійності конструкції.

Для досліджень використано результати геодезичних спостережень цегляної димової труби протягом 2021, 2022 та 2023 років. Розрахунок надійності цієї конструкції виконано за міцністю та стійкістю. Отримані результати свідчать, що ця цегляна димова труба має дуже високий Гаусовий показник надійності за міцністю і просто величезний показник за стійкістю $\beta = 18.00$. *Підтверджено суттєвий вплив на зміну Гаусового показника надійності даних про реальне просторове положення конструкції, отриманих за геодезичними спостереженнями.*

Результати досліджень варто розглядати як невід'ємну складову будівельної інформаційної системи димової труби (БІМ).

Ключові слова: геодезичні спостереження; просторове положення; цегляна димова труба; показник надійності; надійність за міцністю; надійність за стійкістю.

Постановка проблеми. Цегляні димові труби є унікальними та технологічно важливими інженерними конструкціями. Вони потребують надійного функціонування, адже забезпечують безаварійну роботу котельні та

постачання тепла цілим мікрорайонам міста. В той же час, нормативний термін експлуатації більшості цегляних димових труб вже сплив. Крім того, поширеною практикою стало неконтрольоване встановлення на димових трубах обладнання мобільного зв'язку, яке викликає додаткові, непередбачені проектом, зусилля. Поєднання цих двох факторів може привести до ситуації, коли сумарне зусилля перевищить опір конструкції в певному місці, що призведе до руйнування споруди. Іншою причиною руйнування може бути втрата стійкості [1] цегляної димової труби через появу надмірного крену конструкції, особливо коли обладнання сконцентроване з одного боку труби. Руйнування димової труби може завдати значних економічних збитків, а то й призвести до людських жертв.

Імовірність безвідмовної роботи димової труби протягом усього періоду функціонування називають універсальним показником безпечної експлуатації об'єкта або його надійністю. Розрізняють показник надійності за міцністю та за стійкістю. Геодезичні спостереження є джерелом точної та актуальної інформації про реальне просторове положення точок цегляної димової труби, зокрема, про відхилення точок осі димової труби від вертикального положення. Останні негативно впливають на зміну напружено-деформованого стану конструкції і, як наслідок, на зміну реального показника надійності об'єкта.

Тому дослідження імовірнісного показника надійності димових труб за результатами геодезичних спостережень є важливою науково-практичною задачею.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Наукові дослідження визначення імовірнісного показника надійності будівельних конструкцій [2, 3] знайшли своє практичне втілення в державних будівельних нормах [4] та в навчальних завданнях для студентів Вузів [5]. Інтерес до моніторингу димових труб, і зокрема цегляних, є постійним та безперервним у різних куточках нашої планети, адже важливість безаварійної роботи таких споруд не потребує доказів.

В [6, 7] обґрунтовується необхідність застосування статистично-ймовірнісних методів для оцінки надійності димових труб, адже значення постійних та змінних навантажень, характеристики опору матеріалів та геометричні параметри споруди можна розглядати як випадкові функції в часі. В роботах [8-12] реалізовані спроби врахування широкого спектру факторів для аналізу надійності димових труб в різноманітних реальних умовах. Проте, залучення результатів геодезичного моніторингу до аналізу функціонування конструкцій димових труб чи їх складових здійснено лише в деяких роботах [9, 12]. Для аналізу ефективності роботи віброгасників для сталевих димоходів в праці [9] використано результати польових вимірювань наземного

інтерферометричного радара IBIS-S, тахеометра Leica Nova MS50 та 3-осьового MEMS-акселерометра. Автори [12] застосували мікрохвильовий інтерферометр для дистанційного вимірювання прогину цегляної димової труби.

Актуальність цього дослідження полягає в тому, що дані геодезичних спостережень цегляної димової труби є суттєвим фактором, який поруч з усіма іншими, дозволяє наблизити вирахуване значення імовірнісного показника надійності конструкції до реального та оцінити реальний стан конструкції на момент спостережень.

Метою цієї роботи є врахування результатів геодезичного моніторингу цегляної димової труби для визначення імовірнісного показника надійності конструкції.

Виклад основного матеріалу. Об'єктом дослідження є цегляна димова труба котельні по вулиці Миколи Карнаухова в м. Рівне. Загальна висота труби 37,004 м. Нижня частина висотою до 2,5 м має форму циліндра діаметром 3,648 м з товщиною стінки 51 см. Від відмітки 2,5 м до верху – конічна форма з товщина стінки 38 см. Діаметр верхнього січення – 2,782 м. Через кожні 1,5 м – труба має сталеві стяжні кільця товщиною 10 мм. На висоті 32 м встановлені 4 антени мобільного зв'язку, причому – з одного боку. Під час проведення польових спостережень співробітники котельні повідомляли про «відстрілювання» частин цегли від труби і про їх падіння на території котельні. Це свідчить про те, що в тілі димової труби відбуваються негативні з точки зору міцності процеси.

Для розрахунку Гаусового показника надійності цієї цегляної димової труби використані результати геодезичного моніторингу за 2021-23 роки [13]. Максимальне відхилення верху труби від вертикального положення було зафіксоване в липні 2022 року і становило 0,217м при граничному відхиленні 0,074м. Крен відбувається в напрямку встановлених антен – дирекційний кут напрямку крену – 264˚.

Для розрахунку зусиль в тілі цегляної димової труби враховані такі навантаження: власна вага труби, вага антен, вага ожеледиці, вітрове навантаження на антени, рівномірно розподілене вітрове навантаження на трубу до відмітки 5.0, нерівномірно розподілене вітрове навантаження по всій висоті труби та температурне навантаження від сонця. Розрахунок зусиль було здійснено в програмному комплексі «ЛІРА» [14]. Для подальших розрахунків використані значення зусиль в нижній точці та на відмітці 2,5 м, де відбувається зміна товщини димової труби (див. табл.1).

Гаусовий показник надійності β цегляної димової труби вирахуємо за формулою, адаптованою з [15],

$$\beta = \frac{R - M_З}{\sqrt{m_R^2 + m_{M_З}^2 - 2r_{RM} m_R m_{M_З}}}, \quad (1)$$

де R – опір січення димової труби, $M_З$ – загальне згинальне зусилля, яке є сумою згинального моменту та позацентрово-стискального зусилля N, m_R, $m_{M_З}$ – середні квадратичні похибки відповідно опору та загального згинального зусилля, r_{RM} – коефіцієнт кореляції опору та зусилля.

Таблиця 1

Значення зусиль в тілі димової труби, розраховані програмою «ЛІРА»

Відмітка	**Стискаюче зусилля N, Н**	**Згинальний момент M_X, Н·м**	**Згинальний момент $M_У$, Н·м**
0,0 м	864000	2400	18400
2,5 м	806700	2099	16177

Для обчислення опору та зусилля при аналізі міцності цегляної димової труби використані формули (2) – (4) з [16]

$$M_З = M + Ne \quad (2)$$

$$R = W \cdot R_{уп} \quad (3)$$

$$W = \pi / 32 / D \cdot (D^4 - (D-t)^4) \quad (4)$$

$$m_{M_З} = \sqrt{(0.05M)^2 + (0.05N \cdot e)^2 + (0.01N)^2} \quad (5)$$

$$m_R = \sqrt{(0.05WR_{уп})^2 + (R_{уп} \cdot m_W)^2} \quad (6)$$

$$m_W = \pi / 32 \sqrt{((3D^4 - 4D(D-t)^3 + (D-t)^4) m_D)^2 / D^4 + (4(D-t)^3 m_t / D)^2} \quad (7)$$

У формулах (2) – (7): e – ексцентриситет прикладання стискаючого зусилля, вирахуваний з геодезичних спостережень ($e = 217$ мм); $R_{уп}$ – нормативний опір цегляної кладки, W - момент опору поперечного перерізу, D – зовнішній діаметр перерізу димової труби, t – товщина стінки труби, m_W, m_D, m_t середні квадратичні похибки відповідно моменту опору поперечного перерізу, зовнішнього діаметру труби та товщини стінки. Прийнято, що $m_D = m_t = 0.015 м$. Значення показника надійності за міцністю приведені в таблиці 2. Розглянуто 2 варіанти значень коефіцієнтів кореляції опору та зусиль: $r_{RM} = 0$ (похибки опору та зусиль некорельовані) та $r_{RM} = -0.5$ (похибки опору та зусиль мають негативне значення кореляції).

Обчислення показника надійності цієї труби на основі аналізу стійкості здійснено за аналогічною формулою (1). Але під згинальним зусиллям будемо розуміти сумарний перекидний момент, який намагається «повалити» трубу, а

під опором – граничне значення стабілізаційного моменту. Ці параметри визначалися за алгоритмом, приведеним в [1].

При обчисленні β за стійкістю використані формули з [16]

$$M_З = M + P \cdot e_Ц \tag{8}$$

$$R = P \cdot D_0 / 2 \tag{9}$$

$$m_{M_З} = \sqrt{(0.05M)^2 + (0.05P \cdot e_Ц)^2 + (0.01P)^2} \tag{10}$$

$$m_R = \sqrt{(0.05PD_0 / 2)^2 + (0.01P)^2} \tag{11}$$

Параметри у формулах (8) – (11) мають такі значення: $P = 1749232{,}1$ *Н* – вага димової труби з фундаментом, $e_Ц = 0.073$ *м* – ексцентриситет центру мас; $D_0 = 3.8$ *м* – діаметр фундаменту димової труби. Результати розрахунків приведені в таблиці 2.

Таблиця 2

Результати обчислення Гуасового показника надійності цегляної димової труби

Відмітка, м	**Ексцен-триситет *e*, мм**	**Розрахунок за міцністю**		**Ексцен-триситет $e_Ц$, мм**	**Розрахунок за стійкістю**	
		$r_{RM} = 0$	$r_{RM} = -0.5$		$r_{RM} = 0$	$r_{RM} = -0.5$
0.0	217	5.52	5.32	73	18.97	18.00
	0	6.48	6.34	0	18.97	18.06
2.5	202	5.34	5.15			
	0	6.39	6.23			

Ця цегляна димова труба має дуже високий Гаусовий показник надійності за міцністю і просто величезний показник за стійкістю $\beta = 18.00$. Останній перевищує більш ніж втричі значення показника за міцністю для цієї споруди і майже у 70 разів значення показника за стійкістю для металевої димової труби з [16]. Це пояснюється великою вагою цегляної димової труби.

Як і у випадку з металевою димовою трубою [16], суттєвий вплив на зміну β мають дані про реальне просторове положення конструкції. Реальне значення ексцентриситету, обчислене за геодезичними спостереженнями, «понижує» Гаусовий показник надійності майже на 1 пункт при розрахунку за міцністю.

Найслабшим місцем цієї димової труби при аналізі за міцністю є січення на висоті 2.5 м, де відбувається зміна форми та товщини димової труби. Тут Гаусовий показник надійності має найменше значення $\beta = 5.15$ у випадку реального ексцентриситету та негативного значення коефіцієнта кореляції опору та зусилля.

Так само як і для металевої труби [16], істотний вплив на зміну β цегляної труби має значення коефіцієнта кореляції r_{RM}, тому дослідження в напрямку визначення реального значення r_{RM} є необхідними.

Висновки. Для дослідження показника надійності цегляної димової труби використані результати геодезичного моніторингу цієї димової труби, проведеного у 2021-23 роках. Зусилля в тілі цегляної труби розраховувалися програмним комплексом «ЛІРА». Отримані значення Гаусового показника надійності труби за міцністю та стійкістю при реальних значеннях ексцентриситету та при його нульових значеннях. Результати доповнені даними при двох значеннях коефіцієнта кореляції опору та зусиль: нульовому та – *0.5*.

Ця цегляна димова труба має дуже високий Гаусовий показник надійності за міцністю і просто величезний показник за стійкістю $\beta = 18.00$. Останній перевищує більш ніж втричі значення показника за міцністю для цієї споруди і майже у 70 разів значення показника за стійкістю для металевої димової труби [16]. Це пояснюється великою вагою цегляної димової труби.

Підтверджено суттєвий вплив на зміну β даних про реальне просторове положення конструкції, отриманих за геодезичними спостереженнями. У випадку реального ексцентриситету Гаусовий показник надійності втрачає 1.0 пункт при розрахунку за міцністю у порівнянні з нульовим значенням ексцентриситету. Найслабшим місцем цієї димової труби при аналізі за міцністю є січення на висоті 2.5 м, де відбувається зміна форми та товщини димової труби. Істотний вплив на зміну β цегляної труби має значення коефіцієнта кореляції r_{RM}, тому дослідження в напрямку визначення реального значення r_{RM} є необхідними. Дані геодезичного моніторингу димової труби слід розглядати як невід'ємну складову будівельної інформаційної системи цієї споруди (БІМ).

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Войцехівський О., Попов В., Дорохова Н. Стійкість рівноваги висотних димових труб на фундаментах мілкого закладання. // Сучасні технології, матеріали і конструкції в будівництві. Науково-технічний збірник. Вінниця: ВНТУ. – 2017. – С.42-49.

2. Кудзис А.П. Оценка надежности железобетонных конструкций / А.П. Кудзис. – Вильнюс: Мокслас, 1985. – 156 с.

3. Cornell C.A. Bounds on the Reliability of Structural Systems / C.A. Cornell // American Society of Civil Engineers: Journal of the Structural Division, ASCE, Vol. 93, No. ST., February 1967. – P. 171 – 200.

4. ДБН В.1.2-14:2018 Система забезпечення надійності та безпеки будівельних об'єктів. Загальні принципи забезпечення надійності та

конструктивної безпеки будівель і споруд / Мінрегіон України, 2018. - К.: ДП «Укрархбудінформ», 2018. – 30 с. (Державні будівельні норми України). https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=112681.

5. Пічугін С.Ф. Розрахунок надійності будівельних конструкцій – Reliability Calculation of Building Structures: – Полтава: ТОВ «АСМІ», 2016. – 520 с.

6. Яровий С., Савицький М., Слободянюк М. Забезпечення надійності металевих димовідвідних та вентиляційних труб та їх несучих веж // Опір матеріалів і теорія споруд/Strength of Materials and Theory of Structures, № 106. – 2021. – С.176-200. DOI: https://doi.org/10.32347/2410-2547.2021.106.176-200.

7. Anusha S., Sowjanya G.V., Madhusudhan. Reliability Analysis of Circular RC Chimney // IJIRSET Vol. 5, Issue 7, – 2016. P.12274-12280. https://www.ijirset.com/upload/2016/july/33_RELIABILITY.pdf.

8. Yang F., De Peng Lv., Cao H., Fang Zhou Y., Rong Wu Y. The Appraisal Example of the Reliability and Seismic Performance of a Reinforced Concrete Chimney // Applied Mechanics and Materials, Volumes 204-208. – 2012. P. 2399-2404. https://www.scientific.net/AMM.204-208.2399.

9. Kuras P., Ortyl Ł., Owerko T., Kocierz R., Kędzierski M., Podstolak P.. Analysis of effectiveness of steel chimneys vibration dampers using surveying methods // JISMD. – 2016. P. 1-8. JISDM2016_submission96_bez-wytycznych_FINAL2.

10. Orcun Tokuc M., Soyoz S.. System identification and reliability assessment of an industrial chimney under wind loading // Wind and Structures, Volume 27, Number 5. – 2018. P. 283-291. https://www.techno-press.org/content/?page=article&journal=was&volume=27&num=5&ordernum=1

11. Rahman S., K Jain A., Bharti S.D., Datta T.K. The Reliability Analysis of Chimneys Due to Random Vortex Shedding // Proceedings of the XVII Conference of the Italian Association for Wind Engineering. – 2024. P.280-287. https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-031-53059-3_25.

12. Livitsanos G., Saisi A., Aggelis D.G. & Gentile C. Radar Interferometer Application for Remote Deflection Measurements of a Slender Masonry Chimney // Transdisciplinary Multispectral Modeling and Cooperation for the Preservation of Cultural Heritage. – 2019. P. 430–442. DOI: 10.1007/978-3-030-12960-6_30.

13. Бачишин Б., Гадземан М. Геодезичні дослідження крену димової труби котельні по вулиці М.Карнаухова в м.Рівне // Просторовий розвиток, № 6. – 2023. С. 266-275. DOI: 10.32347/2786-7269.2023.6.266-275.

14. LiralandGroup. https://www.liraland.ua/company/about.php

15. Бачишин, Б. Д. Допустимі похибки геодезичного забезпечення спорудження оболонок // Інженерна геодезія. – К. – 2002.– Вип.46. – С. 8–14.

16. Бачишин Б. Дослідження надійності металевої димової труби за результатами геодезичних спостережень // Просторовий розвиток, № 15. – 2025. С. 555-563.

candidate of technical sciences **Bohdan Bachyshyn**
National university of Water and Environmental Engineering, Rivne

DETERMINATION OF THE RELIABILITY INDICATOR FOR A BRICK CHIMNEY BASED ON GEODETIC OBSERVATIONS RESULTS

Brick chimneys, as unique engineering structures, require constant geodetic monitoring of their condition. Long-term and trouble-free operation of a boiler room is possible only if the chimney functions safely. However, the standard service life of most brick chimneys in Ukraine has already expired. The collapse of such a structure could result in significant economic losses or even human casualties. A universal indicator of a chimney's safe operation is its reliability. The objective of this study is to determine the Gaussian reliability index of a boiler room's brick chimney based on geodetic observations. The relevance of this study lies in the fact that geodetic measurements provide comprehensive and up-to-date information on the actual spatial position of the chimney's points, particularly regarding its tilt, which negatively affects the reliability index of the structure.

The study utilized the results of geodetic observations of the brick chimney conducted in 2021, 2022, and 2023. The reliability of this structure was calculated based on strength and stability. The results indicate that this brick chimney has a very high Gaussian reliability index for strength and an exceptionally high index for stability $\beta = 18.00$. A significant influence on the change in the Gaussian reliability index was confirmed by data on the actual spatial position of the structure obtained from geodetic observations.

The research results should be considered as an integral part of the chimney building information model (BIM).

Keywords: geodetic observations; spatial position; brick chimney; reliability index; structural reliability; stability reliability.

REFERENCES

1. Vojtsekhivskyj O., Popov V., Dorokhova N. Stijkist rivnovagy vysotnykh dymovykh trub na fundamentakh milkoho zakladannia. // Suchasni tekhnologii, materialy i konstrukcii v budivnytstvi. Naukovo-tekhnichyj zbirnyk. Vinnytsia: VNTU. – 2017. – S.42-49. {in Ukrainian}.

2. Kudzis A.P. Otsenka nadjozhnosti zhelezobetonnykh konstrukcii. – Vilnjus: Mokslas, 1985. – 156 s. {in Russian}.

3. Cornell C.A. Bounds on the Reliability of Structural Systems / C.A. Cornell // American Society of Civil Engineers: Journal of the Structural Division, ASCE, Vol. 93, No. ST., February 1967. – P. 171 – 200. {in English}.

4. DBN V.1.2-14:2018 Systema зzabezpechennia nadiinosti ta bezpeky budivelnykh ob'iektiv. Zahalni pryntsypy zabezpechennia nadiinosti ta konstruktyvnoi bezpeky budivel ta sporud / Minrehion Ukrainy, 2018. - K.: DP «Ukrarkhbudinform», 2018. – 30 s. (Derzhavni budivelni normy Ukrainy). https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=112681. {in Ukrainian].

5. Pichuhin, S.F. Rozrakhunok budivelnykh konstruktsii – [Reliability calculation of building structures]. Poltava: TOV «ACMI» – 2016. – 520 p. {in Ukrainian].

6. Yarovyi S., Savytskyi M., Slobodaniuk M. Zabezpechennia nadiinosti metalevykh dymovidvidnykh ta ventyliatsiinykh trub ta yikh nesuchykh vezh // Opir materialiv i teoriia sporud / Strength of Materials and Theory of Structures, № 106. – 2021. – C.176-200. DOI: https://doi.org/10.32347/2410-2547.2021.106.176-200. {Ukrainian}.

7. Anusha S., Sowjanya G.V., Madhusudhan. Reliability Analysis of Circular RC Chimney // IJIRSET Vol. 5, Issue 7, – 2016. P.12274-12280. https://www.ijirset.com/upload/2016/july/33_RELIABILITY.pdf. {in English}

8. Yang F., De Peng Lv., Cao H., Fang Zhou Y., Rong Wu Y. The Appraisal Example of the Reliability and Seismic Performance of a Reinforced Concrete Chimney // Applied Mechanics and Materials, Volumes 204-208. – 2012. P. 2399-2404. https://www.scientific.net/AMM.204-208.2399. {in English}

9. Kuras P., Ortyl Ł., Owerko T., Kocierz R., Kędzierski M., Podstolak P.. Analysis of effectiveness of steel chimneys vibration dampers using surveying methods // JISMD. – 2016. P. 1-8. JISDM2016_submission96_bez-wytycznych_FINAL2. {in English}

10. Orcun Tokuc M., Soyoz S.. System identification and reliability assessment of an industrial chimney under wind loading // Wind and Structures, Volume 27, Number 5. – 2018. P. 283-291. https://www.techno-press.org/content/?page=article&journal=was&volume=27&num=5&ordernum=1 {in English}

11. Rahman S., K Jain A., Bharti S.D., Datta T.K. The Reliability Analysis of Chimneys Due to Random Vortex Shedding // Proceedings of the XVII Conference of the Italian Association for Wind Engineering. – 2024. P.280-287. https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-031-53059-3_25. {in English}

12. Livitsanos G., Saisi A., Aggelis D.G. & Gentile C. Radar Interferometer Application for Remote Deflection Measurements of a Slender Masonry Chimney // Transdisciplinary Multispectral Modeling and Cooperation for the Preservation of Cultural Heritage. – 2019. P. 430–442. DOI: 10.1007/978-3-030-12960-6_30. {in English}

13. Bachyshyn B., Gadzeman M. Geodezychni doslidzhennia krenu dymovoi truby kotelni po vulytsi M. Karnaukhova v m.Rivne // Prostorovyi rozvytok, № 6. – 2023. S. 266-275. DOI: 10.32347/2786-7269.2023.6.266-275. {Ukrainian}.

14. LiralandGroup. https://www.liraland.ua/company/about.php. {Ukrainian}.

15. Bachyshyn B. D. Dopustymi pokhybky geodezychnoho zabezpechennia sporudzhennia obolonok // Inzhenerna geodeziia. – K. – 2002. – Vyp.46. – S. 8–14. {Ukrainian}.

16. Bachyshyn B. D. Doslidzhennia nadiinosti metalevoi dymovoi truby za rezultatamy geodezychnykh sposterezhen // Prostorovyi rozvytok, № 15. – 2025 S. 555-563.. {Ukrainian}.

DOI: 10.32347/2076-815X.2026.92.626-641
УДК 332.2:528.44:004

д.н. з держ.упр. **Буканов Г.М.,**
vip.gregorov@ukr.net, ORCID: 0000-0002-5398-5953
НУ "Запорізька політехніка"
к.н. з держ.упр. **Чувпило В.В.,**
vadym.chuvpylo@pdau.edu.ua, ORCID: 0000-0001-9102-7396
Полтавський державний аграрний університет
Бігун М.В.,
mykola.v.bihun@lpnu.ua, ORCID: 0009-0009-1215-0544
Національний університет "Львівська політехніка

КАДАСТРОВЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЯК ІНСТРУМЕНТ ФОРМУВАННЯ ПРОЗОРОГО РИНКУ ЗЕМЕЛЬ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКОГО ПРИЗНАЧЕННЯ В УМОВАХ ЦИФРОВОЇ ТРАНСФОРМАЦІЇ ПРОБЛЕМИ ТА ПЕРСПЕКТИВИ

Висвітлено актуальну проблему цифрової трансформації кадастрового забезпечення та його ролі у формуванні прозорого ринку земель сільськогосподарського призначення. Зазначено, що Державний земельний кадастр створює базові умови для функціонування повноцінного прозорого земельного ринку. Здійснено аналіз сучасного стану ринку сільськогосподарських земель. Виявлено ряд проблем сучасного кадастрового забезпечення, які ускладнюють адміністрування земельних відносин, а й виступають каталізатором тінізації ринку, створюючи перешкоди для залучення інвестицій. Особливу увагу приділено діджиталізації кадастрової діяльності як ключовому фактору підвищення прозорості обігу земельних ділянок сільськогосподарського призначення. Розкрито умови використання геоінформаційних систем, даних дистанційного зондування Землі, технологій блокчейн, Big Data та електронних аукціонів у забезпеченні прозорості земельних відносин та детінізації ринкових операцій. Цифрова трансформація кадастру є не просто технічним інструментом, а фундаментальною умовою забезпечення прозорості ринку, надійного захисту прав власності та ефективного розвитку територій громад. Запропоновано перспективні напрями цифрової трансформації кадастрового забезпечення, серед яких впровадження сучасних геодезичних мереж, поєднання технологій ДЗЗ та аналітичного інструментарію ГІС, забезпечення автоматизованої інтероперабельності баз даних, цифровізація відомостей про якісні характеристики ґрунтового покриву та екологічний моніторинг, розширення функціоналу Національної інфраструктури геопросторових даних (НІГД).

Ключові слова: ринок земель сільськогосподарського призначення; Державний земельний кадастр; цифрова трансформація; кадастрового забезпечення; геопросторові дані; геоінформаційні системи (ГІС); дистанційне зондування Землі (ДЗЗ); прозорість ринку; управління земельними ресурсами.

Запуск відкритого ринку сільськогосподарських земель виступає визначальним кроком у межах сучасних соціально-економічних реформ України. Рівень прозорості передумовою дієвого функціонування земельного ринку, залучення інвестицій та гарантування прав землевласників і землекористувачів. При цьому основою для забезпечення такої прозорості на ринку земель сільськогосподарського призначення виступає ефективна система ведення Державного земельного кадастру. Саме Державний земельний кадастр створює базові умови для повноцінного функціонування земельного ринку, ефективного управління державним і комунальним нерухомим майном, а також вдосконалення процедур реєстрації речових прав на земельні ділянки.

Система кадастрового забезпечення потребує постійної модернізації в епоху глобальної цифровізації та інтелектуалізації інформаційних процесів задля гарантування високої точності, актуальності та транспарентності кадастрових даних. Цифрові технології стають ключовим інструментом у підвищенні якості управлінських процесів, забезпеченні доступу до актуальних даних, автоматизації рутинних операцій та мінімізації ризику помилок чи зловживань. Їхнє впровадження створює умови для формування прозорого обміну земельних ділянок сільськогосподарського призначення. Поряд із цим, перехід до цифрових технологій зумовлює необхідність модернізації організації праці, вдосконалення цифрових навичок працівників та створення відповідної інфраструктури ринку земель. З огляду на це, вивчення впливу цифрових технологій на становлення прозорого ринку сільськогосподарських земель в умовах цифровізації кадастру має високу наукову та практичну значущість. Таке дослідження дає змогу окреслити оптимальні шляхи модернізації Державного земельного кадастру і розробити дієвий механізм управління земельними ресурсами в умовах ринкової економіки.

Аналіз досліджень та публікацій по темі дослідження. Питання становлення та функціонування ринку земель сільськогосподарського призначення, а також його правового, інформаційного та кадастрового забезпечення залишаються у фокусі наукових пошуків вітчизняних учених. Особливості розвитку ринку сільськогосподарських земель у сучасних умовах, зокрема під впливом викликів воєнного стану, ґрунтовно розкриваються у працях П. Боровика та співавторів [1], а також Н. Шпіка та М. Смолярчука [2]. Дослідники акцентують увагу на поточних проблемах обігу земель та шукають

шляхи їх подолання. Своєю чергою, специфіка адміністративно-правового регулювання ринку сільськогосподарських земель в Україні детально аналізується в роботі О. Кузьменко, Л. Кожури та А. Замриги [3].

Значний внесок у дослідження теоретико-правових засад кадастрової діяльності зробили Т. Терехова [4], яка визначила її базові поняття та ознаки, та І. Ігнатенко [5], дослідивши сучасне нормативно-правове забезпечення кадастрової діяльності в умовах комплексного просторового планування. Визначальну роль надійної інформаційної бази в системі управління земельними ресурсами підкреслює А. Третяк [6], розглядаючи земельно-кадастровий облік як фундаментальну основу для раціонального землекористування. Питання ж інформаційного забезпечення процесів земельно-оціночної діяльності, що є невіддільною складовою функціонування прозорого ринку, розкрито в працях Т. Прядки [7] та інших сучасних наукових публікаціях [8].

Виділення невирішених раніше частин загальної проблеми. Однак, більша частина науковців у своїх роботах акцентує увагу на функціонуванні ринку земель сільськогосподарського призначення, його правовому, адміністративному та інформаційному забезпечені, розвитку Державного земельного кадастру та значенні кадастрової діяльності в регулюванні земельних відносин. Питання цифрової трансформації кадастрового забезпечення з метою формування прозорого ринку земель сільськогосподарського призначення є недостатньо вивченим.

Цілі дослідження. Дослідити проблеми та перспективи цифрової трансформації кадастрового забезпечення як головного інструменту формування прозорого ринку земель сільськогосподарського призначення.

Актуальність дослідження Незважаючи на значну цифровізацію земельних відносин, кадастрове забезпечення ринку сільськогосподарських земель досі стикається з низкою проблем, до яких належать неповна база даних Державного земельного кадастру, наявність просторових (накладки, зміщення меж тощо) та семантичних помилок (описка, друкарська чи інша помилка), а також забезпечення захисту прав власності громадян України під час продажу земельних ділянок сільськогосподарського призначення. Ці чинники можуть створювати передумови тінізації ринку, корупційних ризиків, а тому виникає потреба у впровадженні новітніх цифрових технологій у кадастрову діяльність, вивчення проблем їхнього впровадження та перспектив застосування у формуванні прозорого ринку земель сільськогосподарського призначення.

Новизна дослідження полягає в удосконаленні науково-методичних підходів до цифрової трансформації кадастрового забезпечення шляхом інтеграції даних дистанційного зондування Землі (ДЗЗ) та ГІС-технологій, що

дозволяє автоматизувати процес виявлення просторових розбіжностей та тіньового використання сільськогосподарських угідь, що є важливим для прозорого ринку земель сільськогосподарського призначення.

Мета дослідження – полягає у вивчені сучасного стану кадастрового забезпечення ринку земель сільськогосподарського призначення, з'ясування головних проблем його функціонування та обґрунтуванні перспективних напрямів цифрової трансформації для забезпечення його прозорості та ефективності.

Методи досліджень. Під час дослідження використанні загальнонаукові та спеціальні методи: системний підхід (для комплексного вивчення цифрової трансформації кадастру), статистичний аналіз (для оцінки результатів роботи системи «Prozorro. Продажі» та відкритих даних Держгеокадастру), просторового моделювання (для обґрунтування застосування ГІС-технологій та даних ДЗЗ), а також абстрактно-логічний метод (для формування висновків щодо розвитку прозорого ринку сільськогосподарських земель).

Результати та їх обґрунтування. Ринок земель сільськогосподарського призначення продовжує відігравати важливу роль у вітчизняному аграрному секторі та системі земельних відносин. В останні роки він пережив масштабні зміни, зумовлені впровадженням по-справжньому революційних законодавчих ініціатив та загальними реформами аграрного сектору. Варто нагадати, що в Україні тривалий час (до 2021 року) діяв мораторій на продаж сільськогосподарських земель, який довгий час обмежував можливості їхнього вільного ринкового обігу. Навіть в умовах повномасштабної війни ринок сільськогосподарських земель продовжує функціонувати та стабільно розвиватися. При цьому спостерігається чітка трансформація ринкових запитів: якщо на старті відкриття ринку головним критерієм була площа угідь (нарощування земельного банку), то у 2025 році визначальну роль відіграють агровиробничий потенціал ділянок та їхня логістична привабливість.

Протягом 2025 року (з січня до середини грудня) на ринку земель було відчужено 115,6 тис. ділянок загальною площею понад 340 тис. га. Аналіз структури попиту демонструє, що фізичні особи придбали більшу кількість угідь – 72597 ділянок (211962 га) із середньою вартістю 47246 грн/га. Водночас юридичні особи викупили 43012 ділянок (128212 га), проте середня ціна за гектар у цьому сегменті виявилася значно вищою і склала 74323 грн [9]. У сфері обігу земель спостерігається суттєва регіональна диференціація ціноутворення. Найвища капіталізація земель фіксується у західних та центральних областях: в Івано-Франківській області ціни сягають 165,6 тис. грн/га, у Тернопільській – 126 тис. грн/га, а на Львівщині та Вінниччині перевищують 80–100 тис. грн/га. Натомість через безпекові ризики вартість

угідь у прифронтових регіонах (Херсонська, Миколаївська та Запорізька області) залишається найнижчою і коливається в межах 35–38 тис. грн/га. [9].

Варто зазначити, що ринок землі – це комплекс соціально-економічних відносин, що регулюється правовими нормами, економічними та адміністративними механізми (зокрема кадастрове забезпечення), які регулюють прозорий перехід прав власності та користування земельними активами. Водночас ці відносини охоплюють процеси набуття фізичними і юридичними особами конституційних прав на земельні ділянки, розвиток ринкової інфраструктури, багаторівневе управління земельним ринком та гарантування захисту прав усіх його учасників [10, с. 503].

Відкриття ринку сільськогосподарських земель принесло низку позитивних змін для аграрного сектору, місцевих громад та держави. Зокрема, це сприяло детінізації ринкових операцій, модернізації управління ресурсами, цифровізації кадастрових реєстрів та повноцінному відновленню прав власників щодо вільного розпорядження ділянками (продаж, оренда, застава). Поряд зі суттєвими перевагами від легалізації в Україні ринку земель сільськогосподарського призначення, існують ризики формування тіньового ринку. Як зазначають експерти Світового банку, за відсутності ефективних механізмів антимонопольного регулювання виникає серйозна загроза надмірної концентрації земельних ресурсів у власності великих агропромислових підприємств, що змусить власників паїв відчужувати свої ділянки за штучно заниженою вартістю. Відсутність прозорості у формуванні вартості землі, спричинена недостатньою відкритістю реєстрів щодо кінцевих бенефіціарів покупців [11]. Такі обставини створюють перешкоди для здійснення громадського контролю у сфері земельних відносин, що підтверджується офіційними даними Національного агентства з питань запобігання корупції (НАЗК) та Держгеокадастру. Відсутність належної адаптації кредитних програм (зокрема «5-7-9%») до потреб відкритого ринку земель обмежує доступ дрібних фермерів до фінансування, що становить серйозний ризик для їхнього розвитку. Процес викупу угідь дрібними агровиробниками суттєво гальмується жорсткими вимогами фінансових установ, де важливим бар'єром виступає брак високоліквідного заставного майна в аграріїв або відсутність у них сформованої кредитної історії. Ризики воєнного стану виникли внаслідок військової агресії росії, адже частина земель залишилася тимчасово окупованою або замінованою. Хоча законодавство України [12] встановлює прямі обмеження на обіг ділянок у прифронтових зонах та районах ведення бойових дій, ефективність практичних механізмів контролю за такими транзакціями викликає обґрунтовані сумніви [13].

Зазначимо, що прозорість ринку землі визначається сукупністю таких факторів як доступність та достовірність даних, відкритість процедур і відсутність корупційної складової. Все це забезпечує Державний земельний кадастр – гарант прав власності, оскільки офіційні дані кадастру мають юридичну силу та забезпечують стабільність земельних відносин. При цьому кадастрове забезпечення виступає як система організаційно-правових та інформаційно-технічних дій, спрямованих на формування та використання достовірної інформації про земельні ділянки. До цифрових елементів кадастрового забезпечення можна віднести – відкриті геопортали, електронні сервіси доступу до інформації, автоматизацію процесів оцінки та реєстрації. Цифрова трансформація стає ключовим інструментом мінімізації корупційних ризиків та забезпечення відкритості ринку. Вона передбачає: інтеграцію електронного реєстру з відкритими даними; перехід до автоматизованих угод купівлі-продажу через е-платформи; розвиток систем земельного аудиту та публічних кадастрових карт. Розвиток цифрових технологій дозволить скоротити час отримання інформації, забезпечити відкритість даних про земельні ділянки, підвищити прозорість ціноутворення [14].

Сучасна система кадастру в Україні має ряд проблем. Зокрема, викликом залишається неповнота та неточність бази даних: значна кількість земельних ділянок досі не внесена до кадастру або ж містить просторові чи атрибутивні помилки, що суттєво ускладнює транзакційні процеси та генерує інвестиційні ризики (рис. 1).

Рис. 1.Помилки у Державному земельному кадастрі: а – накладання земельних ділянок; б- розриви між земельними ділянками. Джерело: сформовано авторами

Водночас спостерігається фрагментарність інформаційних систем – недостатній рівень інтеграції між Державним земельним кадастром та іншими базовими реєстрами територіальних громад, що призводить відсутності інформації і, як наслідок, зниження ефективності управління територіями. Ця ситуація на практиці проявляється у послабленому захисті прав власності та

надмірній централізації управлінських функцій. У сукупності зазначені фактори, помножені на недосконалість адміністративних процедур та обмежений доступ до відкритих даних, формують сприятливе підґрунтя для розвитку тіньових схем та підвищення корупційних ризиків [15].

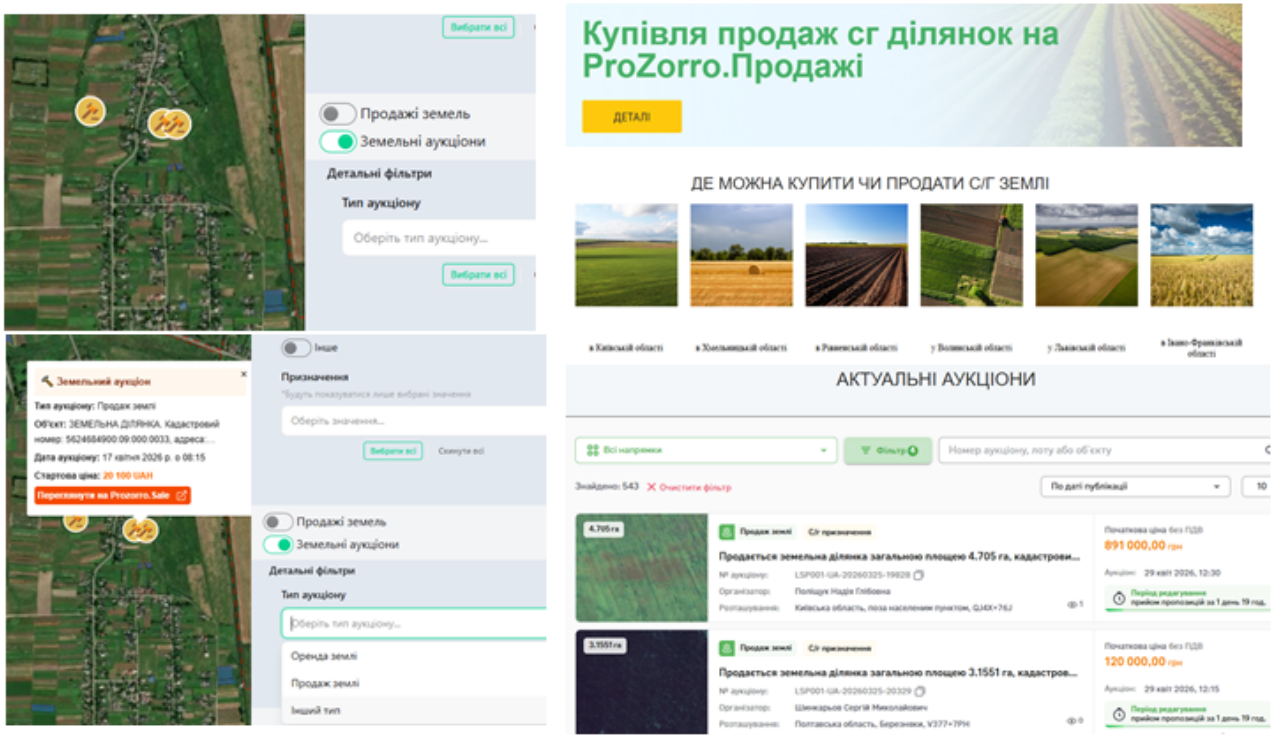
Цифрова трансформація виступає визначальним чинником модернізації кадастрового забезпечення і передбачає створення єдиного інтегрованого геоінформаційного середовища, автоматизацію процесів реєстрації прав на землю та забезпечення відкритого доступу до просторових даних для всіх учасників земельних відносин [16].

Геоінформаційні системи (ГІС) дозволяють інтегрувати просторові та атрибутивні дані, підвищуючи точність і наочність інформації. Використання ГІС дозволяє формувати комплексні цифрові моделі територій, інтегруючи дані про рельєф, ґрунти, водні ресурси та поточний розподіл земель. Такий підхід не лише підвищує обґрунтованість просторового планування, але й забезпечує точний просторово-часовий моніторинг змін у землекористуванні, що є запорукою ефективного земельного аудиту (рис. 2).

Формування цифрових баз даних виступає каталізатором прозорих земельних відносин та ефективного адміністрування, відкриваючи безперешкодний доступ до кадастрової інформації. Оскільки кожна операція в електронній системі підлягає чіткому моніторингу, це дозволяє радикально зменшити бюрократичне навантаження та усунути передумови для корупції. Прикладом розширення електронних послуг на публічній кадастровій карті з’явилась інформація про земельні аукціони (рис.3а) та проведення торгів на електронних майданчиках як «Prozorro». Електронна торгова система «Prozorro» являє собою інституційний механізм публічних аукціонів, спрямований на забезпечення прозорого відчуження об'єктів державної та комунальної власності – від окремих земельних акти вів до масштабних майнових комплексів.

Рис. 2. Цифрова модель територій земель сільськогосподарського призначення за формою власності Олицької територіальної громади Волинської області (фрагмент): а- земельні ділянки державної форми власності; б- земельні ділянки комунальної форми власності; в- земельні ділянки приватної форми власності; г-земельні ділянки невизначеної. Джерело: сформовано авторами

Публічний характер транзакцій, уніфікація нормативних вимог та переведення конкурентного середовища у цифровий вимір (онлайн) гарантують легітимність і відкритість результатів. Такий підхід формує фундаментальне підґрунтя для дотримання принципів доброчесності та створення паритетних умов для всіх учасників ринку (рис.3б) [17; 18].



3а 3б

Рис. 3. 3а Публічна кадастрова карта. Земельні аукціони; 3б- Головна сторінка електронної торгової системи «Prozorro». Джерело: сформовано авторами

Інтероперабельність державних реєстрів передбачає запровадження електронної взаємодії між системами (наприклад, через платформу «Трембіта»), яка забезпечує обмін даними між державними органами. Зазначимо, що «Система «Трембіта» являє собою національну платформу інтероперабельності, яка забезпечує безпечний електронний обмін даними між різними державними реєстрами та базами даних. Її головне завдання – гарантувати органам державної влади та місцевого самоврядування швидкий і надійний доступ до інформації, необхідної для виконання їхніх управлінських функцій [17;19].

Інтеграція технології Blockchain забезпечує перехід системи управління земельними ресурсами виводить безпеку баз даних на новий більш захищений рівень. Ця технологія унеможливлює несанкціоноване втручання, підробку чи видалення записів заднім числом, завдяки можливостям децентралізованого зберігання та криптографічного шифрування інформації, забезпечуючи найвищий рівень захисту та непорушності прав власності на земельні ділянки та дієво запобігати рейдерським загрозам та підвищувати довіру суспільства до ринку землі сільськогосподарського призначення [19].

Серед пріоритетних векторів цифрової трансформації особливої уваги заслуговують технології Big Data та штучний інтелект, що відкривають принципово нові можливості для глибокого аналізу масивів даних, моделювання ринкових тенденцій та оперативного виявлення аномальних

явищ. Інтеграція цих інструментів не лише оптимізує процеси прийняття управлінських рішень, а й виступає гарантом прозорості ринку сільськогосподарських земель. Важливою складовою модернізації є також розбудова інтерактивних цифрових платформ, які забезпечують інклюзивність земельних відносин через вільний доступ громадськості до актуальної інформації та планів землекористування. У підсумку, впровадження інформаційних інновацій у систему кадастрового забезпечення формує надійний просторовий базис для захисту майнових прав, стимулювання інвестиційної активності та об'єктивного моніторингу структури вітчизняного земельного ринку [16].

До ключових перспектив цифрової трансформації кадастрового забезпечення в контексті формування прозорого ринку земель сільськогосподарського призначення доцільно зарахувати: впровадження електронних геодезичних мереж нового покоління; поєднання технологій ДЗЗ та аналітичного інструментарію ГІС; забезпечення автоматизованої інтероперабельності; цифровізація відомостей про якісні характеристики та стан ґрунтового покриву; розширення функціоналу Національної інфраструктури геопросторових даних (НІГД) (табл. 1).

Таблиця 1.

Перспективні напрями цифрової трансформації кадастру для формування прозорого ринку земель

Цифрової трансформації	**Перспективи застосування та очікувані результати**
1	**2**
Впровадження електронних геодезичних мереж нового покоління (використання сучасних супутникових мереж позиціонування)	Усунення системних просторових помилок, накладок, розривів та зсувів меж земельних ділянок. Задоволення суспільних очікувань щодо надійного захисту меж земельних ділянок та усунення підґрунтя для земельних спорів.
Поєднання технологій ДЗЗ та аналітичного інструментарію ГІС	Створення цифрових моделей землекористування територіальних громад. Моніторинг фактичного стану та використання сільськогосподарських угідь.
Забезпечення автоматизованої інтероперабельності баз даних	Синхронізація баз даних гарантує автоматичну верифікацію суб'єктів та об'єктів права під час укладання угод купівлі-продажу чи оренди
Цифровізація відомостей про якісні характеристики та стан ґрунтового покриву (агрохімічні паспорти та її залучення до кадастрової системи)	Оцифрування агрохімічних паспортів та внесення атрибутивних даних про якість ґрунтів до кадастрової системи для впровадження технологій точного землеробства, здійснення просторового аналізу та своєчасної оцінки ризиків деградації ґрунтів, збереження економічної та екологічної цінності сільськогосподарських земель, проведення вартісної оцінки земель.

1	2
Розширення функціоналу Національної інфраструктури геопросторових даних (НІГД)	Створення прозорого інвестиційного клімату завдяки відкритому доступу до інтегрованої геопросторової інформації. Забезпечує дієвий громадський контроль за обігом земель та зводить до мінімуму корупційні ризики під час прийняття управлінських рішень.

Висновки та рекомендації подальшого дослідження. Цифрова трансформація кадастрового забезпечення в Україні виступає стратегічним вектором розвитку цілісного ринку земель сільськогосподарського призначення, що поєднує технологічні інновації зі вдосконаленням нормативно-правового регулювання, гарантує прозорі земельні відносини та надійний захист прав власності. Досвід роботи систем електронних аукціонів «Prozorro. Продажі» та інших платформ доводить високу ефективність впроваджених цифрових інструментів. Вони гарантують публічність інформації, зміцнюють довіру учасників земельного ринку, мінімізують адміністративні бар'єри та сприяють зростанню доходів місцевих громад.

Впровадження інноваційних цифрових рішень у сферу кадастру сприяє оптимізації процедур правочинів, посиленню контролю за цільовим використанням земель та забезпеченню інтероперабельності інформаційних систем і державних реєстрів. Наслідком чого, створюються передумови для формування цілісної цифрової інфраструктури земельних відносин, що інтегрує сучасні технологічні стандарти та європейські підходи до гарантування прозорості ринку аграрних земель. Перспективи подальшого вдосконалення цифрової трансформації вбачають у: поглибленні інтеграції між державними реєстрами та електронними платформами продажу земельних ділянок; удосконаленні нормативно-правового регулювання електронних процедур і стандартів обміну даними; забезпеченні надійного контролю та аналітики щодо виконання умов продажу земельних ділянок сільськогосподарського призначення; підвищенні доступності цифрових сервісів для громадян, землевласників і потенційних покупців на рівні територіальних громад. Отже, цифрова трансформація кадастрового забезпечення – це не просто технічне вдосконалення процедур, а важлива передумова підвищення прозорості земельного ринку, зміцнення суспільної довіри та забезпечення стабільного розвитку як територіальних громад, так і держави в цілому.

Список використаних джерел

1. Боровик, П.М., Удовенко, І.О., Колотуха, С.М., Кирилюк, В.П., Кобзар, Д.Р. Ринок земель сільськогосподарського призначення в Україні під час війни: проблеми та перспективи. *Здобутки економіки: перспективи та інновації.* 2026. № 27. https://doi.org/10.5281/zenodo.18918518

2. Шпік Н., Смолярчук М. Ринок земель сільськогосподарського призначення в умовах сьогодення. *Вісник Львівського національного університету природокористування. Серія Архітектура та будівництво.* 2023. №24. С. 193–198. https://doi.org/10.31734/architecture2023.24.193

3. Кузьменко О.В., Кожура Л.О., Замрига А.В. Адміністративно-правове регулювання ринку сільськогосподарських земель в Україні. *Київський часопис права*. 2025. № 4. С. 112–118. https://doi.org/10.32782/klj/2025.4.16

4. Терехова Т.О. Поняття та ознаки кадастрової діяльності. *Правовий часопис Донбасу*. 2021. № 2 (75). С.9-16. DOI: https://doi.org/10.32366/2523-4269-2021-75-2-9-16

5. Ігнатенко І.В. Сучасні правові підходи до кадастрової діяльності в умовах реформи просторового планування. *Науковий вісник Ужгородського Національного Університету. Серія Право*. 2025. Вип. 88 (2). С. 209-217. DOI https://doi.org/10.24144/2307-3322.2025.88.2.28

6. Третяк А.М., Третяк В.М., Ковалишин О.Ф. Земельно кадастровий облік як інформаційна база управління земельними ресурсами та землекористуванням. *Агросвіт.* 2021. № 16. С. 3-11. DOI: 10.32702/2306-6792.2021.16.3 http://www.agrosvit.info/pdf/16_2021/2.pdf

7. Прядка Т.М., Скляр Ю.Л., Капінос Н.О., Вольська А.О., Третяк М.А. Інформаційне забезпечення процесу земельно-оціночної діяльності. *Наукові перспективи.* 2022. № 4(22). С.234-248. DOI: https://doi.org/10.52058/2708-7530-2022-4(22)-234-248.

8. Курило В.І., Горіславська І.В., Адамович О.В. Обіг земель сільськогосподарського призначення: особливості правочинів купівлі-продажу. *Академічні візії.* 2025. Вип. 50. С.1-8 https://academy-vision.org/index.php/av/article/view/2535/2393

9. Ринок землі у 2025 році перейшов до стабільної та прогнозованої моделі розвитку: Державні сайти України. URL: https://me.gov.ua/News/Detail/868803a4-8272-4d76-9599-bd4df1b4a24f?lang=uk-UA&title=RinokZemliU2025

10. Носік В.В. Право власності на землю українського народу : монографія. К. : Юрінком Інтер, 2006. 544 с.

11. Сачок Р.Т. Перспективи розвитку ринку сільськогосподарських земель в Україні. *Ірпінський юридичний часопис*. 2024. №2(15). С. 119–126. https://doi.org/10.33244/2617-4154-2(15)-2024-119-126

12. Про внесення змін до деяких законодавчих актів України щодо особливостей регулювання земельних відносин в умовах воєнного стану. Закон України від 12 травня 2022. № 2247-IX. URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2247-20#Text.

13. Котік В.Д. Ринок сільськогосподарських земель в Україні: тенденції, ризики та перспективи сталого розвитку. URL: .https://dspace.kntu.kr.ua/server/api/core/bitstreams/b6201bc2-d62d-44de-a130-9eb7485e92a2/content

14. Удовенко І.О., Смоленська Л.І., Молнар Д.С.С. Модернізація електронної геодезичної мережі для потреб кадастру територіальних громад: технологічні бар'єри та суспільні імперативи. *Технічні науки та технології.* 2025. № 4(42). С. 581-591. DOI: https://doi.org/10.25140/2411-5363-2025-4(42)-581-591. 20

15. Русан В. Функціонування ринку земель сільськогосподарського призначення: стан і перспективи. URL: https://niss.gov.ua/sites/default/files/2025-07/az_ryn_zemel_2507.pdf

16. Наумчук В.В. Вплив інформаційних інновацій на підвищення економічної ефективності управління земельними ресурсами. *Вісник Львівського торговельно-економічного університету. Економічні науки*. 2024. № 77. С. 118-123. DOI: https://doi.org/10.32782/2522-1205-2024-77-17

17. Смолярчук М., Ковалишин О. Роль цифрових інструментів у підвищенні ефективності управління земельними відносинами у територіальних громадах. Вісник

Львівського національного університету природокористування. Серія *Архітектура та будівництво*. 2025. № 26. С. 91-96. https://doi.org/10.31734/architecture2025.26.091

18. Шпак Ю. Ринок землі сьогодні: структура, тренди, можливості інвестицій для бізнесу в Prozorro. Продажі. Сайт: E-Tender. URL: https://e-tender.ua/news/rinok-zemli-sogodni-struktura-trendi-mozhlivosti-investicij-1973

19. Система «Трембіта». Сайт: Державні сайти України. URL: https://egov.dp.gov.ua/services/sistema-trembita

20. Данкевич В.Є., Данкевич Є.М., Лутковська С.М. Вплив інновацій та інтернету речей на підвищення економічної ефективності управління земельними ресурсами аграрних підприємств. Актуальні проблеми економіки. 2024. № 5 (275). С. 41-49. DOI: 10.32752/1993-6788-2024-1-275-41-49.

Doctor of Sciences in Public Administration, **Bukanov Hryhorii,**
Zaporizhzhia Polytechnic National University
Candidate of Science in Public Administration, **Chuvpylo Vadym,**
Poltava State Agrarian University
Postgraduate student, **Bihun Mykola,**
Lviv Polytechnic National University

CADASTRAL REGISTRATION AS A TOOL FOR CREATING A TRANSPARENT AGRICULTURAL LAND MARKET IN THE CONTEXT OF DIGITAL TRANSFORMATION: CHALLENGES AND PROSPECTS

The article addresses the актуal issue of digital transformation of cadastral support and its role in shaping a transparent agricultural land market. It is noted that the State Land Cadastre creates the fundamental conditions for the functioning of a full-fledged transparent land market. The purpose of the research is to study the current state of cadastral provision of the agricultural land market, to clarify the main problems of its functioning and to substantiate promising areas of digital. An analysis of the current state of the agricultural land market has been conducted. Significant regional differentiation in pricing has been identified, as well as a shift in market demands—from expanding land banks to assessing the agro-production potential and logistical attractiveness of land plots. A number of issues in modern cadastral support have been revealed, including incomplete and inaccurate databases, the presence of spatial (overlaps, boundary gaps) and semantic errors, fragmentation of information systems and weak integration between core registers, limited access to financial resources for small agricultural producers, and the impact of martial law. These factors complicate operations, create preconditions for market shadowing, and generate investment and corruption risks. Particular attention is paid to the digital transformation of cadastral support as a key factor in increasing the transparency of the agricultural land market. The conditions for the use of geographic information systems (GIS), Earth remote sensing (ERS) data, blockchain technologies, Big Data,

and electronic auctions in ensuring transparency in land relations and reducing the shadow economy of market operations are outlined. The digital transformation of the cadastre is not merely a technical tool but a fundamental prerequisite for ensuring market transparency, reliable protection of property rights, and sustainable economic development of territorial communities. Promising directions for the digital transformation of cadastral support are proposed, including the implementation of modern geodetic networks, integration of Earth remote sensing (ERS) data and geographic information systems (GIS), ensuring automated interoperability of databases, digitalization of information on soil quality and environmental monitoring, and expansion of the functionality of the National Geospatial Data Infrastructure (NGDI).

Keywords: agricultural land market; State Land Cadastre; digital transformation; cadastral support; geospatial data; geographic information systems (GIS); Earth remote sensing (ERS); market transparency; land resource management.

REFERENCES

1. Borovyk, P.M., Udovenko, I.O., Kolotukha, S.M., Kyrylyuk, V P., Kobzar, D.R. (2026) *Rynok zemel' sil's'kohospodars'koho pryznachennya v Ukrayini pid chas viyny: problemy ta perspektyvy* [The agricultural land market in Ukraine during the war: problems and prospects]. *Zdobutky ekonomiky: perspektyvy ta innovatsiyi* [Achievements of the economy: prospects and innovations.]. 27. https://doi.org/10.5281/zenodo.18918518 {in Ukrainian}

2. Shpik, N., Smolyarchuk, M. (2023) *Rynok zemel' sil's'kohospodars'koho pryznachennya v umovakh s'ohodennya* [Agricultural land market in the current conditions]. *Visnyk L'vivs'koho natsional'noho universytetu pryrodokorystuvannya. Seriya Arkhitektura ta budivnytstvo* [Bulletin of the Lviv National University of Environmental Management. Series Architecture and Construction]. 24. 193–198. https://doi.org/10.31734/architecture2023.24.193 {in Ukrainian}

3. Kuz'menko, O.V., Kozhura, L.O., Zamryha, A.V. (2025) *Administratyvno-pravove rehulyuvannya rynku sil's'kohospodars'kykh zemel' v Ukrayini* [Administrative and legal regulation of the agricultural land market in Ukraine]. *Kyyivs'kyy chasopys prava* [Kyiv Law Journal]. 4. 112–118. https://doi.org/10.32782/klj/2025.4.16{in Ukrainian}

4. Terekhova, T.O. (2021) *Ponyattya ta oznaky kadastrovoyi diyal'nosti* [Concept and characteristics of cadastral activity]. *Pravovyy chasopys Donbasu* [Legal Journal of Donbass]. 2 (75). 9-16. DOI: https://doi.org/10.32366/2523-4269-2021-75-2-9-16 {in Ukrainian}

5. Ihnatenko, I.V. (2025) *Suchasni pravovi pidkhody do kadastrovoyi diyal'nosti v umovakh reformy prostorovoho planuvannya* [Modern legal approaches to cadastral activities in the context of spatial planning reform]. *Naukovyy visnyk Uzhhorods'koho*

Natsional'noho Universytetu. Seriya Pravo [National University. Law Series]. 88 (2). 209-217. DOI https://doi.org/10.24144/2307-3322.2025.88.2.28 {in Ukrainian}

6. Tretyak, A.M., Tretyak, V.M., Kovalyshyn, O.F. (2021) *Zemel'no kadastrovyy oblik yak informatsiyna baza upravlinnya zemel'nymy resursamy ta zemlekorystuvannyam* [Land cadastral registration as an information base for land resources and land use management]. *Ahrosvit* [Agrosvit]. 16. 3-11. DOI: 10.32702/2306-6792.2021.16.3 {in Ukrainian}

7. Pryadka, T.M., Sklyar, YU.L., Kapinos, N.O., Vol′s′ka, A.O., Tretyak, M.A. (2022) *Informatsiyne zabezpechennya protsesu zemel'no-otsinochnoyi diyal'nosti* [Information support for the process of land assessment activities]. *Naukovi perspektyvy* [Scientific Perspectives]. 4(22). 234-248. DOI: https://doi.org/10.52058/2708-7530-2022-4(22)-234-248. {in Ukrainian}

8. Kurylo, V.I., Horislavs′ka, I.V., Adamovych, O.V. (2025) *Obih zemel' sil's'kohospodars'koho pryznachennya: osoblyvosti pravochyniv kupivli-prodazhu* [Agricultural land turnover: features of purchase and sale transactions]. *Akademichni viziyi* [Academic Visions]. 50. 1-8 DOI:https://doi.org/10.5281/zenodo.18016950 {in Ukrainian}

9. *Rynok zemli u 2025 rotsi pereyshov do stabil'noyi ta prohnozovanoyi modeli rozvytku* [The land market in 2025 has moved to a stable and predictable development model]. *Derzhavni sayty Ukrayiny* [State websites of Ukraine]. Available at: https://me.gov.ua/News/Detail/868803a4-8272-4d76-9599-bd4df1b4a24f?lang=uk-UA&title=RinokZemliU2025 {in Ukrainian}

10. Nosik, V.V. (2006) *Pravo vlasnosti na zemlyu ukrayins'koho narodu* [The Right of Ownership of Land of the Ukrainian People]. Kyiv: Yurinkom Inter. 544 p. {in Ukrainian}

11. Sachok, R.T. (2024) *Perspektyvy rozvytku rynku sil's'kohospodars'kykh zemel' v Ukrayini* [Prospects for the development of the agricultural land market in Ukraine]. *Irpins'kyy yurydychnyy chasopys* [Irpin Legal Journal]. 2(15). 119–126. https://doi.org/10.33244/2617-4154-2(15)-2024-119-126 {in Ukrainian}

12. Law of Ukraine On Amendments to Certain Legislative Acts of Ukraine Regarding the Peculiarities of Regulation of Land Relations in Conditions of Martial Law № 2247-IX (2022, May 12). Available at: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2247-20#Text. {in Ukrainian}

13. Kotik, V.D. Agricultural land market in Ukraine: trends, risks and prospects for sustainable development. Available at: . https://dspace.kntu.kr.ua/server/api/core/bitstreams/b6201bc2-d62d-44de-a130-9eb7485e92a2/content. {in Ukrainian}

14. Udovenko, I.O., Smolens′ka, L.I., Molnar D, S.S. (2025) *Modernizatsiya elektronnoyi heodezychnoyi merezhi dlya potreb kadastru terytorial'nykh hromad: tekhnolohichni bar"yery ta suspil'ni imperatyvy* [Modernization of the electronic geodetic network for the needs of the cadastre of territorial communities:

technological barriers and social imperatives]. *Tekhnichni nauky ta tekhnolohiyi* [Technical Sciences and Technologies]. 4(42). 581-591. DOI: https://doi.org/10.25140/2411-5363-2025-4(42)-581-591. {in Ukrainian}

15. Rusan, V. Functioning of the agricultural land market: status and prospects. Available at: https://niss.gov.ua/sites/default/files/2025-07/az_ryn_zemel_2507.pdf

16. Naumchuk, V.V. (2024) *Vplyv informatsiynykh innovatsiy na pidvyshchennya ekonomichnoyi efektyvnosti upravlinnya zemel'nymy resursamy* [The impact of information innovations on increasing the economic efficiency of land resources management. Bulletin of the Lviv University of Trade and Economics]. *Visnyk L'vivs'koho torhovel'no-ekonomichnoho universytetu. Ekonomichni nauky* [Bulletin of the Lviv University of Trade and Economics. Economic Sciences]. 77. 118-123. DOI: https://doi.org/10.32782/2522-1205-2024-77-17 {in Ukrainian}

17. Smolyarchuk, M., Kovalyshyn, O. (2025) *Rol' tsyfrovykh instrumentiv u pidvyshchenni efektyvnosti upravlinnya zemel'nymy vidnosynamy u terytorial'nykh hromadakh* [The role of digital tools in increasing the efficiency of land relations management in territorial communities]. *Visnyk L'vivs'koho natsional'noho universytetu pryrodokorystuvannya. Seriya Arkhitektura ta budivnytstvo* [Bulletin of the Lviv National University of Environmental Studies. Series Architecture and Construction]. 26. 91-96. https://doi.org/10.31734/architecture2025.26.091 {in Ukrainian}

18. Shpak, Y.U. *Rynok zemli s'ohodni: struktura, trendy, mozhlyvosti investytsiy dlya biznesu v Prozorro. Prodazhi* [he land market today: structure, trends, investment opportunities for business in Prozorro. Sales]. *Sayt: E-Tender* [Site: E-Tender]. Site: E-Tender. Available at: https://e-tender.ua/news/rinok-zemli-sogodni-struktura-trendi-mozhlivosti-investicij-1973/ {in Ukrainian}

19. *Systema «Trembita»* [Trembita System]. *Sayt: Derzhavni sayty Ukrayiny* [Website: State Sites of Ukraine]. Available at: https://egov.dp.gov.ua/services/sistema-trembita {in Ukrainian}

20. Dankevych, V.YE., Dankevych, YE.M., Lutkovs'ka, S.M. (2024) *Vplyv innovatsiy ta internetu rechey na pidvyshchennya ekonomichnoyi efektyvnosti upravlinnya zemel'nymy resursamy ahrarnykh pidpryyemstv* [The impact of innovations and the Internet of Things on increasing the economic efficiency of land resource management of agricultural enterprises]. *Aktual'ni problemy ekonomiky* [Current problems of economics]. 5 (275). 41-49. DOI: 10.32752/1993-6788-2024-1-275-41-49. {in Ukrainian}

DOI: 10.32347/2076-815X.2026.92.642-661
УДК 528.8:004.9:504.06

к.геол.н. **Клипа А.В.,**
klypa.andrii@gmail.com, ORCID: 0009-0006-5565-5305,
Київський національний університет будівництва і архітектури

МЕТОДОЛОГІЯ ГЕОІНФОРМАЦІЙНОГО МОНІТОРИНГУ ПОЖЕЖ ПРИРОДНО-ЗАПОВІДНОГО ФОНДУ В УМОВАХ ВОЄННОГО ВПЛИВУ

Запропоновано методологію геоінформаційного моніторингу пожеж на природоохоронних територіях в умовах воєнного впливу, що базується на інтеграції супутникових даних дистанційного зондування Землі, геоінформаційних систем і засобів автоматизованої обробки просторової інформації. Методологія передбачає використання даних супутникових місій Sentinel-1, Sentinel-2 та Landsat, інформації про активні осередки пожеж системи FIRMS, вегетаційних індексів, а також алгоритмів просторового аналізу, реалізованих із застосуванням мови програмування Python.

Розроблено універсальний алгоритм геоінформаційної обробки даних, що забезпечує автоматизовану ідентифікацію осередків пожеж, їх просторову прив'язку до об'єктів природно-заповідного фонду, урахування типів земного покриву та агрегацію результатів за часовими й територіальними ознаками. Запропонований підхід забезпечує інтеграцію багатоджерельних просторових даних у межах єдиного відтворюваного робочого процесу та характеризується масштабованістю й адаптивністю до різних територій дослідження.

Апробацію методології виконано на прикладі природоохоронних територій півдня України, що зазнали впливу воєнних дій. Показано, що запропонований підхід є ефективним інструментом організації екологічного моніторингу в умовах обмеженого польового доступу та може бути використаний у просторовому плануванні, оцінці екологічних ризиків і розробленні стратегій післявоєнного відновлення територій.

Ключові слова: геоінформаційний моніторинг; дистанційне зондування Землі; геоінформаційні системи; пожежі; автоматизація просторового аналізу; воєнний вплив.

Постановка проблеми. Воєнні дії формують новий тип антропогенного навантаження на природні екосистеми, що проявляється у масштабних пожежах, деградації рослинного покриву, втраті біорізноманіття та порушенні природних ландшафтів, особливо в межах природоохоронних територій [1, 2]. Об'єкти природно-заповідного фонду є найбільш уразливими до таких впливів,

оскільки їх екологічна стабільність значною мірою залежить від збереження природних процесів і мінімізації зовнішнього втручання [3].

Традиційні підходи до екологічного моніторингу природоохоронних територій переважно ґрунтуються на польових спостереженнях і локальних вимірюваннях. В умовах воєнного конфлікту, окупації або обмеженого доступу до територій застосування таких методів є суттєво ускладненим або неможливим, що призводить до дефіциту актуальної просторової інформації для оцінки стану екосистем і прийняття управлінських рішень [1,4].

Розвиток технологій дистанційного зондування Землі та геоінформаційних систем створює передумови для організації безперервного спостереження за екологічними змінами в умовах обмеженого польового доступу [3–5]. Супутникові сервіси моніторингу пожеж забезпечують регулярне отримання даних про осередки загорянь і температурні аномалії, що дозволяє фіксувати прояви екологічної деградації на великих територіях [6–8]. Водночас наявність значних обсягів різнорідних просторових даних актуалізує проблему їх інтеграції, узгодження та інтерпретації в межах єдиного аналітичного підходу [9,10].

Попри зростання кількості досліджень, присвячених використанню супутникових даних і геоінформаційних технологій для моніторингу пожеж та змін земного покриву, наразі відсутня узагальнена методологія геоінформаційного аналізу, орієнтована на умови воєнного впливу. Недостатньо розробленими залишаються підходи до автоматизованої ідентифікації пожеж, їх просторової прив’язки до природоохоронних об’єктів, урахування типів земного покриву та аналізу просторово-часової динаміки деградаційних процесів на основі інтеграції супутникових даних, ГІС і засобів автоматизованої обробки інформації [5,6,9].

У зв’язку з цим виникає наукова проблема розроблення універсального методологічного підходу до геоінформаційного моніторингу пожеж на природоохоронних територіях, який би забезпечував системне поєднання багатоджерельних супутникових даних, просторових моделей та алгоритмів автоматизації аналізу і був придатний для застосування в умовах воєнних конфліктів, екологічного планування та післявоєнного відновлення територій.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Питання оцінювання воєнного впливу на довкілля та деградації природних екосистем у зоні конфліктів висвітлюється в роботах, де акцент зроблено на комплексі прямих і опосередкованих наслідків (пожежі, руйнування ландшафтів, забруднення повітря, вод і ґрунтів, втрата біорізноманіття), а також на обмеженнях польових досліджень у прифронтових та окупованих районах [1,2,11]. Окремо підкреслюється вразливість природоохоронних територій, зокрема природно-

заповідного фонду, та необхідність оперативних інструментів фіксації змін у просторі й часі для потреб управління та відновлення [3,11].

У цьому контексті активно розвиваються підходи дистанційного зондування Землі (ДЗЗ) і геоінформаційних систем (ГІС) як основи для моніторингу важкодоступних територій. У наукових публікаціях показано ефективність супутникових даних середньої просторової роздільної здатності (зокрема Sentinel і Landsat) для відстеження змін земного покриву, оцінки порушень рослинності та картографування ландшафтних трансформацій у межах заповідних територій [3–5]. Значна увага приділяється використанню індексних показників (NDVI, EVI тощо) для кількісної оцінки стану рослинного покриву та постпожежних змін [4,5,12]. Дослідження також демонструють потенціал інтеграції ДЗЗ і ГІС для просторового аналізу екологічних ризиків та підтримки прийняття рішень у природоохоронному плануванні [9,10].

Для оперативного виявлення пожеж широко застосовуються супутникові сервіси та платформи моніторингу активних осередків загоряння, що формують стандартизовані потоки даних для подальшої ГІС-обробки. Найпоширенішими є системи, які надають регулярні (щоденні) спостереження активного горіння та похідні продукти для оцінювання пожежної активності, зокрема для міжрегіональних і транснаціональних порівнянь [6–8]. У публікаціях наголошується, що такі сервіси є критично важливими для кризового моніторингу, однак потребують коректної просторової прив’язки та узгодження з тематичними шарами (межі природоохоронних територій, типи земного покриву, адміністративні одиниці тощо) [9,10].

Окремий блок сучасних робіт стосується застосування алгоритмів машинного навчання для прогнозування пожежної небезпеки, класифікації подій та визначення зон ризику на основі супутникових і метеорологічних предикторів [13–15]. Такі підходи демонструють високий потенціал для прогнозування, однак у прикладних задачах моніторингу природоохоронних територій часто виникає потреба у відтворюваних і прозорих процедурах просторової інтеграції даних, які можуть бути реалізовані як стандартизований геоінформаційний робочий процес (workflow), придатний для регулярного оновлення та масштабування [5,9,10].

Незважаючи на значний масив досліджень у сфері ДЗЗ/ГІС-моніторингу пожеж і деградаційних процесів, у науковій літературі зберігається низка методологічних прогалин. По-перше, часто описуються або сенсори/продукти ДЗЗ, або окремі ГІС-операції, однак недостатньо формалізується цілісний алгоритм інтеграції різнорідних джерел даних у межах єдиної відтворюваної методики, орієнтованої на умови воєнного впливу [9,10]. По-друге, обмежено представлені підходи, які поєднують: (і) автоматизовану ідентифікацію

осередків пожеж, (ii) просторову прив'язку до природоохоронних об'єктів, (iii) урахування типів земного покриву, (iv) агрегацію результатів за часовими та територіальними ознаками, (v) стандартизовану візуалізацію результатів у вигляді карт і графіків у рамках одного відтворюваного робочого циклу. По-третє, у більшості робіт недостатньо уваги приділяється практичним аспектам автоматизації ГІС-процедур (скриптові рішення, контроль якості, усунення дублікатів, узгодження проекцій, формати вихідних даних), що критично важливо при роботі з великими обсягами інформації та потребою регулярного оновлення моніторингу [4,9].

Таким чином, аналіз останніх досліджень підтверджує наявність науково-прикладної потреби у розробленні методології геоінформаційного моніторингу пожеж природоохоронних територій в умовах воєнного впливу, яка б формалізувала послідовність етапів обробки даних, забезпечувала автоматизацію ключових просторових операцій та відтворюваність результатів, а також була придатною до масштабування на інші регіони і задачі екологічного управління та відновлення.

Мета дослідження. Метою дослідження є розроблення та наукове обґрунтування методологічного підходу до геоінформаційного моніторингу пожеж на природоохоронних територіях в умовах воєнного впливу, що базується на інтеграції супутникових даних дистанційного зондування Землі, геоінформаційних технологій та засобів автоматизованої обробки просторової інформації.

Для досягнення поставленої мети передбачено вирішення таких завдань:

– проаналізувати можливості використання супутникових даних і геоінформаційних систем для моніторингу пожеж природоохоронних територій;

– сформувати структуру інтегрованої геоінформаційної моделі обробки багатоджерельних просторових даних;

– розробити алгоритм автоматизованої ідентифікації осередків пожеж, їх просторової прив'язки до об'єктів природно-заповідного фонду та урахування типів земного покриву;

– обґрунтувати підхід до просторово-часової агрегації та візуалізації результатів моніторингу;

– виконати апробацію запропонованої методики на прикладі природоохоронних територій, що зазнали впливу воєнних дій;

– оцінити можливості застосування розробленої методології у задачах екологічного моніторингу, просторового планування та післявоєнного відновлення територій.

Виклад основного матеріалу. Основна частина дослідження присвячена формуванню методологічного підходу до геоінформаційного моніторингу пожеж на природоохоронних територіях в умовах воєнного впливу. Запропонована методологія базується на інтеграції супутникових даних дистанційного зондування Землі, геоінформаційних технологій та засобів автоматизованої обробки просторової інформації з використанням сучасних програмних інструментів.

Розроблення методології передбачає визначення теоретичних засад геоінформаційного моніторингу, формування структури інформаційної бази дослідження, побудову архітектури геоінформаційної системи, розроблення алгоритмів просторового аналізу пожеж та їх автоматизованої обробки, а також оцінку можливостей практичного застосування запропонованого підходу. Послідовність реалізації цих етапів забезпечує відтворюваність результатів дослідження та можливість масштабування методики для використання в різних регіонах і природних умовах.

У подальших підпунктах викладено теоретико-методологічні засади запропонованого підходу, охарактеризовано інформаційне забезпечення дослідження, описано алгоритм геоінформаційного аналізу пожеж, розглянуто можливості автоматизації просторової обробки даних та наведено результати апробації методології на прикладі природоохоронних територій, що зазнали впливу воєнних дій.

Теоретико-методологічні засади геоінформаційного моніторингу пожеж. Моніторинг екологічних змін у природних екосистемах в умовах воєнного впливу потребує застосування інструментів, здатних забезпечувати оперативне отримання просторової інформації, її системний аналіз і відтворюваність результатів [1,9]. Традиційні підходи екологічного спостереження, що базуються на польових дослідженнях, у зонах активних бойових дій або на територіях із обмеженим доступом значною мірою втрачають ефективність, що зумовлює необхідність переходу до дистанційних методів моніторингу [1].

Геоінформаційні системи у поєднанні з технологіями дистанційного зондування Землі формують основу сучасного екологічного аналізу, дозволяючи інтегрувати багатоджерельні просторові дані, виконувати їх тематичну інтерпретацію та здійснювати моделювання природних процесів [5,10]. Особливе значення у таких дослідженнях мають пожежі як один із найбільш інформативних індикаторів деградації природних екосистем, оскільки вони відображають зміну структури рослинного покриву, порушення природних біогеоценозів та трансформацію ландшафтів [11,16].

Методологія геоінформаційного моніторингу пожеж передбачає формування комплексного робочого процесу обробки просторових даних, який включає збір супутникової інформації, її попередню підготовку, інтеграцію тематичних шарів, виконання просторового аналізу та формування картографічних і аналітичних результатів (рис. 1). Важливим принципом такої методології є системність, що забезпечує узгоджене використання різнорідних джерел інформації, зокрема супутникових знімків, даних моніторингу активних осередків пожеж, векторних меж природоохоронних територій та тематичних шарів земного покриву [6,9].

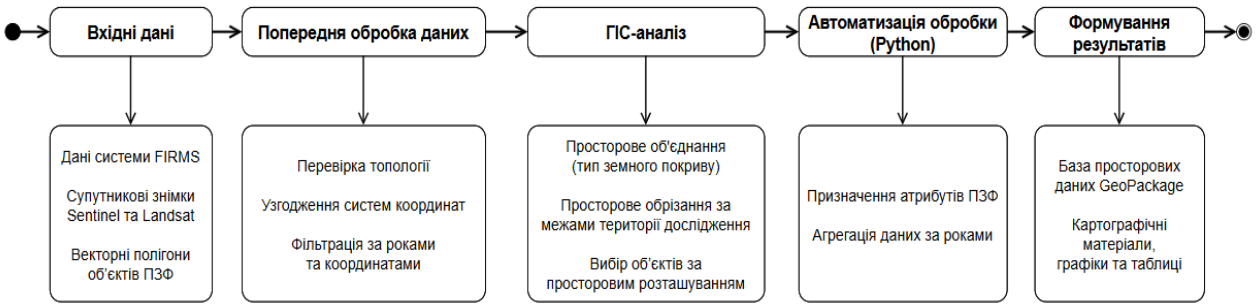


Рис. 1. Узагальнена схема методології геоінформаційного аналізу пожежної активності в межах природно-заповідного фонду із застосуванням ГІС та автоматизованої обробки даних

Сучасні підходи до геоінформаційного аналізу дедалі частіше передбачають автоматизацію обробки просторових даних із використанням мов програмування, що дозволяє забезпечити відтворюваність результатів, зменшити вплив суб'єктивних факторів і значно підвищити ефективність роботи з великими масивами інформації [9,10]. Використання Python як універсального інструмента геопросторового аналізу відкриває можливості автоматизації процедур підготовки даних, виконання просторових операцій, аналізу часової динаміки та формування аналітичних результатів у межах єдиного програмного середовища [17,18].

Автоматизація геоінформаційних процесів дозволяє реалізувати стандартизований алгоритм обробки даних, що включає просторову ідентифікацію осередків пожеж, їх прив'язку до природоохоронних територій, аналіз взаємозв'язку з типами земного покриву та просторово-часову агрегацію результатів [9,17,18]. Такий підхід забезпечує можливість регулярного оновлення моніторингової інформації, що є критично важливим у динамічних умовах воєнного впливу на природні екосистеми.

Застосування інтегрованої методології геоінформаційного аналізу на основі автоматизованої обробки супутникових даних створює передумови для формування універсального інструменту моніторингу екологічних змін,

придатного для використання у задачах екологічного планування, оцінки ризиків та післявоєнного відновлення територій [17,18].

Інформаційна база та архітектура геоінформаційної системи. Інформаційна база геоінформаційного моніторингу пожеж формується з використанням багатоджерельних просторових даних, що забезпечують комплексне охоплення досліджуваних територій і можливість аналізу пожежної активності в умовах обмеженого польового доступу. Основу інформаційного забезпечення становлять супутникові дані дистанційного зондування Землі середньої просторової роздільної здатності, зокрема продукти супутникових місій Sentinel-1, Sentinel-2 та Landsat, які широко застосовуються для аналізу стану земного покриву, рослинності та температурних аномалій [3–5]. Регулярність оновлення, відкритий доступ і просторово-часова узгодженість цих даних роблять їх придатними для задач оперативного екологічного моніторингу.

Для ідентифікації осередків пожеж та аналізу їх динаміки використовуються дані супутникових сервісів моніторингу активного горіння, які забезпечують щоденне оновлення інформації про місця загорянь і дозволяють оперативно фіксувати прояви пожежної активності на великих територіях [6–8]. Такі дані розглядаються як первинний індикатор екологічних порушень і інтегруються з тематичними шарами геоінформаційної системи для подальшого просторового аналізу.

Важливою складовою інформаційної бази є векторні просторові дані, що описують межі об’єктів природно-заповідного фонду, адміністративно-територіальний поділ, типи земного покриву та інші допоміжні характеристики території [9,10,18]. Залучення таких шарів забезпечує можливість просторової прив’язки осередків пожеж до конкретних природоохоронних об’єктів, а також урахування ландшафтних і функціональних особливостей територій при аналізі пожежної динаміки.

Архітектура геоінформаційної системи моніторингу пожеж побудована за модульним принципом, що передбачає поетапну обробку та інтеграцію просторових даних у межах єдиного аналітичного середовища. На першому етапі здійснюється збір і попередня підготовка супутникових та векторних даних, включаючи перевірку якості, узгодження просторових проєкцій і форматів зберігання. Другий етап охоплює інтеграцію даних у геоінформаційну базу та формування тематичних шарів для подальшого аналізу. Третій етап передбачає виконання просторових операцій, автоматизовану ідентифікацію осередків пожеж і просторово-часову агрегацію результатів.

Ключовим елементом архітектури системи є використання автоматизованих алгоритмів обробки просторових даних із застосуванням мови

програмування Python, що забезпечує реалізацію повторюваного робочого процесу (workflow), мінімізує ручні операції та зменшує ймовірність суб'єктивних помилок [17,18]. Інтеграція програмних скриптів із середовищем ГІС дозволяє поєднувати стандартні геоінформаційні операції з гнучкими процедурами аналізу та обробки великих обсягів даних.

Загальна логіка формування інформаційної бази та взаємодії її складових у межах геоінформаційної системи відображена у вигляді узагальненої методологічної схеми (рис. 1), яка демонструє послідовність етапів збору, інтеграції, аналізу та візуалізації просторової інформації. Така архітектура забезпечує масштабованість і адаптивність системи, що дозволяє застосовувати запропонований підхід для моніторингу пожеж на різних природоохоронних територіях та в інших регіонах із подібними умовами екологічних ризиків.

Алгоритм геоінформаційного аналізу пожеж. Алгоритм геоінформаційного аналізу пожеж розроблено з метою забезпечення стандартизованої та відтворюваної процедури обробки просторових даних, що дозволяє здійснювати ідентифікацію осередків загоряння, визначення їх просторового розташування відносно природоохоронних територій та оцінку динаміки пожежної активності. Алгоритм базується на інтеграції супутникових даних дистанційного зондування Землі, тематичних векторних шарів і процедур автоматизованого просторового аналізу [9,17].

На початковому етапі алгоритму здійснюється формування інформаційного набору даних, що включає супутникові продукти, дані моніторингу активних осередків пожеж і допоміжні тематичні шари. Виконується попередня підготовка даних, яка передбачає перевірку їх повноти, усунення дублікатів, гармонізацію форматів зберігання та приведення до єдиної просторової системи координат. Узгодження просторових параметрів є необхідною умовою коректного виконання подальших геоінформаційних операцій [9,17].

Наступний етап алгоритму передбачає просторову фільтрацію даних про осередки пожеж з урахуванням меж досліджуваної території. Для цього застосовуються операції просторового накладання, що дозволяють визначати місця загоряння, які розташовані в межах природоохоронних об'єктів або прилеглих територій. Такий підхід забезпечує можливість оцінювання пожежної активності безпосередньо у межах природно-заповідного фонду, а також аналізу впливу пожеж на прилеглі ландшафти [10,18].

Важливою складовою алгоритму є інтеграція даних про пожежі з тематичними шарами земного покриву. Це дозволяє визначати типи ландшафтів, у яких виникають пожежі, та оцінювати характер трансформацій природних екосистем. Аналіз взаємозв'язку між пожежною активністю і

структурою земного покриву забезпечує більш детальну інтерпретацію екологічних наслідків загорянь і дозволяє визначати найбільш уразливі природні комплекси [3,4,19].

Після виконання просторової ідентифікації пожеж здійснюється агрегування результатів за часовими і територіальними ознаками. Часова агрегація передбачає групування даних за визначеними інтервалами спостережень, що дозволяє аналізувати динаміку пожежної активності. Територіальна агрегація забезпечує узагальнення результатів у межах окремих природоохоронних територій або адміністративних одиниць. Такий підхід створює основу для подальшого статистичного аналізу та візуалізації результатів.

Заключний етап алгоритму включає формування картографічних і аналітичних матеріалів, що відображають просторовий розподіл пожежної активності та її зміни в часі. Візуалізація результатів виконується у вигляді тематичних карт, графіків та аналітичних схем, які можуть використовуватися для оцінки екологічних ризиків і підтримки прийняття управлінських рішень [17,18]. Узагальнена послідовність виконання алгоритму геоінформаційного аналізу пожеж представлена у вигляді структурної схеми (рис. 2), яка демонструє взаємозв’язок основних етапів обробки просторових даних.

Запропонований алгоритм передбачає поетапну інтеграцію супутникових даних дистанційного зондування Землі, інформації про осередки пожеж та векторних меж природно-заповідного фонду. На початковому етапі здійснюється імпорт і попередня обробка просторових даних, включаючи узгодження систем координат і фільтрацію інформації за часовими параметрами. Подальша обробка супутникових знімків передбачає формування вегетаційних індексів, що використовуються для оцінки стану рослинного покриву. Геоінформаційний аналіз забезпечує просторове поєднання пожежних осередків із межами природоохоронних територій і типами земного покриву. Автоматизація обробки реалізована засобами Python, що дозволяє виконувати агрегацію даних за роками та формувати статистичні показники пожежної активності. Завершальним етапом є формування бази просторових даних і аналітичних картографічних матеріалів.

Автоматизація обробки просторових даних. Автоматизація обробки просторових даних є ключовим елементом запропонованої методології геоінформаційного моніторингу пожеж і визначає її наукову новизну та практичну цінність. В умовах роботи з великими обсягами багатоджерельної супутникової інформації ручна обробка даних стає малоефективною, трудомісткою та схильною до суб’єктивних помилок, що особливо критично для регулярного екологічного моніторингу в умовах воєнного впливу [17,18].

Рис.2. Алгоритм автоматизованого геоінформаційного аналізу пожежної активності із застосуванням супутникових даних, ГІС та мови програмування Python

Автоматизацію геоінформаційного аналізу реалізовано із застосуванням мови програмування Python, що забезпечує інтеграцію супутникових даних, виконання геоінформаційних операцій та підтримку просторово-часового аналізу. Використання Python дозволяє створювати відтворювані алгоритми обробки даних, у межах яких стандартизуються етапи дослідження — від завантаження та попередньої підготовки просторових даних до формування кінцевих картографічних і аналітичних результатів [17,18].

Просторове приєднання осередків пожеж до меж природно-заповідного фонду реалізовано із використанням середовища PyQGIS. Розроблений алгоритм передбачає перевірку належності точкових об’єктів пожеж до полігональних меж природоохоронних територій та автоматичне присвоєння відповідних атрибутивних характеристик. Приклад фрагмента програмного коду, що демонструє реалізацію алгоритму просторового приєднання, наведено на рис. 3.

Автоматизований підхід дозволяє формалізувати виконання основних геоінформаційних операцій, зокрема просторове накладання шарів, фільтрацію осередків пожеж за часовими параметрами, агрегацію результатів за роками

дослідження та просторовими одиницями аналізу, а також контроль якості вихідних даних. Це сприяє підвищенню точності результатів аналізу, забезпечує об’єктивність дослідження та мінімізує неоднозначність виконання просторових процедур.

```
# Додавання поля для назви об'єкта ПЗФ
if layer.fields().indexFromName('NazObPZF') < 0:
    layer.dataProvider().addAttributes([QgsField('NazObPZF', QVariant.String)])
    layer.updateFields()

nazobpzf_index = layer.fields().indexFromName('NazObPZF')

# Просторове приєднання точок пожеж до полігонів ПЗФ
for fire_point in layer.getFeatures():
    point_geom = fire_point.geometry()

    for pzf_polygon in clip_layer.getFeatures():
        polygon_geom = pzf_polygon.geometry()

        if polygon_geom.contains(point_geom):
            pzf_name = pzf_polygon['NazObPZF']
            layer.changeAttributeValue(
                fire_point.id(),
                nazobpzf_index,
                pzf_name
            )
            break
```

Рис.3. Фрагмент Python-скрипта (PyQGIS), що демонструє алгоритм просторового приєднання осередків пожеж до об’єктів природно-заповідного фонду

Використання програмних скриптів у поєднанні з ГІС-середовищем дозволяє реалізувати єдиний автоматизований робочий процес (workflow), у межах якого всі етапи аналізу виконуються послідовно та можуть бути багаторазово відтворені для інших територій або часових періодів без зміни базової логіки алгоритму. Такий підхід є принципово важливим для масштабування методики та її застосування у системах довготривалого екологічного моніторингу [9,17].

Окремою перевагою автоматизації є можливість регулярного оновлення результатів моніторингу в міру надходження нових супутникових даних. Це забезпечує оперативність оцінювання пожежної активності та дозволяє використовувати отримані результати у прикладних задачах екологічного управління, кризового реагування та планування заходів із відновлення природоохоронних територій [10,18].

Таким чином, автоматизація обробки просторових даних на основі Python виступає не лише технічним інструментом, а складовою методології

геоінформаційного аналізу, що забезпечує відтворюваність, масштабованість і наукову обґрунтованість результатів моніторингу пожеж в умовах воєнного впливу.

Апробація методології та її обмеження. Апробацію запропонованої методології геоінформаційного моніторингу пожеж виконано на прикладі природоохоронних територій півдня України, що зазнали впливу воєнних дій. Обраний регіон характеризується високою інтенсивністю пожежної активності, значною площею природних екосистем та обмеженим польовим доступом, що створює сприятливі умови для перевірки ефективності дистанційних методів екологічного моніторингу [1,2,18]. Демонстраційний аналіз дозволив перевірити працездатність алгоритму інтеграції супутникових даних, просторової ідентифікації осередків пожеж і формування аналітичних результатів у межах геоінформаційної системи.

У межах апробації методики за період 2021 – березень 2024 року в межах об’єктів природно-заповідного фонду Херсонської області зафіксовано 878 осередків пожеж. При цьому 2021 рік становив лише 1,3 % від загальної кількості випадків, тоді як у 2022–2023 роках спостерігалося різке зростання пожежної активності (збільшення у 22–28 разів порівняно з 2021 роком), із піковим значенням у 2023 році — 481 випадок загорянь. Загалом у межах дослідження автоматизовано оброблено понад 1500 точкових спостережень, що дозволило забезпечити повноту просторового охоплення та сформувати структуровану базу даних для подальшого аналізу динаміки пожежної активності. Аналіз отриманих даних засвідчив виражену просторову залежність між інтенсивністю пожеж та зонами активних бойових дій, а також продемонстрував тенденцію до деградації природних екосистем у межах ПЗФ.

У процесі апробації підтверджено можливість використання запропонованого підходу для оперативного виявлення пожеж, визначення їх просторового розподілу та аналізу динаміки загорянь у межах природоохоронних територій. Просторова агрегація результатів засвідчила концентрацію пожежної активності у прибережних та заплавних ландшафтах, а також у межах окремих об’єктів природно-заповідного фонду, що зазнали впливу воєнних дій (рис. 4). Отримані результати продемонстрували здатність методики забезпечувати комплексний аналіз пожежної активності на основі багатоджерельних супутникових даних та інтеграції результатів моніторингу з тематичними шарами земного покриву і межами природоохоронних об’єктів. Це підтверджує придатність запропонованого підходу для використання у задачах екологічного моніторингу, просторового планування та оцінки екологічних ризиків.

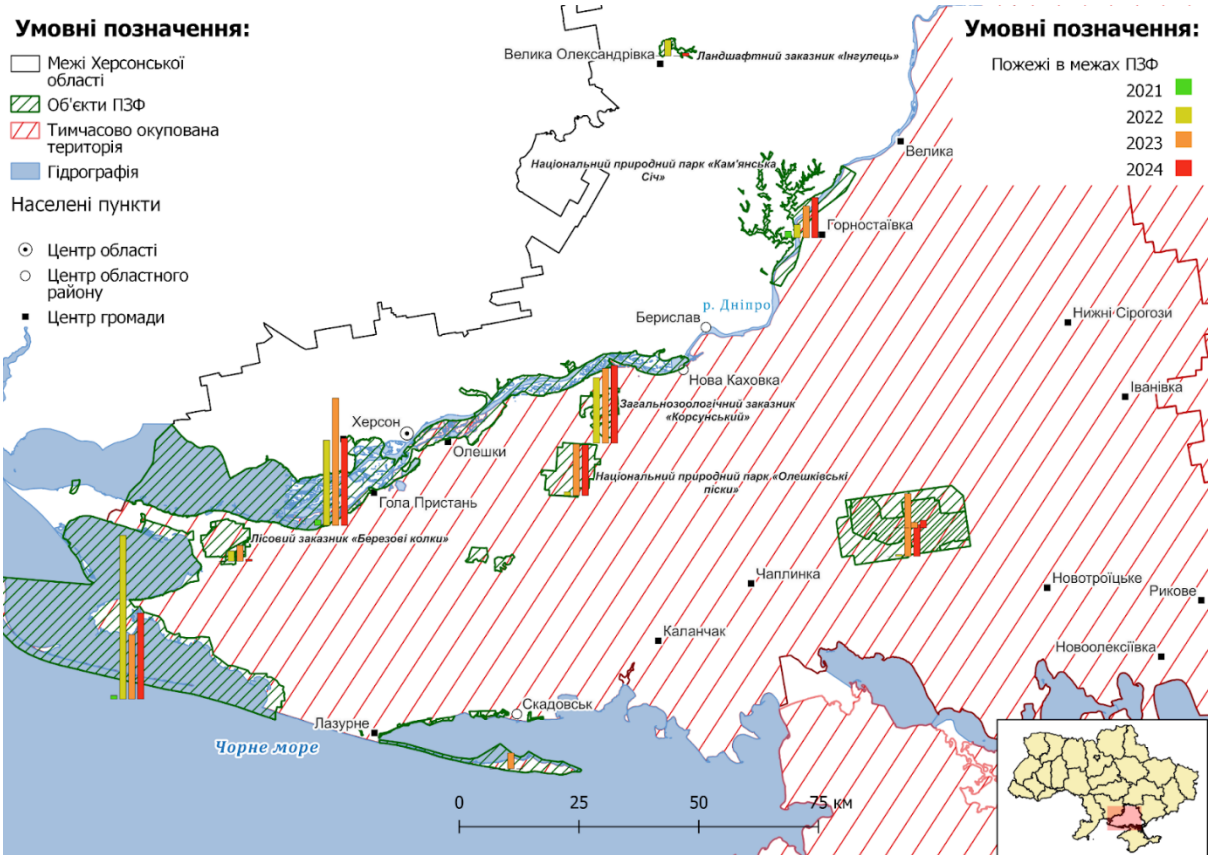


Рис.4. Просторовий розподіл осередків пожеж в межах об’єктів природно-заповідного фонду Херсонської області за 2021–2024 роки

Разом із тим застосування дистанційних методів аналізу пожеж пов’язане з низкою обмежень, що зумовлені особливостями супутникових даних і геоінформаційної обробки. До основних обмежень належить залежність точності ідентифікації пожеж від просторової та часової роздільної здатності супутникових спостережень, можливі похибки геоприв’язки даних, а також вплив атмосферних умов на якість супутникових зображень. Крім того, автоматизовані алгоритми обробки даних можуть потребувати додаткового налаштування при застосуванні в регіонах із відмінними природними умовами або структурою земного покриву.

Перспективи подальшого розвитку методології пов’язані з розширенням набору використовуваних супутникових продуктів, інтеграцією даних вищої просторової роздільної здатності та залученням додаткових екологічних показників для комплексної оцінки стану природних екосистем. Перспективним напрямом є також використання методів машинного навчання для вдосконалення алгоритмів прогнозування пожежної небезпеки та автоматичної класифікації деградаційних процесів [12–15].

Таким чином, результати апробації підтверджують ефективність запропонованої методології геоінформаційного моніторингу пожеж і демонструють її потенціал для застосування в умовах обмеженого польового

доступу. Водночас врахування виявлених обмежень створює підґрунтя для подальшого вдосконалення методики та розширення можливостей її практичного використання у системах довготривалого екологічного моніторингу та відновлення природоохоронних територій.

Результати та обговорення. Розроблена методологія геоінформаційного моніторингу пожеж продемонструвала можливість комплексного аналізу пожежної активності на природоохоронних територіях на основі інтеграції супутникових даних, геоінформаційних технологій та автоматизованої обробки просторової інформації. Реалізація запропонованого підходу підтвердила працездатність сформованого алгоритму обробки даних, що забезпечує послідовну інтеграцію багатоджерельної супутникової інформації, її просторову інтерпретацію та формування картографічних і аналітичних результатів.

Застосування автоматизованого робочого процесу дозволило забезпечити відтворюваність результатів геоінформаційного аналізу та мінімізувати вплив суб’єктивних факторів, характерних для ручної обробки даних. Використання програмних скриптів забезпечило можливість стандартизації процедур підготовки просторових даних, просторової ідентифікації осередків пожеж і їх просторово-часової агрегації. Це створює основу для регулярного оновлення моніторингової інформації та дозволяє використовувати методику у довготривалих системах екологічного спостереження.

Отримані результати свідчать, що інтеграція супутникових сервісів моніторингу пожеж із тематичними шарами геоінформаційної системи дозволяє виконувати аналіз пожежної активності безпосередньо у межах природоохоронних територій і оцінювати її взаємозв’язок зі структурою земного покриву. Такий підхід забезпечує більш комплексне розуміння екологічних трансформацій порівняно з використанням лише супутникових даних або традиційних ГІС-методів окремо.

Порівняння запропонованої методології з існуючими підходами до моніторингу пожеж показує, що більшість досліджень зосереджена або на аналізі супутникових даних дистанційного зондування Землі, або на використанні геоінформаційних технологій для картографування пожежної активності. Водночас у таких роботах обмежено представлено інтегровані алгоритми автоматизованої обробки даних, які поєднують різні джерела інформації в межах єдиного відтворюваного робочого процесу. Запропонований підхід дозволяє усунути зазначені обмеження шляхом поєднання можливостей дистанційного зондування, геоінформаційного аналізу та програмної автоматизації.

Важливою перевагою розробленої методології є її універсальність і масштабованість. Алгоритм геоінформаційного аналізу може застосовуватися для дослідження пожежної активності на різних природоохоронних територіях незалежно від їх географічного розташування та природних умов. Крім того, використання автоматизованих процедур дозволяє адаптувати методику до аналізу інших видів екологічних трансформацій, пов'язаних із воєнним впливом або антропогенним навантаженням.

З позицій містобудування та територіального планування запропонована методологія може використовуватися як інструмент екологічного обґрунтування просторових рішень. Дані про просторову локалізацію та динаміку пожежної активності доцільно враховувати при розробленні схем планування територій, оновленні генеральних планів населених пунктів, формуванні зон обмежень забудови та екологічного зонування.

Інтеграція результатів геоінформаційного моніторингу у містобудівну документацію дозволяє підвищити обґрунтованість управлінських рішень щодо функціонального використання територій, визначення зон підвищеного екологічного ризику та планування заходів із відновлення природоохоронних ландшафтів у післявоєнний період.

Таким чином, методологія набуває прикладного значення не лише як інструмент екологічного аналізу, але й як складова інформаційної підтримки системи просторового розвитку територій.

Разом із тим результати дослідження підтверджують необхідність подальшого вдосконалення методів дистанційного моніторингу пожеж. Точність просторової ідентифікації осередків загоряння значною мірою залежить від характеристик супутникових даних, що визначає потребу у використанні продуктів вищої просторової та часової роздільної здатності. Перспективним напрямом розвитку методології є також інтеграція додаткових екологічних показників та використання методів машинного навчання для прогнозування пожежної небезпеки і автоматичної класифікації деградаційних процесів.

Результати дослідження підтверджують ефективність запропонованого методологічного підходу до геоінформаційного моніторингу пожеж і демонструють його потенціал для застосування у системах екологічного управління, оцінки екологічних ризиків та планування заходів із відновлення природоохоронних територій в умовах воєнного впливу.

Висновки. У роботі розроблено та науково обґрунтовано методологічний підхід до геоінформаційного моніторингу пожеж на природоохоронних територіях в умовах воєнного впливу, що базується на інтеграції супутникових даних дистанційного зондування Землі, геоінформаційних технологій та засобів

автоматизованої обробки просторової інформації. Запропонована методологія передбачає формування стандартизованого алгоритму геоінформаційного аналізу, який включає підготовку багатоджерельних просторових даних, автоматизовану ідентифікацію осередків пожеж, їх просторову прив'язку до природоохоронних об'єктів, аналіз взаємозв'язку пожежної активності з типами земного покриву та просторово-часову агрегацію результатів.

Використання мови програмування Python у поєднанні з геоінформаційними системами дозволило реалізувати автоматизований робочий процес обробки просторових даних, що забезпечує відтворюваність результатів дослідження, мінімізує суб'єктивність геоінформаційного аналізу та підвищує ефективність роботи з великими обсягами супутникової інформації. Проведена апробація методології підтвердила її придатність для оперативного моніторингу пожежної активності на природоохоронних територіях та продемонструвала можливість використання запропонованого підходу у задачах екологічного моніторингу, просторового планування та оцінки екологічних ризиків у регіонах, що зазнали впливу воєнних дій.

Запропонований підхід характеризується універсальністю та масштабованістю, що дозволяє адаптувати його для дослідження інших типів екологічних трансформацій і застосовувати у системах довготривалого моніторингу природних екосистем. Подальший розвиток методології пов'язаний із залученням супутникових даних вищої просторової та часової роздільної здатності, інтеграцією додаткових екологічних показників та використанням методів машинного навчання для вдосконалення процедур прогнозування пожежної небезпеки та аналізу деградаційних процесів у природоохоронних територіях.

Практичне значення дослідження полягає у можливості інтеграції розробленого геоінформаційного підходу в систему територіального планування та містобудівної документації різних рівнів. Запропонована методологія може слугувати інструментом екологічного обґрунтування просторових рішень, визначення зон обмежень використання територій та формування стратегій відновлення природно-заповідного фонду в умовах післявоєнної трансформації простору.

Список літератури

1. Клипа А.В. (2024). Вплив військових дій на природні екосистеми: наслідки, реабілітація та інтегрований підхід. *Просторовий розвиток*, (10), 471–481. https://doi.org/10.32347/2786-7269.2024.10.471-481

2. Василюк О., Норенко К. (2019). Вплив військової діяльності на природу України: посібник / за ред. О. Кравченко. Львів: Манускрипт.

3. Bai, X., Zhang, S., Zhang, K., Song, Y., & Zhang, Y. (2019). Monitoring land cover change and disturbance of the Mount Wutai World Cultural Landscape Heritage protected area. Remote Sensing, 11(11), 1332. https://doi.org/10.3390/rs11111332

4. Mao, L., Li, M., & Shen, W. (2020). Remote sensing applications for monitoring terrestrial protected areas: Progress in the last decade. Sustainability, 12(12), 5016. https://doi.org/10.3390/su12125016

5. Ayad, Y.M. (2005). Remote sensing and GIS in modeling visual landscape change: A case study of the northwestern arid coast of Egypt. Landscape and Urban Planning, 73(4), 307–325. https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2004.08.002

6. Kaiser, J.W., Heil, A., Andreae, M.O., Benedetti, A., Chubarova, N., Jones, L., Morcrette, J.J., Razinger, M., Schultz, M.G., Suttie, M., & van der Werf, G.R. (2012). Biomass burning emissions estimated with a global fire assimilation system based on observed fire radiative power. Biogeosciences, 9(1), 527–554. https://doi.org/10.5194/bg-9-527-2012

7. Fire Information for Resource Management System (FIRMS). (n.d.). NASA. Retrieved July 21, 2025, from https://firms.modaps.eosdis.nasa.gov

8. European Forest Fire Information System (EFFIS). (n.d.). Copernicus Emergency Management Service. Retrieved July 21, 2025, from https://forest-fire.emergency.copernicus.eu

9. Reddy, C.S., Satish, K.V., & Prasada Rao, P.V.V. (2018). Significant decline of forest fires in Nilgiri Biosphere Reserve, India. Remote Sensing Applications: Society and Environment, 11, 172–185. https://doi.org/10.1016/j.rsase.2018.07.002

10. Peter, A., Mujuru, M., & Dube, T. (2018). Assessment of land cover changes in a protected nature reserve and possible implications on water resources, South Africa. Physics and Chemistry of the Earth, 107, 86–91. https://doi.org/10.1016/j.pce.2018.09.005

11. Tomchenko, O.V., Khyzhniak, A.V., Sheviakina, N.A., Zahorodnia, S.A., Yelistratova, L.A., Yakovenko, M.I., & Stakhiv, I.R. (2023). Assessment and monitoring of fires caused by the war in Ukraine on landscape scale. Journal of Landscape Ecology, 16(2), 76–97. https://doi.org/10.2478/jlecol-2023-0011

12. Kumar, N., & Kumar, A. (2020). Australian bushfire detection using machine learning and neural networks. In 2020 7th International Conference on Smart Structures and Systems (ICSSS) (pp. 1–7). IEEE. https://doi.org/10.1109/ICSSS49621.2020.9202238

13. Yang, S., Lupascu, M., & Meel, K. S. (2021). Predicting forest fire using remote sensing data and machine learning. Proceedings of the AAAI Conference on Artificial Intelligence, 35(17), 14983–14990. https://doi.org/10.1609/aaai.v35i17.17758

14. Mounir, G., El Haddioui, A., El Ghazi, H., & Hafid, A. (2022). Early wildfire detection using machine learning model deployed in the fog/edge layers of IoT. Indonesian Journal of Electrical Engineering and Computer Science, 27(2), 1062–1073. https://doi.org/10.11591/ijeecs.v27.i2.pp1062-1073

15. Thies, B. (2025). Machine learning wildfire susceptibility mapping for Germany. Natural Hazards, 121, 12517–12530. https://doi.org/10.1007/s11069-025-07292-2

16. Yakovenko, M.I., Tomchenko, O.V., Stakhiv, I.R., & Liashenko, D.V. (2023, October 2–5). Assessment of the quality loss, damage of forestry lands affected by military operations in 2021–2023. In Proceedings of the International Conference of Young Professionals «GeoTerrace-2023» (Paper No. GeoTerrace-2023-041). Lviv, Ukraine. https://doi.org/10.3997/2214-4609.2023510041

17. Klypa, A.V., & Karpinsky, Y.O. (2025). Methodology for geoinformation modeling of microelement distribution in surface waters: Case study of the Poltava Region (Ukraine). *Reports on Geodesy and Geoinformatics*, 120, 25–30. https://doi.org/10.2478/rgg-2025-0013

18. Stakhiv, I.R., Klypa, A.V., Zatserkovnyi, V.I., Pastushenko, T.V., & Vorokh, V. V. (2026). GIS-based assessment of fire impact on the landscapes of the Kherson region. *Naukovyi Visnyk Natsionalnoho Hirnychoho Universytetu*, (1), 147–157. https://doi.org/10.33271/nvngu/2026-1/147

19. San-Miguel-Ayanz, J., Schulte, E., Schmuck, G., & Camia, A. (2012). Comprehensive monitoring of wildfires in Europe: The European Forest Fire Information System (EFFIS). In J. Tiefenbacher (Ed.), Approaches to managing disaster – Assessing hazards, emergencies and disaster impacts (pp. 87–108). InTech. https://doi.org/10.5772/28441

PhD **Andrii Klypa,**
Kyiv National University of Construction and Architecture

METHODOLOGY OF GEOINFORMATION MONITORING OF FIRES IN PROTECTED AREAS UNDER CONDITIONS OF MILITARY IMPACT

Military actions significantly intensify environmental degradation processes and complicate the implementation of regular field-based ecological monitoring. In such conditions, geoinformation technologies and satellite remote sensing data become key tools for assessing spatial and temporal changes in natural ecosystems. The purpose of this study is to develop and test a standardized methodology for geoinformation monitoring of fires within protected areas under conditions of military impact.

The proposed approach is based on the integration of multi-source satellite data, active fire monitoring services, thematic land cover layers, and automated spatial analysis procedures implemented in Python. The methodology includes data acquisition and preprocessing, spatial filtering of fire hotspots within protected areas, integration with land cover data, temporal and territorial aggregation of results, and the generation of cartographic and analytical outputs.

The methodology was tested on protected areas in southern Ukraine affected by military activities. The results demonstrate the effectiveness of the automated workflow in identifying fire occurrences, analyzing their spatial distribution, and assessing temporal dynamics within the nature reserve network. The integration of remote sensing data with thematic geospatial layers enables a comprehensive assessment of fire activity and its potential ecological consequences.

The proposed methodology ensures reproducibility of results, reduces subjectivity in spatial data processing, and can be applied in environmental monitoring, spatial planning, ecological risk assessment, and post-war recovery planning.

Keywords: GIS-based monitoring; remote sensing; geographic information systems (GIS); wildfires; spatial analysis automation; military impact.

REFERENSES

1. Klypa, A.V. (2024). Vplyv viiskovykh dii na pryrodni ekosystemy: naslidky, reabilitatsiya ta intehrovanyi pidkhid [The impact of military actions on

natural ecosystems: consequences, rehabilitation, and an integrated approach]. Prostorovyi rozvytok, (10), 471–481. https://doi.org/10.32347/2786-7269.2024.10.471-481.

2. Vasyliuk, O., & Norenko, K. (2019). Vplyv viiskovoi diialnosti na pryrodu Ukrainy: Posibnyk [The impact of military activity on the nature of Ukraine: A manual] (O. Kravchenko, Ed.). Lviv: Manuskript.

3. Bai, X., Zhang, S., Zhang, K., Song, Y., & Zhang, Y. (2019). Monitoring land cover change and disturbance of the Mount Wutai World Cultural Landscape Heritage protected area. Remote Sensing, 11(11), 1332. https://doi.org/10.3390/rs11111332

4. Mao, L., Li, M., & Shen, W. (2020). Remote sensing applications for monitoring terrestrial protected areas: Progress in the last decade. Sustainability, 12(12), 5016. https://doi.org/10.3390/su12125016

5. Ayad, Y.M. (2005). Remote sensing and GIS in modeling visual landscape change: A case study of the northwestern arid coast of Egypt. Landscape and Urban Planning, 73(4), 307–325. https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2004.08.002

6. Kaiser, J.W., Heil, A., Andreae, M.O., Benedetti, A., Chubarova, N., Jones, L., Morcrette, J.J., Razinger, M., Schultz, M.G., Suttie, M., & van der Werf, G.R. (2012). Biomass burning emissions estimated with a global fire assimilation system based on observed fire radiative power. Biogeosciences, 9(1), 527–554. https://doi.org/10.5194/bg-9-527-2012

7. Fire Information for Resource Management System (FIRMS). (n.d.). NASA. Retrieved July 21, 2025, from https://firms.modaps.eosdis.nasa.gov

8. European Forest Fire Information System (EFFIS). (n.d.). Copernicus Emergency Management Service. Retrieved July 21, 2025, from https://forest-fire.emergency.copernicus.eu

9. Reddy, C.S., Satish, K.V., & Prasada Rao, P.V.V. (2018). Significant decline of forest fires in Nilgiri Biosphere Reserve, India. Remote Sensing Applications: Society and Environment, 11, 172–185. https://doi.org/10.1016/j.rsase.2018.07.002

10. Peter, A., Mujuru, M., & Dube, T. (2018). Assessment of land cover changes in a protected nature reserve and possible implications on water resources, South Africa. Physics and Chemistry of the Earth, 107, 86–91. https://doi.org/10.1016/j.pce.2018.09.005

11. Tomchenko, O.V., Khyzhniak, A.V., Sheviakina, N.A., Zahorodnia, S.A., Yelistratova, L.A., Yakovenko, M.I., & Stakhiv, I.R. (2023). Assessment and monitoring of fires caused by the war in Ukraine on landscape scale. Journal of Landscape Ecology, 16(2), 76–97. https://doi.org/10.2478/jlecol-2023-0011

12. Kumar, N., & Kumar, A. (2020). Australian bushfire detection using machine learning and neural networks. In 2020 7th International Conference on Smart Structures and Systems (ICSSS) (pp. 1–7). IEEE. https://doi.org/10.1109/ICSSS49621.2020.9202238

13. Yang, S., Lupascu, M., & Meel, K. S. (2021). Predicting forest fire using remote sensing data and machine learning. Proceedings of the AAAI Conference on Artificial Intelligence, 35(17), 14983–14990. https://doi.org/10.1609/aaai.v35i17.17758

14. Mounir, G., El Haddioui, A., El Ghazi, H., & Hafid, A. (2022). Early wildfire detection using machine learning model deployed in the fog/edge layers of IoT. Indonesian Journal of Electrical Engineering and Computer Science, 27(2), 1062–1073. https://doi.org/10.11591/ijeecs.v27.i2.pp1062-1073

15. Thies, B. (2025). Machine learning wildfire susceptibility mapping for Germany. Natural Hazards, 121, 12517–12530. https://doi.org/10.1007/s11069-025-07292-2

16. Yakovenko, M.I., Tomchenko, O.V., Stakhiv, I.R., & Liashenko, D.V. (2023, October 2–5). Assessment of the quality loss, damage of forestry lands affected by military operations in 2021–2023. In Proceedings of the International Conference of Young Professionals «GeoTerrace-2023» (Paper No. GeoTerrace-2023-041). Lviv, Ukraine. https://doi.org/10.3997/2214-4609.2023510041

17. Klypa, A.V., & Karpinsky, Y.O. (2025). Methodology for geoinformation modeling of microelement distribution in surface waters: Case study of the Poltava Region (Ukraine). *Reports on Geodesy and Geoinformatics*, 120, 25–30. https://doi.org/10.2478/rgg-2025-0013

18. Stakhiv, I.R., Klypa, A.V., Zatserkovnyi, V.I., Pastushenko, T.V., & Vorokh, V. V. (2026). GIS-based assessment of fire impact on the landscapes of the Kherson region. *Naukovyi Visnyk Natsionalnoho Hirnychoho Universytetu*, (1), 147–157. https://doi.org/10.33271/nvngu/2026-1/147

19. San-Miguel-Ayanz, J., Schulte, E., Schmuck, G., & Camia, A. (2012). Comprehensive monitoring of wildfires in Europe: The European Forest Fire Information System (EFFIS). In J. Tiefenbacher (Ed.), Approaches to managing disaster – Assessing hazards, emergencies and disaster impacts (pp. 87–108). InTech. https://doi.org/10.5772/28441

DOI: 10.32347/2076-815X.2026.92.662-680
УДК 528.3 + 625.7./8

к.т.н., доцент **Клюка О.М.,**
klyukaolena@gmail.com, ORSID: 0000-0002-9250-1157,
к.т.н., доцент **Міхно П.Б.,**
mikhno1982@gmail.com, ORSID: 0000-0001-8045-6478,
к.т.н., доцент **Шелковська І.М.,**
selkovskaya29@gmail.com, ORSID: 0000-0002-0986-381X,
Якимець Т.А.,
himahyua@gmail.com, ORSID: 0009-0003-1309-3912,
Кременчуцький національний університет імені Михайла Остроградського

ІНФОРМАЦІЙНО-ТЕХНОЛОГІЧНІ АСПЕКТИ ВИКОРИСТАННЯ AUTOCAD CIVIL 3D ДЛЯ ОБРОБКИ ГЕОДЕЗИЧНИХ ВИМІРЮВАНЬ У ПРОЦЕСІ ПРОЄКТУВАННЯ АВТОМОБІЛЬНИХ ДОРІГ

Проаналізовано переваги проєктування автомобільної дороги із застосуванням програмного комплексу AutoCAD Civil 3D, призначеного для виконання геодезичних, топографічних та інфраструктурних проєктних робіт, а також створення відповідної проєктної документації. Визначено основні етапи обробки геодезичного знімання та проєктування, що включають створення цифрової моделі місцевості, визначення положення траси в плані, побудову поздовжнього та поперечного профілів, тривимірне моделювання дороги та обчислення обсягів земляних робіт. Проаналізовано вимоги до трасування дороги, параметри геометричних елементів і можливості автоматизованого формування креслень та звітної документації. Показано, що використання AutoCAD Civil 3D забезпечує підвищення точності, швидкості та ефективності виконання проєктних робіт.

Ключові слова: автомобільна дорога; трасування; поздовжній профіль; поперечний профіль; цифрова модель місцевості; AutoCAD Civil 3D.

Постановка проблеми. На сучасному етапі розвитку геодезичного забезпечення інженерних робіт використання інформаційних технологій та спеціалізованого програмного забезпечення стало невід’ємною складовою виробничого процесу. Застосування електронних геодезичних приладів забезпечує автоматизовану фіксацію результатів польових вимірювань, їх подальшу передачу для камеральної обробки, а також можливість завантаження підготовлених даних безпосередньо до вимірювального обладнання. Такий підхід істотно оптимізує процес виконання геодезичних робіт, сприяє підвищенню продуктивності праці спеціалістів, забезпечує більшу точність

отриманих результатів і загалом підвищує ефективність реалізації інженерно-геодезичних завдань [1; 2].

У сучасних умовах розвитку дорожнього будівництва особливої ваги набуває питання скорочення строків виконання проєктних і будівельних робіт, зменшення економічних витрат на їх реалізацію та одночасного забезпечення високих показників якості. Досягнення зазначених цілей значною мірою пов'язане з впровадженням автоматизованих систем обробки геодезичних даних на всіх етапах проєктування та будівництва транспортної інфраструктури. Основою такого підходу є використання цифрового представлення інформації, застосування методів комп'ютерного аналізу, а також використання сучасних технологій збору, оброблення й інтерпретації просторових даних [3].

Одним із найбільш поширених програмних комплексів у сфері інженерного проєктування транспортної інфраструктури є система автоматизованого проєктування AutoCAD Civil 3D. Даний програмний продукт забезпечує можливість виконання широкого спектра робіт, пов'язаних із будівництвом, реконструкцією та капітальним ремонтом автомобільних доріг. У його структурі передбачено спеціалізований геодезичний модуль «Зйомка», який використовується для організації та контролю виконання геодезичних робіт на будівельних майданчиках і трасах майбутніх дорожніх об'єктів. Серед ключових переваг цього програмного комплексу варто відзначити наявність інструментів для аналізу альтернативних варіантів попереднього проєктування, можливість оптимізації геометричних параметрів дорожнього полотна з урахуванням встановлених проєктних обмежень, природних умов території та характеристик існуючого середовища. Крім того, система забезпечує ефективну роботу з реалістичними цифровими моделями місцевості та дає змогу здійснювати комплексний аналіз вимог до об'єкта ще на початкових стадіях розроблення проєктної документації.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Аналіз сучасних наукових досліджень у галузі проєктування автомобільних доріг свідчить про те, що важливу роль у підвищенні точності та обґрунтованості інженерних рішень відіграють геодезичне забезпечення, створення цифрових моделей місцевості та використання спеціалізованих автоматизованих програмних комплексів. Використання сучасних програмних інструментів дає можливість інтегрувати результати геодезичних вишукувань із цифровими картографічними матеріалами, що значно розширює можливості аналізу території та моделювання майбутніх об'єктів транспортної інфраструктури. У наукових працях вітчизняних дослідників, зокрема Н.О. Арсеньєвої та О.В. Крухмальової, здійснено порівняльний аналіз програмних продуктів, які

застосовуються для автоматизованого проєктування автомобільних доріг. Серед найбільш ефективних систем виділено такі програмні комплекси, як MXROAD (Bentley Systems, США), Plateia (CGS plus d.o.o, Словенія), Pythagoras (Pythagoras BVBA, Бельгія) та AutoCAD Civil 3D (Autodesk, США). Для всіх зазначених програм основними вихідними даними є результати інженерно-геодезичних вишукувань і картографічні матеріали території. У результаті їх використання формується тривимірна модель дорожнього об'єкта, а також відповідна проєктна документація. Функціональні можливості сучасних систем автоматизованого проєктування забезпечують комплексний підхід до розроблення проєктів на різних стадіях проєктування автомобільних доріг, дають змогу формувати декілька альтернативних варіантів інженерних рішень та обирати оптимальний з урахуванням переваг і можливих обмежень кожного з них [4].

Важливим є також досвід зарубіжних науковців, які досліджують можливості застосування цифрових технологій у сфері дорожнього проєктування. Зокрема, у працях Fahmi Nabhan Luthfiansyah (Majalengka University) та Adinda Fajarika (Mercu Buana University) проаналізовано особливості геометричного проєктування автомобільних доріг із використанням програмного середовища AutoCAD Civil 3D. У своїх дослідженнях автори обґрунтовують ефективність застосування цифрового моделювання під час формування горизонтального та вертикального планування траси, створення поздовжніх профілів і аналізу рельєфу місцевості. Отримані результати підтверджують, що використання автоматизованих програмних інструментів сприяє підвищенню точності інженерних розрахунків, скорочує тривалість виконання проєктних робіт та забезпечує можливість комплексного тривимірного відображення майбутнього об'єкта дорожньої інфраструктури [5].

Окрему увагу в наукових публікаціях приділено дослідженням, присвяченим геометричному проєктуванню горизонтального вирівнювання автомобільних доріг із використанням програмного комплексу AutoCAD Civil 3D. Зокрема, у роботах Stefanus Stefanus, Andri Irfan Rifai та Nasrun Nasrun показано, що застосування цифрових інструментів дозволяє ефективно формувати план траси на основі інтеграції різноманітних просторових даних, зокрема координатних матеріалів та цифрових моделей рельєфу. Використання такого підходу забезпечує високу точність побудови геометричних елементів дороги, сприяє скороченню тривалості проєктних робіт і підвищує загальну якість інженерних рішень у процесі проєктування транспортної інфраструктури [6].

Питання застосування програмного комплексу AutoCAD Civil 3D під час проєктування геометричних параметрів автомобільних доріг також розглянуто в

дослідженні Muhammad Rizqi, Andri Irfan Rifai та Surya Kencana Bhakti, виконаному на прикладі ділянки дороги Jalan Kertawangunan–Kadugede в Індонезії. У зазначеній роботі автори досліджували процес формування горизонтального та вертикального вирівнювання траси з урахуванням основних технічних параметрів проєктування, таких як мінімальні радіуси кривих, довжини перехідних кривих і параметри дорожніх коридорів, які використовуються для визначення обсягів земляних робіт. Проведений аналіз дозволив оцінити розподіл виїмок і насипів уздовж траси та визначити оптимальні проєктні рішення. Результати дослідження свідчать, що використання програмного середовища Civil 3D сприяє підвищенню ефективності процесу проєктування завдяки можливості швидкого отримання необхідних розрахункових даних, інтеграції елементів плану та профілю траси, а також точного формування просторової моделі дорожнього об’єкта. Крім того, застосування автоматизованих інструментів дозволяє суттєво зменшити часові витрати на оброблення та аналіз просторової інформації [7].

Отже, узагальнення результатів наукових досліджень і аналіз сучасних публікацій свідчать про стійку тенденцію до активного впровадження цифрових технологій у сферу дорожнього проєктування. Зокрема, застосування програмного комплексу AutoCAD Civil 3D для автоматизованої обробки геодезичних даних і створення цифрових моделей інженерних об’єктів забезпечує підвищення ефективності проєктних процесів, покращення точності інженерних розрахунків і загальне підвищення якості проєктно-будівельних робіт у галузі транспортної інфраструктури.

Метою дослідження є обґрунтування ефективності використання сучасних цифрових технологій автоматизованого проєктування, зокрема програмного комплексу AutoCAD Civil 3D, під час розроблення плану траси автомобільної дороги, а також формування її поздовжнього та поперечного профілів на основі геодезичних даних і цифрової моделі місцевості.

Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити такі завдання:

- проаналізувати нормативно-правові та методичні засади проєктування автомобільних доріг;
- дослідити сучасні підходи до отримання вихідних інженерно-геодезичних даних і створення цифрових моделей місцевості;
- розглянути функціональні можливості програмного комплексу AutoCAD Civil 3D для побудови плану траси автомобільної дороги, а також формування її поздовжнього та поперечного профілів;
- оцінити ефективність застосування цифрових інструментів автоматизованого проєктування під час підготовки проєктної документації та обґрунтування інженерних рішень у сфері дорожнього будівництва.

Матеріали і методи дослідження. Матеріальною основою дослідження слугували результати інженерно-геодезичних вишукувань, топографо-геодезичні матеріали місцевості, а також цифрові просторові дані, що використовуються для створення цифрової моделі рельєфу території. До вихідних матеріалів належали координатні дані точок місцевості, топографічні плани, а також інформація про існуючі природні та техногенні об'єкти, необхідні для формування цифрової моделі території та подальшого виконання проєктних розрахунків.

Для реалізації поставлених завдань було використано програмний комплекс автоматизованого проєктування AutoCAD Civil 3D, який забезпечує інтеграцію геодезичних даних, побудову цифрової моделі місцевості та формування просторової моделі майбутнього дорожнього об'єкта. За допомогою функціональних можливостей цього програмного середовища виконувалося проєктування плану траси автомобільної дороги, побудова її поздовжнього профілю, а також формування поперечних профілів. Крім того, програмний комплекс дозволяє виконувати аналіз геометричних параметрів траси, оцінювати взаємне розташування її елементів та визначати обсяги земляних робіт.

У процесі дослідження застосовувалися методи аналізу наукових джерел і нормативної документації у сфері дорожнього будівництва, методи інженерно-геодезичного аналізу, а також методи цифрового моделювання просторових об'єктів. Використання зазначених методів дало можливість дослідити особливості застосування сучасних програмних засобів автоматизованого проєктування під час розроблення проєктної документації автомобільних доріг, а також оцінити ефективність використання цифрових технологій у процесі підготовки інженерних рішень.

Основна частина дослідження. Перед початком проєктування автомобільної дороги обов'язковим етапом є виконання інженерно-геодезичних вишукувань, під час яких здійснюється збір максимально повної інформації про природно-рельєфні особливості та просторові характеристики території, відведеної під будівництво. Інженерно-геодезичне забезпечення включає комплекс організаційних, технічних і технологічних заходів, спрямованих на формування достовірної просторової основи, необхідної для побудови проєктної документації відповідно до вимог нормативної бази. Така підготовка геодезичної інформації є критично важливою для подальшого забезпечення точності та обґрунтованості інженерних рішень у дорожньому будівництві [8].

Геодезичні роботи у будівництві спрямовані на визначення просторового положення об'єктів, вимірювання їхніх розмірів, форму та положення, створення цифрових моделей місцевості, здійснення контролю положення

конструкцій, а також на моделювання просторових параметрів елементів транспортної інфраструктури. Згідно з сучасними підходами, комп'ютеризовані технології та автоматизовані інструменти, зокрема GNSS-системи, лазерне сканування та безпілотні літальні апарати, значно підвищують продуктивність і якість геодезичних робіт, забезпечуючи високу точність даних при мінімальній участі людини [3].

На початковому етапі створюється розмічувальна геодезична мережа, яка забезпечує перенесення проєктних рішень у натуру та закріплення ключових елементів траси на місцевості. У межах такої мережі визначаються поворотні точки дороги, які закріплюються спеціальними реперами через певні інтервали, а також фіксуються висоти насипів і задані поперечні ухили для водовідведення. Під час проведення розмічувальних робіт систематично здійснюються виконавчі знімання для оперативного контролю відповідності фактичного положення до проєктних даних і своєчасного виявлення можливих відхилень [1].

Функціональна роль геодезиста охоплює весь життєвий цикл об'єкта – від інженерних вишукувань до геодезичного супроводу під час будівництва і моніторингу експлуатації готової дороги. Після завершення будівництва проводиться топографічна зйомка для складання актуального плану з побудованою дорогою, а також здійснюється подальший геодезичний моніторинг для відстеження можливих змін у структурі дорожнього полотна і об'єктів інфраструктури [9-11].

Велику роль у сучасних геодезичних роботах відіграє застосування сучасного обладнання, яке дозволяє проводити виміри з високою точністю та мінімальною участю оператора. До основних груп приладів належать лазерні сканери, GNSS-обладнання, електронні тахеометри, електронні теодоліти, цифрові нівеліри та безпілотні літальні платформи. Кожен із цих інструментів має своє функціональне призначення і використовується для конкретних видів вимірювань, забезпечуючи відповідність результатів сучасним вимогам щодо точності, оперативності та контролю просторових параметрів об'єктів [12, 13].

Автомобільна дорога є складним технічним об'єктом, проєктування якого у сучасних умовах неможливо уявити без систем автоматизованого проєктування, таких як AutoCAD Civil 3D. САПР реалізує комплекс операцій із створення проєктної документації, моделювання конструктивних елементів траси та формування виконавчих креслень на різних стадіях будівництва, ремонту чи реконструкції. Крім того, сучасне програмне забезпечення підтримує імпорт вихідних даних з польових геодезичних вимірювань та інтеграцію з цифровими картографічними сервісами, зокрема Google Earth, що

значно пришвидшує формування якісного географічного обґрунтування для подальшого просторового аналізу і планування робіт [14].

Проєктування автомобільних доріг із використанням AutoCAD Civil 3D реалізується як послідовний процес, що включає п’ять взаємопов’язаних етапів. Початковою стадією є формування цифрової моделі місцевості (ЦММ) на основі матеріалів інженерно-геодезичних вишукувань, яка слугує базою для подальших проєктних побудов, зокрема профілів та розрахунку обсягів земляних робіт.

На другому етапі визначається планове положення траси з урахуванням геометричних параметрів кривих, пікетажу та встановлених проєктних обмежень. Третій етап передбачає побудову поздовжнього і поперечних профілів, що забезпечує оцінювання рельєфних умов і параметрів земляного полотна.

Наступною стадією є створення просторової моделі дороги (коридору), яка формується шляхом інтеграції ЦММ, елементів трасування та типових конструктивних рішень. Засоби AutoCAD Civil 3D забезпечують автоматизовану адаптацію складових моделі до змін геометрії траси.

Завершальний етап включає визначення обсягів земляних робіт і формування проєктної документації. Програмний комплекс дозволяє виконувати точні розрахунки, генерувати креслення та звітні матеріали, що підвищує ефективність проєктування [4].

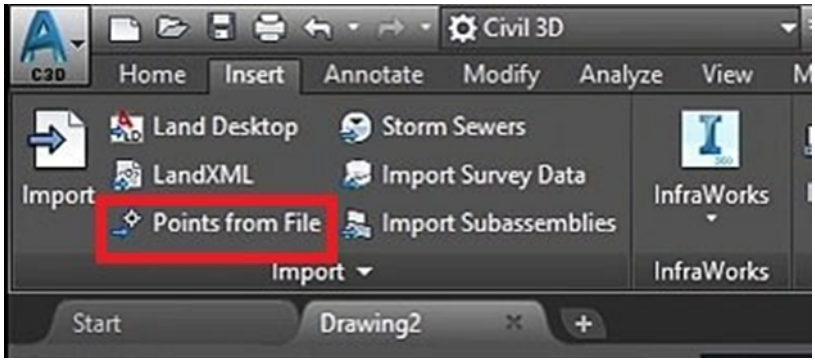


Рис. 1. Інструмент імпортування точок в середовище AutoCAD Civil 3D

Вихідними даними для створення ЦММ є каталог координат точок місцевості, отриманий у результаті геодезичних вишукувань. Імпорт даних у середовище AutoCAD Civil 3D здійснюється з текстових файлів (формату TXT) через відповідні інструменти, із попереднім налаштуванням формату точок відповідно до структури вихідних даних. Проєктні файли автоматично зберігаються у форматі DWG, що є стандартом для систем автоматизованого проєктування.

Після імпорту каталогу координат у середовище AutoCAD Civil 3D формується множина просторових точок із заданими плановими координатами та висотними відмітками, які слугують вихідною основою для побудови цифрової моделі рельєфу. Сукупність отриманих даних відображає фактичний стан території в межах проєктування та використовується для створення поверхні існуючого рельєфу.

Формування поверхні здійснюється шляхом побудови TIN-моделі (Triangulated Irregular Network) за допомогою відповідних інструментів програмного комплексу. У процесі моделювання імпортовані точки об’єднуються у нерегулярну трикутну мережу, що забезпечує адекватне відтворення морфології місцевості. Такий підхід дозволяє з високою точністю враховувати особливості рельєфу, зокрема перегини та перепади висот, що є важливим для подальших проєктних розрахунків.

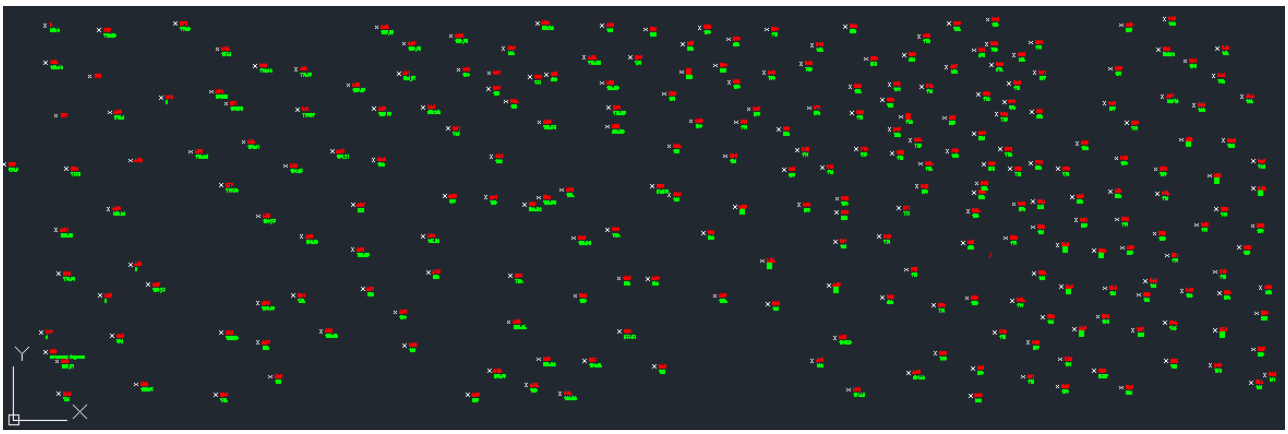


Рис. 2. Результат імпорту точок в програмний комплекс AutoCAD Civil 3D

Наступним етапом є побудова цифрової моделі місцевості у вигляді нерегулярної сітки тріангуляції (TIN поверхні). Поверхня TIN формується на основі відомостей про висотні позначки точок. В результаті налаштування властивостей поверхні та вибору стилю відображень горизонталей була створена поверхня з стилем горизонталей 2 м. і 10 м., де 2 м. – це переріз рельєфу, а 10 м. – це основні (потовщені) горизонталі. На рис. 3 показано створену поверхню.

Також існуть і інші способи створення поверхні в програмному комплексі AutoCAD Civil 3D, наприклад, її можна побудувати на основі файлів DEM чи даних ГІС, а також згенерувати з хмари точок. Окрему групу складають методи, що базуються на об'єктах проєктування: створення поверхонь за даними коридорів, результатами профілювання або за допомогою класичних горизонталей.

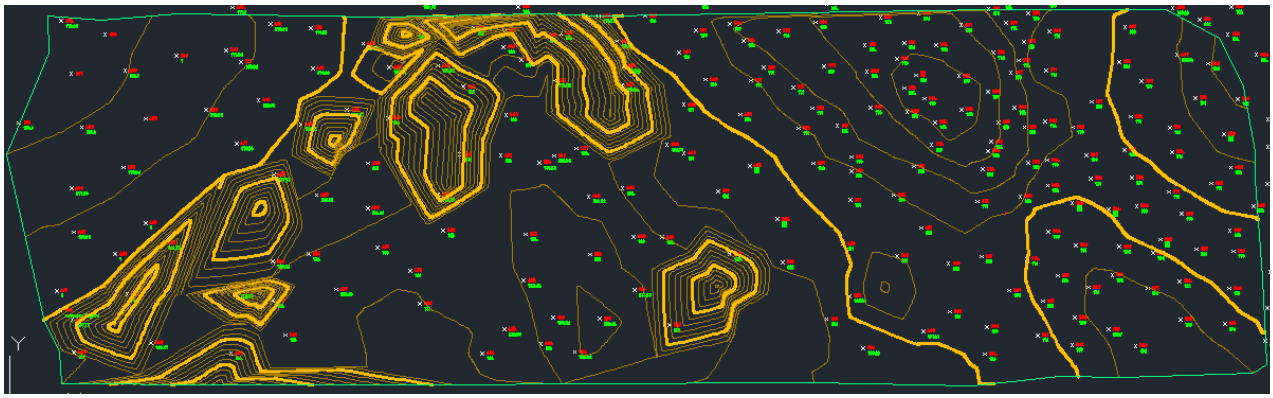


Рис. 3. Створена TIN поверхня на основі зйомочного файлу

Для уточнення параметрів рельєфу в середовищі AutoCAD Civil 3D застосовується інструментарій редагування поверхні, який забезпечує можливість коригування її геометрії шляхом додавання, видалення та переміщення точок, а також модифікації ребер трикутної мережі. Програмний комплекс реалізує автоматизоване формування поверхні з візуалізацією горизонталей, де основні лінії відображаються більш виразно, а допоміжні – у спрощеному графічному вигляді.

Наступним етапом є побудова траси, що може виконуватися різними способами: із використанням інструментів компоновки, на основі наявних об’єктів креслення або шляхом оптимізації положення відносно існуючих елементів. Найбільш поширеним підходом є застосування «Інструменту створення траси», який забезпечує формування геометрично узгодженої осі дороги.

Функціональні можливості відповідних засобів дозволяють моделювати прямолінійні ділянки, задавати параметри кривих, а також оперувати фіксованими, вільними та плаваючими елементами. Окрему роль відіграють інструменти для побудови перехідних кривих, що забезпечують дотримання вимог до плавності та точності геометрії траси.

Побудова траси, як правило, розпочинається зі створення базової полілінії, яка визначає положення початкового та кінцевого пікетів. У результаті формується первинна геометрична схема (скелет) траси у вигляді системи прямих відрізків із автоматично сформованим пікетажем, що слугує основою для подальшого проєктування (рис. 4).

Наступним етапом є вписування кривих у план траси із застосуванням відповідних інструментів середовища AutoCAD Civil 3D. Формування закруглень здійснюється шляхом поєднання суміжних прямолінійних ділянок із заданим радіусом, що вводиться користувачем. У результаті забезпечується формування геометрично узгодженої моделі траси, яка відповідає встановленим технічним вимогам і чинним нормативним документам.

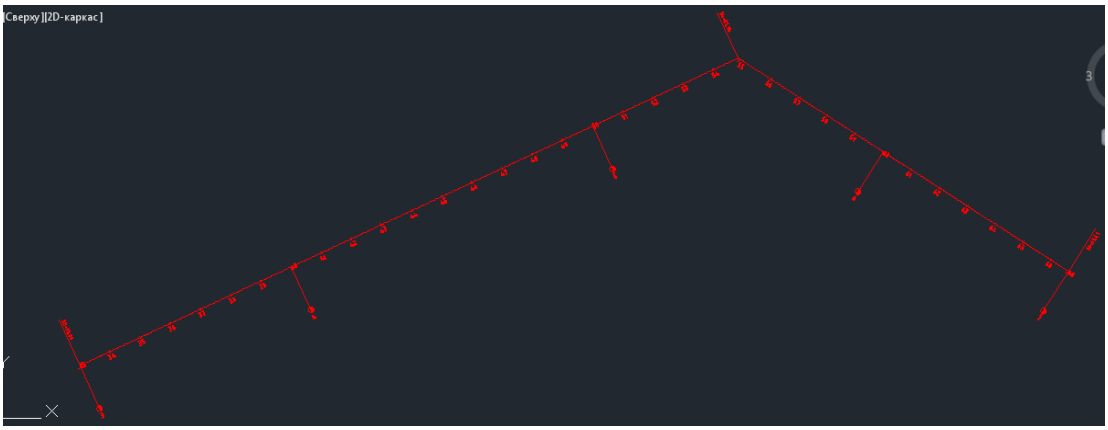


Рис. 4. Побудована пряма без вписаної кривої

Необхідною умовою для побудови поздовжнього профілю є наявність сформованої цифрової моделі рельєфу та визначеної осі траси. Побудова профілю виконується засобами AutoCAD Civil 3D через відповідні інструменти створення профілів поверхні.

Після ініціалізації процесу відкривається діалогове середовище налаштування параметрів профілю, у якому задаються основні характеристики відображення, зокрема назва та стиль профілю, межі пікетажу, а також діапазон висотних відміток. Зазначені параметри забезпечують коректне відтворення вертикальної геометрії траси та створюють основу для подальших проєктних побудов (рис. 5).

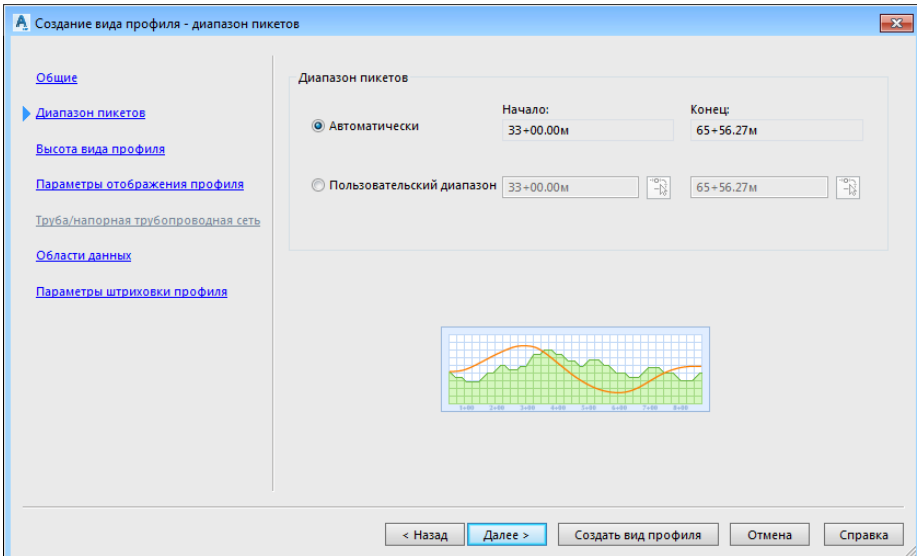


Рис. 5. Вікно «Створення виду профілю»

Функціональні можливості AutoCAD Civil 3D передбачають налаштування параметрів відображення профілю, зокрема конфігурації підпрофільної таблиці та візуалізації об’єктів. На даному етапі також задаються

параметри автоматичної штриховки, що використовується для відображення зон виїмки та насипу, забезпечуючи наочність і спрощуючи аналіз проєктних рішень.

Після завершення налаштувань формується графічне представлення поздовжнього профілю, на якому на початковому етапі відображається лише лінія існуючої поверхні. Вона характеризує фактичний рельєф місцевості вздовж осі траси до початку виконання будівельних робіт (рис. 6).

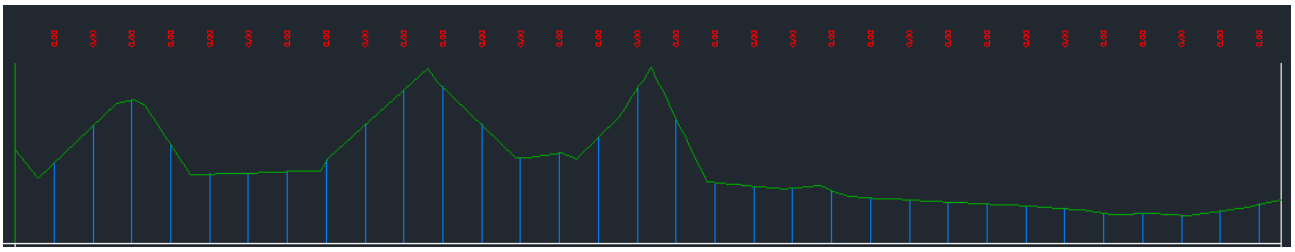


Рис. 6. Поздовжній профіль існуючої поверхні

Подальше проєктування передбачає нанесення проєктної лінії, що визначає висотне положення майбутньої автомобільної дороги. Це реалізується за допомогою спеціалізованих інструментів створення профілю, які дозволяють формувати вертикальну геометрію траси з урахуванням нормативних вимог до ухилів і кривих. Таким чином забезпечується повноцінне формування поздовжнього профілю як основи для подальшого моделювання дорожньої конструкції.

Для нанесення проєктної лінії траси на побудований профіль існуючої поверхні використовується спеціалізований «Інструмент створення профілю». Після його активації з’являється діалогове вікно «Створення профілю», де задаються базові параметри майбутньої проєктної лінії, такі як назва та відповідні стилі відображення. Безпосереднє моделювання вертикальної геометрії здійснюється за допомогою панелі «Інструменти компонування профілю». Цей функціонал дозволяє не лише будувати нові елементи, а й проводити глибокий аналіз та редагування вертикальних кривих і прямих ділянок у реальному часі (рис. 7).

Серед ключових команд панелі виділяють інструменти для викреслювання прямих ділянок як у чистому вигляді, так і з автоматичним вписуванням вертикальних кривих у точках перелому. При використанні комбінованого методу параметри закруглень попередньо задаються у відповідному налаштуванні «Параметри кривої», що забезпечує дотримання нормативних радіусів. В ході побудови проєктного поздовжнього профілю траси програмний комплекс AutoCAD Civil 3D автоматично розрахує відмітки осі дороги, обсяг земляних робіт (виїмка, насип), ухил та вертикальні криві.

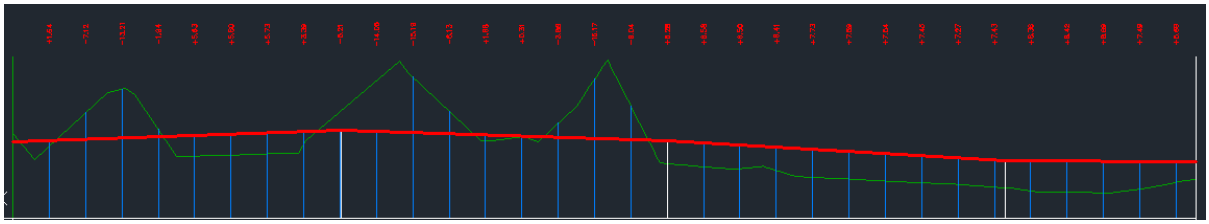


Рис. 7. Фрагмент поздовжнього профілю

Підсумком описаних операцій є сформований поздовжній профіль траси автомобільної дороги (рис. 8).

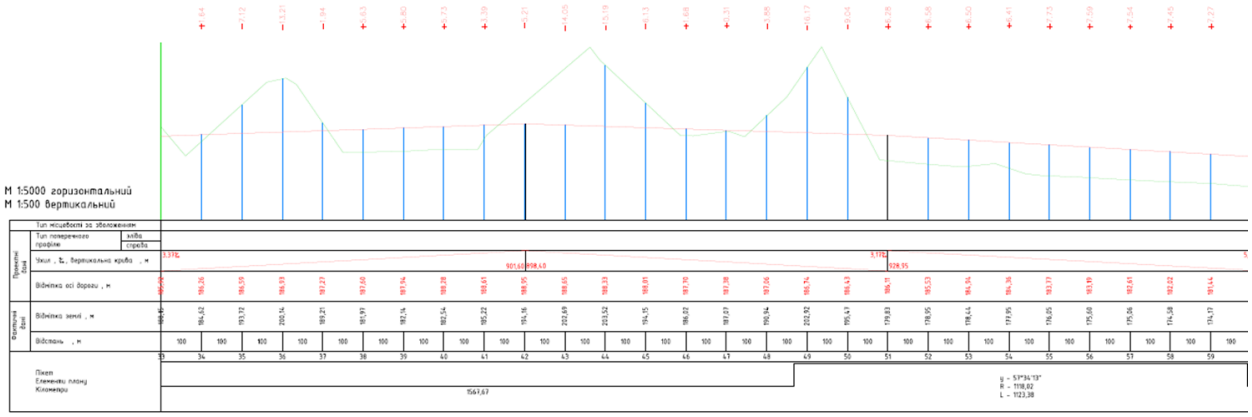


Рис. 8. Поздовжній профіль автомобільної дороги побудований за допомогою AutoCAD Civil 3D

Наступним етапом проєктування є робота з поперечними профілями. Класичний поперечний профіль включає низку критично важливих складників, серед яких головним є проїзна частина з твердим покриттям. До неї прилягають узбіччя, що слугують опорою для дорожнього одягу та зоною безпеки. Також конструкція передбачає систему водовідведення (кювети), обрізи для допоміжних потреб, кювет-резерви та смугу відводу – земельну ділянку, виділену під будівництво.

Для технічної реалізації цих розрізів у середовищі AutoCAD Civil 3D використовується інструмент «Вісь перерізу», розташований на вкладці «Головна», чий функціонал дозволяє визначити точне положення перерізу рельєфу та проєктних даних на конкретних пікетах уздовж всієї траси.

Після активації інструменту програма відкриває вікно «Створення групи осей перерізу», де користувач налаштовує візуальне відображення об'єктів, обираючи відповідні стилі осей та міток, а також призначає шари для коректного структурування креслення.

Ключовим етапом у цьому вікні є вибір джерел даних. Програма дозволяє включити до поперечного профілю інформацію з наявної цифрової моделі

рельєфу, поверхонь коридорів та інших проєктних елементів, що забезпечує максимальну точність відображення фактичного та проєктного стану дороги.

Після базових налаштувань необхідно визначити місцеположення розрізів. AutoCAD Civil 3D дозволяє як обирати окремі пікети вручну, так і автоматично розставляти осі перерізів по всій довжині траси із заданим кроком. Це забезпечує рівномірне охоплення всієї протяжності об'єкта для точного розрахунку об'ємів робіт. Фінальним етапом є активація інструменту «Створення виду перерізу». У діалоговому вікні, що відкриється, задаються параметри масштабу, розміщення на аркуші та стиль оформлення сітки, після чого програма генерує готове креслення поперечного профілю на основі зібраних даних. На рисунку 9 представлено побудований поперечний переріз за допомогою AutoCAD Civil 3D на пікеті 46 + 55,66.

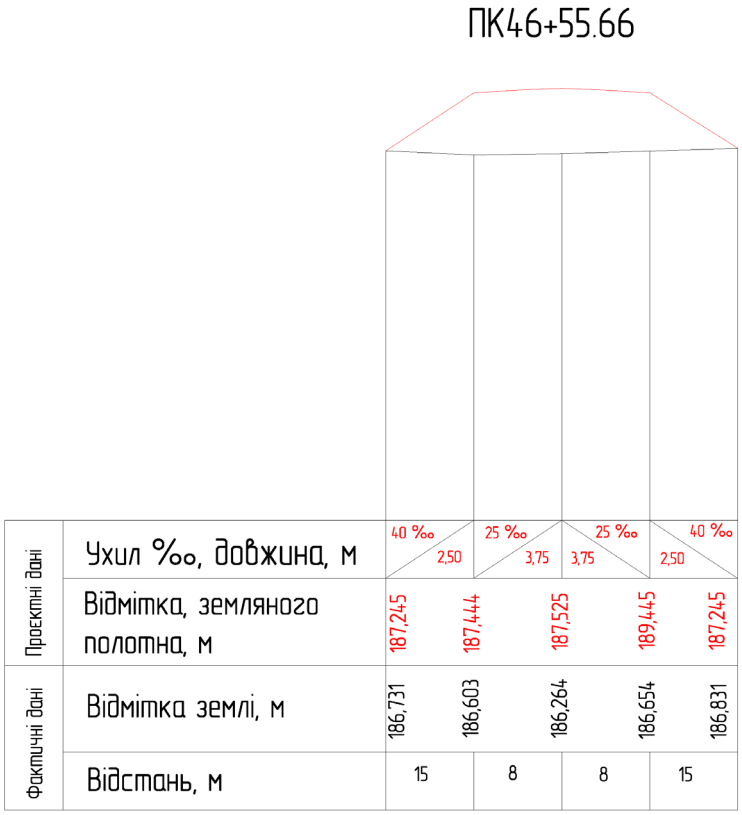


Рис. 9. Приклад побудованого поперечного профілю автомобільної дороги

У вікні «Створити вид перерізу» користувачеві доступний гнучкий інструментарій для фінального оформлення креслення. Зокрема, можна задати загальні відомості, як-от назву, опис та стиль відображення, а також чітко визначити конкретний пікет і шар розміщення об'єкта. Окрім цього, програма дозволяє регулювати діапазони зміщення та висотних відміток (у ручному або автоматичному режимах) і налаштовувати набори даних для перевірки коректності побудови перерізу відносно основної геометрії.

У сучасній практиці опрацювання геодезичних вимірювань без спеціалізованого програмного забезпечення є практично неможливим. Це зумовлено стрімким зростанням обсягів даних, загальною автоматизацією обчислень та впровадженням систем автоматичного збору польової інформації. Одним із найбільш затребуваних рішень у цій сфері є програмний комплекс AutoCAD Civil 3D, який забезпечує наскрізний цикл обробки результатів зйомки.

Функціонал програми дозволяє імпортувати широкий спектр даних, включаючи файли форматів LandXML, геодезичні мережі, окремі об’єкти зйомки та безпосередньо польові журнали. Окрім імпорту, система здатна виконувати зрівнювання теодолітних ходів та проводити детальний аналіз для визначення нев’язок полігонів. Також Civil 3D є потужним інструментом для обрахунку об’ємів земляних робіт із можливістю генерації відповідної документації.

Для систематизації отриманих результатів у програму вбудовано спеціальний «Диспетчер звітів», який містить як стандартні шаблони, так і інструменти для створення нестандартних звітних форм. Усі звіти згруповані за категоріями: від відомостей елементів траси та параметрів віражів до детальних даних щодо профілів, коридорів та інженерних мереж.

Окрему увагу приділено звітності з геодезичної зйомки. Диспетчер дозволяє формувати відомості зрівнювання координат, мереж, кутів та відстаней, а також каталоги вихідних пунктів і характеристики ходів. Наявність вбудованої оцінки точності та звітів за результатами зрівнювання зі станцій робить процес контролю якості вимірювань швидким та наочним.

Спеціалізований модуль «Зйомка» у середовищі AutoCAD Civil 3D призначений для обробки матеріалів інженерно-геодезичних вишукувань і забезпечує комплексне опрацювання польових даних. Його функціональні можливості охоплюють створення бібліотек приладів, імпорт даних польових журналів, ручне введення результатів знімань, а також автоматизований розрахунок і зрівнювання теодолітних ходів та мереж (рис.10).

Додатково передбачено використання вбудованого геодезичного калькулятора та інструментів визначення астрономічних напрямків, що дозволяє виконувати необхідні обчислення безпосередньо в межах програмного середовища. Модуль також забезпечує доступ до параметрів знімань, пов’язаних баз даних та проєктної інформації, що сприяє систематизації та ефективному управлінню даними.

Зберігання результатів знімань і відповідних об’єктів реалізується у локальній базі даних, яка може використовуватися спільно з кількома

кресленнями. Такий підхід забезпечує централізований доступ до геодезичної інформації, її актуалізацію та синхронізацію при оновленні вихідних даних.

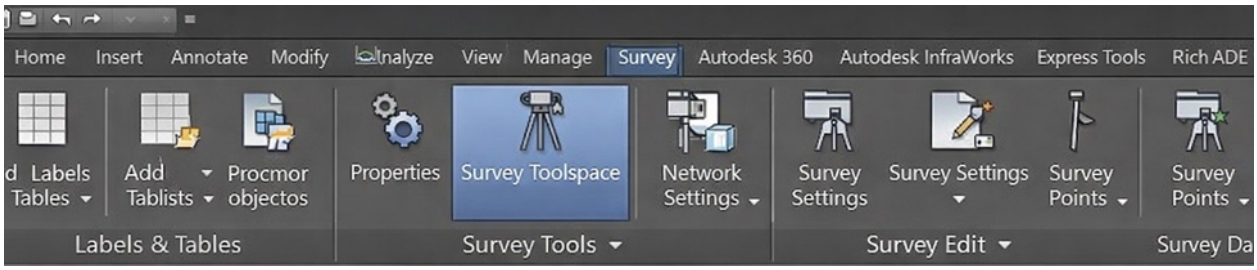


Рис. 10. Загальний вигляд вкладки «Зйомка»

Програмний комплекс AutoCAD Civil 3D містить вбудовану бібліотеку умовних знаків, призначену для створення топографічних планів у масштабах 1:5000, 1:2000, 1:1000 та 1:500. Набір топографічних символів охоплює геодезичні пункти, будівлі та їх частини, гідротехнічні споруди, об’єкти водного транспорту та водопостачання, промислові, комунальні та сільськогосподарські підприємства, автомобільні та ґрунтові дороги, гідрографію, мости, шляхопроводи та переправи, рельєф, ґрунти та болота.

Функціональні можливості програмного середовища можуть бути розширені шляхом імпорту додаткових умовних знаків, типів ліній, стилів штриховки, матеріалів та спеціалізованих утиліт, що забезпечує гнучкість у проєктуванні та адаптації до специфічних завдань.

Застосування AutoCAD Civil 3D дозволяє автоматизувати процес визначення основних параметрів автомобільної дороги відповідно до заданої технічної категорії. Програмний комплекс забезпечує точне дотримання геометричних та нормативних критеріїв під час побудови траси, а також надає інструменти для проєктування поздовжніх і поперечних профілів. Завдяки динамічному зв’язку між об’єктами користувач має можливість оперативно коригувати проєктні рішення, отримуючи на виході комплексну цифрову модель дороги, що відповідає діючим стандартам та нормативам.

Висновки. Дослідження показало, що використання AutoCAD Civil 3D забезпечує комплексний підхід до проєктування автомобільних доріг, охоплюючи всі ключові стадії – від обробки інженерно-геодезичних даних до формування повного пакета проєктної документації.

Аналіз підтвердив ефективність цифрової моделі рельєфу як базового елемента проєктування, що підвищує точність розрахунків, мінімізує похибки та гарантує відповідність геометричних параметрів нормативним вимогам. Автоматизовані інструменти трасування, побудови профілів та створення коридорів значно скорочують час виконання робіт, підтримують динамічний

зв'язок між елементами моделі та дозволяють оперативно вносити зміни без порушення цілісності проєкту.

Автоматичне формування креслень, звітів та обсягів земляних робіт підвищує ефективність документаційного забезпечення та зменшує вплив людського фактору. Таким чином, застосування сучасних САПР у дорожньому проєктуванні є критично важливим для підвищення якості інженерних рішень, оптимізації витрат часу та ресурсів, а також для створення інтегрованих цифрових моделей доріг, що відповідають сучасним вимогам транспортної інфраструктури та забезпечують ефективну реалізацію будівельних процесів.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Тревого І.С., Церклевич А.Л., Ренкевич О.В. Інженерна геодезія в сучасному будівництві. Львів: Львівська політехніка, 2020. 412 с.

2. Kavanagh B., Glenn Bird S. Surveying: Principles and Applications. 9th ed. Pearson Education, 2021. 768 p. URL: https://pdfcoffee.com/kavanagh-b-surveying-principles-and-applications-9th-ed-20132-pdf-free.html

3. Бондар А.В., Максименко М.А. Використання ГІС у інженерно-геодезичних вишукуваннях при проєктуванні доріг. *Сучасні технології, матеріали і конструкції в будівництві.* 2025. №1. С. 129–135. DOI: 10.31649/2311-1429-2025-1-129-135.

4. Арсеньєва Н.О., Крухмальова О.В. Аналіз програмних комплексів автоматизованого проектування автомобільних доріг. *Комунальне господарство міст*. 2020. №140. С. 24–29.

5. Fahmi Nabhan Luthfiansyah, Adinda Fajarika. Road Geometric Planning Using AutoCAD® Civil 3D: A Case Study of Leuwikidang Highway, Majalengka. LEADER: *Civil Engineering and Architecture Journal*. 2024. Т. 2, № 5. С. 1041–1047. URL: https://doi.org/10.37253/leader.v2i5.10349 (дата звернення: 20.02.2026).

6. Stefanus S., Rifai A.I., Nasrun N. Implementation Autocad® Civil 3D for Horizontal Alignment Design of Indramayu-Jatibarang Highways. Citizen: *Jurnal Ilmiah Multidisiplin Indonesia*. 2022. Т. 2, № 5. С. 739–747. URL: https://doi.org/10.53866/jimi.v2i5.187 (дата звернення: 20.02.2026).

7. Rizqi M., Rifai A.I., Bhakti S.K. Design of Road Geometric with AutoCAD® Civil 3D: A Case Jalan Kertawangunan–Kadugede, Kuningan-Indonesia. Citizen: *Jurnal Ilmiah Multidisiplin Indonesia*. 2022. Т. 2, № 5. С. 879–887. URL: https://doi.org/10.53866/jimi.v2i5.205 (дата звернення: 20.02.2026).

8. Сорочан-Подренко Н.І., Макаатьора Д.А., Кубанов Р.А. Застосування сучасних інженерно-геодезичних технологій для потреб дорожнього будівництва. *Просторовий розвиток територій: традиції та інновації*:

матеріали IV Міжнар. наук.-практ. конф., 14 листопада 2024 р. Київ: ЕКОІНВЕСТКОМ, 2024. С. 298–301.

9. Дзюбенко М., Доброгорська В., Капуста О., Кубанов Р. Геодезичний супровід об'єктів дорожнього будівництва: характеристика сучасних технологій і визначення перспектив розвитку. Матеріали наук.-практ. конф., Київ, 30–31 травня 2023 р. КНУБА, 2023. С. 70–71.

10. ДБН В.1.3-2:2010 Геодезичні роботи у будівництві. Система забезпечення точності геометричних параметрів у будівництві. [Чинний від 2010-01-21] Вид. офіц. Київ: Мінрегіон України, 2010. URL: https://e-construction.gov.ua/laws_detail/3199637436816688486?doc_type=2 (дата звернення 10.03.2026).

11. Про топографо-геодезичну і картографічну діяльність: Закон України від 23.12.1998 № 353-XIV. URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/353-14#Text (дата звернення 10.03.2026).

12. Шевчук С., Домашенко Г., Рожі Т. Сучасні методи геодезичного картографування територій: використання GPS та ГНСС технологій. *Просторовий розвиток*. 2024. № 8. С. 506–517. DOI: 10.32347/2786-7269.2024.8.506-517.

13. Стасенко В.О., Воробьов А.В. Систематизація методів геодезичного забезпечення дорожнього будівництва. Матеріали 82-ї міжнародної студентської наукової конференції «Інноваційні методи проектних та геодезичних робіт». 2020. № 82. С. 232–237.

14. Цифровий картографічний сервіс Google Earth URL: https://earth.google.com/web/@0,-0.30883507,0a,22251752.77375655d, 35y,0h,0t,0r/data=CgRCAggBOgMKATBCAggBSg0I___ARAA (дата звернення 10.03.2026).

Ph.D. (Tech.), Associate Professor **Klyuka Olena**,
Ph.D. (Tech.), Associate Professor **Mikhno Pavlo**,
Ph.D. (Tech.), Associate Professor **Shelkovska Inna**,
master's student **Yakymets Taras**,
Kremenchuk Mykhailo Ostrogradsky National University.

INFORMATION TECHNOLOGICAL ASPECTS OF USING AUTOCAD CIVIL 3D FOR PROCESSING GEODESIC MEASUREMENT IN THE PROCESS OF DESIGNING ROADS

The paper explores the information and technological aspects of highway design using the AutoCAD Civil 3D software package, which is widely used to

perform geodetic, topographic and infrastructure design work, as well as to form a complete set of design documentation. Particular attention is paid to the analysis of the capabilities of the software environment to integrate the results of engineering and geodetic surveys into the design process.

The main stages of processing geodetic measurements and further design are identified and characterized, in particular, creating a digital terrain model based on field data, tracing the road axis in the plan taking into account the relief and existing development, constructing longitudinal and transverse profiles, forming a three-dimensional model of the roadbed and calculating the volume of earthworks. The requirements for the geometric parameters of the route are considered, including the radii of curves, slopes and elements of the transverse profile.

The functional capabilities of the software package for the automated creation of drawings, specifications and reporting documentation that meets modern regulatory requirements have been analyzed. The feasibility of using digital technologies in road design has been substantiated.

As a result, it was found that the use of AutoCAD Civil 3D contributes to increasing the accuracy of engineering calculations, reducing the time for project work and reducing the likelihood of errors, which generally ensures an increase in the efficiency and quality of road design.

Keywords: road design; alignment; longitudinal profile; cross profile; digital terrain model; AutoCAD Civil 3D.

REFERENCES

1. Trevoho I.S., Tserklevych A.L., Renkevych O.V. (2020). Inzhenerna heodeziia v suchasnomu budivnytstvi. Lviv: Lvivska politekhnika, pp. 412. {in Ukrainian}.

2. Kavanagh B., Glenn Bird S. Surveying: Principles and Applications. 9th ed. (2021). Pearson Education, pp. 768 URL: https://pdfcoffee.com/kavanagh-b-surveying-principles-and-applications-9th-ed-20132-pdf-free.html/ {in English}.

3. Bondar A.V., Maksymenko M.A. (2025). Vykorystannia HIS u inzhenerno-heodezychnykh vyshukuvanniakh pry proiektuvanni dorih. *Suchasni tekhnolohii, materialy i konstruktsii v budivnytstvi*. №1. P. 129–135. DOI: 10.31649/2311-1429-2025-1-129-135 {in Ukrainian}.

4. Arsenieva N.O., Krukhmalova O.V. (2020). Analiz prohramnykh kompleksiv avtomatyzovanoho proektuvannia avtomobilnykh dorih. *Komunalne hospodarstvo mist*. №140. P. 24–29. {in Ukrainian}.

5. Fahmi Nabhan Luthfiansyah, Adinda Fajarika. (2024). Road Geometric Planning Using AutoCAD® Civil 3D: A Case Study of Leuwikidang Highway,

Majalengka. LEADER: *Civil Engineering and Architecture Journal*.. T. 2, № 5. P. 1041–1047. URL: https://doi.org/10.37253/leader.v2i5.10349. {in English}.

6. Stefanus S., Rifai A.I., Nasrun N. (2022). Implementation Autocad® Civil 3D for Horizontal Alignment Design of Indramayu-Jatibarang Highways. Citizen: *Jurnal Ilmiah Multidisiplin Indonesia*. T. 2, № 5. P. 739–747. URL: https://doi.org/10.53866/jimi.v2i5.187 {in English}.

7. Rizqi M., Rifai A.I., Bhakti S.K. (2022). Design of Road Geometric with AutoCAD® Civil 3D: A Case Jalan Kertawangunan–Kadugede, Kuningan-Indonesia. Citizen: *Jurnal Ilmiah Multidisiplin Indonesia*. T. 2, № 5. P. 879–887. URL: https://doi.org/10.53866/jimi.v2i5.205 {in English}.

8. Sorochan Podrenko N.I., Makaatora D.A., Kubanov R.A. (2024). Zastosuvannia suchasnykh inzhenerno heodezychnykh tekhnolohii dlia potreb dorozhnoho budivnytstva. Prostorovyi rozvytok terytorii: tradytsii ta innovatsii: materialy IV Mizhnar. nauk. prakt. konf., 14 lystopada 2024 r. Kyiv: EKOINVESTKOM,. P. 298–301. {in Ukrainian}.

9. Dziubenko M., Dobrohorska V., Kapusta O., Kubanov R. (2023). Heodezychnyi suprovid obiektiv dorozhnoho budivnytstva: kharakterystyka suchasnykh tekhnolohii i vyznachennia perspektyv rozvytku. Materialy nauk.-prakt. konf., Kyiv, 30–31 travnia 2023 r. KNUBA. P. 70–71. {in Ukrainian}.

10. DBN V.1.3-2:2010 Heodezychni roboty u budivnytstvi. Systema zabezpechennia tochnosti heometrychnykh parametriv u budivnytstvi. [Chynnyi vid 2010-01-21] Vyd. ofits. Kyiv: Minrehion Ukrainy, 2010. URL: https://e-construction.gov.ua/laws_detail/3199637436816688486? doc_type=2 {in Ukrainian}.

11. Pro topohrafo-heodezychnu i kartohrafichnu diialnist: Zakon Ukrainy vid 23.12.1998 № 353-XIV. URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/353-14#Text {in Ukrainian}.

12. Shevchuk S., Domashenko H., Rozhi T. (2024). Suchasni metody heodezychnoho kartohrafuvannia terytorii: vykorystannia GPS ta HNSS tekhnolohii. Prostorovyi rozvytok. № 8. P. 506–517. DOI: 10.32347/2786-7269.2024.8.506-517. {in Ukrainian}.

13. Stasenko V.O., Vorobov A.V. (2020). Cystematyzatsiia metodiv heodezychnoho zabezpechennia dorozhnoho budivnytstva. Materialy 82-yi mizhnarodnoi studentskoi naukovoi konferentsii «Innovatsiini metody proektnykh ta heodezychnykh robit». № 82. P. 232–237. {in Ukrainian}.

14. Tsyfrovyi kartohrafichnyi servis Google Earth URL: https://earth.google.com/web/@0,-0.30883507,0a,22251752.77375655d, 35y,0h,0t,0r/data=CgRCAggBOgMKATBCAggBSg0I__ARAA {in English}.

DOI: 10.32347/2076-815X.2026.92.681-697
УДК 004.8:528.44:332.3

Кравчук М.О.,
olisk@ukr.net, ORCID: 0009-0000-8743-8715
Національний університет “Львівська політехніка

ІНТЕГРАЦІЯ АЛГОРИТМІВ МАШИННОГО НАВЧАННЯ З ГЕОІНФОРМАЦІЙНИМИ СИСТЕМАМИ ДЛЯ ОПТИМІЗАЦІЇ ПРОЦЕДУР ОНОВЛЕННЯ КАДАСТРОВИХ ДАНИХ

Дослідження зосереджене на формуванні прикладного підходу до автоматизованого оновлення через поєднання алгоритмів машинного навчання, ГІС та геодезичних методів. При цьому вихідною проблемою виступає узгодження різнорідних геопросторових джерел. Методологія дослідження поєднує геоінформаційний аналіз, алгоритмічні підходи машинного навчання та методи обробки зображень. Використано ортофотознімки високої роздільної здатності, супутникові дані, результати GNSS-вимірювань, а також наявні кадастрові бази. Дані проходять послідовну багаторівневу обробку. Спочатку виконується геоприв’язка, далі нормалізація, після цього сегментація і векторизація меж. Алгоритмічний інструментарій представлено ансамблем методів. Використано Random Forest, Support Vector Machine, Gradient Boosting, а також моделі глибинного навчання типу CNN і U-Net, орієнтовані на піксельне виділення об’єктів. Додатково враховано методи виявлення змін на основі багаточасових даних. Паралельно здійснюється обробка текстових кадастрових документів із застосуванням підходів NLP, що забезпечує узгодження просторових і атрибутивних характеристик. Отримані результати вказують на підвищення точності визначення меж земельних ділянок і покращення їх просторової узгодженості в межах єдиного середовища обробки. Але проблема в тому, що поведінка алгоритмів змінюється залежно від локальних умов території. Це пов’язано з тим що структура зображень, тип забудови та характеристики рельєфу впливають на якість сегментації. Практична спрямованість дослідження пов’язана з впровадженням інтелектуальних систем автоматичного оновлення кадастрових даних у геоінформаційних середовищах. Система функціонує як динамічна геобаза, що постійно уточнюється під впливом нових інформаційних потоків. Змінюється характер ведення кадастру, переводячи його у режим безперервного оновлення. Наукова новизна полягає у формуванні узгодженого підходу до інтеграції алгоритмів машинного навчання, геопросторових даних і GIS-середовища. У цьому підході обробка та уточнення даних відбуваються у

взаємозалежному режимі, що забезпечує підвищення точності і швидкості кадастрового оновлення.

Ключові слова: GeoAI; кадастрові дані; машинне навчання; геоінформаційні системи; сегментація зображень; автоматичне оновлення.

Постановка проблеми. Спосіб як сьогодні накопичуються масиви геопросторових даних створює ситуацію випередження технічних можливостей їхньої обробки. Ортофотознімки, супутникові спостереження та результати GNSS-вимірювань надходять безперервно, але швидкість їхньої ручної інтерпретації залишається низькою. Сучасні кадастрові системи стикаються з помітним розривом між отриманням інформації та її фіксацією у базах. Це пов'язано з тим що алгоритмічні рішення часто оцінюються ізольовано. В результаті навіть визнані високоточні моделі демонструють нестабільність у різних польових умовах. Але проблема в тому, що відсутня узгоджена структура, яка б поєднувала геометричну точність і семантичну відповідність. Дані мають різну логіку формування, різну похибку та часові характеристики. Мабуть, саме ця неузгодженість заважає швидкому оновленню реєстрів. Як видається, розв'язання задачі лежить у площині формування інтегрованого GeoAI-конвеєра. У такому середовищі алгоритми машинного навчання та геодезичні методи функціонують як єдине ціле. Тільки така система здатна адаптуватися до змін простору й таки забезпечувати достовірність кадастру.

Варто зауважити, що просторова варіативність результатів оцінювання нікуди не поділася. Автори аналізують поведінку моделей на конкретних ділянках і доходять висновку, що локація сама стає фактором точності. Це, звісно, змушує шукати нові параметри для контролю якості оновлення кадастрових даних.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. В роботі [1] автори аналізують застосування штучного інтелекту для обробки геопросторових даних і зазначають, що автоматизація дозволяє підвищити оперативність формування результатів. Але проблема в тому, що інтеграція таких рішень у кадастрові системи розглядається без урахування повної структури даних. У дослідженні Маланчук М. [2] розглянуто перспективи використання AI у землевпорядних процесах, де автори підкреслюють потенціал автоматизації, проте питання просторової узгодженості залишаються відкритими.

Курильців Р.М. та Миронов О.В. [3] дослідили інформаційне забезпечення оцінки земель, де акцент зроблено на якості даних, однак алгоритмічна обробка розглядається обмежено. Ганіч О.В. [4] визначає значення геопросторових даних у кадастрі, але не деталізує механізми їх автоматичного оновлення. Білявський М.О. [5] пропонує підхід до цифрового

моделювання землекористувань, що формує основу для подальшої автоматизації, хоча інтеграція з ML не розкрита. У публікації [6] автори систематизують використання штучного інтелекту в кадастрових системах і доходять висновку про необхідність комплексної інтеграції методів. Генч Н. та ін. [7] показали залежність точності алгоритмів від просторових умов, що ускладнює їх універсальне застосування. Харіпаван Н. та ін. [8] аналізували поєднання геопросторових технологій і машинного навчання для прогнозування меж ділянок, однак адаптивність моделей не отримує достатнього обґрунтування. Отже, відомі дослідження висвітлюють окремі аспекти автоматизації кадастрових процесів, але не формують узгодженої моделі інтеграції алгоритмів, геопросторових даних і систем обробки. Цей факт фіксує потребу в поточному дослідженні.

Мета і задачі дослідження. Мета статті – обґрунтування прикладного підходу до побудови інтегрованої системи автоматизованого оновлення кадастрових даних на основі поєднання алгоритмів машинного навчання.

Завдання дослідження:

– обґрунтувати структуру інтеграції різнорідних геопросторових даних у єдине середовище цифрової обробки;

– розробити алгоритмічний підхід до автоматизованого виділення та уточнення меж земельних ділянок з урахуванням просторової неоднорідності територій;

– сформувати модель оцінювання ефективності оновлення кадастрових даних.

Матеріали та методи. У дослідженні автори спираються на ортофотознімки високої роздільної здатності, супутникові зображення та результати прямих GNSS-вимірювань. До речі, наявні кадастрові бази тут виступають не просто архівом, а динамічним фоном для перевірки. Обробка цих масивів здійснювалася безпосередньо у середовищі геоінформаційних систем. Фахівці застосовували процедури геоприв’язку, вирівнювали координатні системи, приводили різнорідні шари до єдиного масштабу. Далі в роботу вступають алгоритми машинного навчання, зокрема Random Forest, Support Vector Machine та Gradient Boosting. Моделі глибинного навчання типу CNN автори залучають для розпізнавання складних об’єктів на знімках. Виявлення змін, мабуть, є найбільш критичним етапом, де порівнюються багаточасові набори даних. Для оцінювання точності отриманих результатів використовуються метрики IoU, F1-score, RMSE та MAE.

Результати та їх обґрунтування. Практика того, як формується інтегрований GeoAI-конвеєр (система обробки геопросторових даних на основі штучного інтелекту, що інтегрує GIS, ML і ДЗЗ) у кадастрових системах,

відображає зміну самого підходу до роботи з геопросторовими даними, коли обробка, перевірка та оновлення відбуваються не окремо, а у взаємозалежному режимі. Дані більше не накопичуються пасивно, вони одразу включаються у процес аналізу, трансформації та уточнення, причому цей процес не має чіткої точки завершення. І в результаті виникає динамічна система, де кожен новий масив інформації змінює попередній стан кадастру. Формування структури джерел даних, як показує практика, не обмежується простим переліком доступних технологій. UAV-ортофото забезпечують високодеталізовану інформацію про локальні ділянки, супутникові знімки дозволяють працювати з великими територіями, LiDAR дає можливість враховувати рельєф і висотні характеристики. Але проблема в тому, що ці дані не узгоджуються автоматично. Вони мають різну геометрію, різні похибки, різні часові характеристики [8]. Це пов'язано з тим, що кожен тип даних формувався під окремі задачі, а не під інтегровану систему (табл. 1).

Таблиця 1

Технічні параметри джерел геопросторових даних у GeoAI-конвеєрі [4, 10]

№ з/п	Джерело даних	Просторова роздільна здатність	Тип представлення	Частота оновлення	Похибка позиціонування
1	UAV-ортофото	2–5 см	растрове	висока	0,05–0,2 м
2	Супутникові дані	0,3–10 м	растрове	періодична	1–5 м
3	LiDAR	5–20 точок/м²	3D-хмара	вибіркова	0,1–0,3 м
4	GNSS	–	векторне	локальна	0,01–0,05 м
5	Кадастрові бази	–	атрибутивне	нерегулярна	варіативна
6	Аерофотознімання	5–20 см	растрове	середня	0,2–0,5 м
7	Геопортали	–	комбіноване	постійна	залежна
8	Реєстрові тексти	–	текстове	епізодична	семантична

Інтеграція цих джерел у ГІС-середовище, як видається, потребує не лише геометричного узгодження, а й семантичного зіставлення. Просторові дані повинні відповідати атрибутивним записам, текстові описи повинні корелювати з фактичними межами ділянок. Побудова оброблювального потоку геоданих виглядає як багатошаровий процес, де кожен етап взаємодіє з іншими, іноді навіть змінюючи їх результати. Попередня обробка усуває шуми, геоприв'язка вирівнює координатні системи, нормалізація приводить дані до єдиного масштабу. Але ці операції не ізольовані і вони впливають одна на одну. В результаті виникає ефект зворотного зв'язку, коли помилка на ранньому етапі проявляється пізніше (табл. 2).

Таблиця 2

Параметри етапів обробки GeoAI-конвеєра [11]

№ з/п	Етап обробки	Метод реалізації	Тип алгоритму	Вхідні дані	Вихідні дані
1	Попередня обробка	фільтрація	статистичний	растрові	очищені зображення
2	Геоприв'язка	трансформації	геодезичний	координати	узгоджені дані
3	Нормалізація	масштабування	математичний	різнорідні дані	уніфіковані дані
4	Сегментація	CNN, U-Net	deep learning	зображення	маски об'єктів
5	Векторизація	контурний аналіз	алгоритмічний	маски	полігони
6	Інтеграція	overlay	GIS-аналіз	векторні дані	геобаза

Сегментація меж земельних ділянок, власне, стає найбільш чутливим етапом. Саме тут визначається точність кінцевого результату. Але проблема в тому, що алгоритми глибокого навчання потребують якісних навчальних даних. Якщо вибірка неповна або неоднорідна, модель починає давати нестабільні результати. І це, мабуть, пояснює необхідність комбінування різних алгоритмів.

Алгоритмічне середовище GeoAI-конвеєра формується як багаторівнева структура, де кожен алгоритм виконує свою функцію. Одні відповідають за класифікацію, інші за сегментацію, треті за прогнозування [12]. Але вони не працюють ізольовано друг від друга (табл. 3).

Таблиця 3

Порівняльні характеристики алгоритмів машинного навчання [3, 13]

№ з/п	Алгоритм	Тип задачі	Середня точність	Стійкість до шуму	Обчислювальна складність
1	Random Forest	класифікація	85–92 %	середня	середня
2	SVM	класифікація	80–88 %	низька	висока
3	CNN	сегментація	90–97 %	середня	висока
4	U-Net	сегментація	92–98 %	висока	висока
5	K-means	кластеризація	70–80 %	низька	низька
6	Gradient Boosting	регресія	85–93 %	середня	середня
7	ANN	прогнозування	88–95 %	середня	висока

В результаті формується геобаза, яка вже не є статичним сховищем, а функціонує як динамічна система. Дані постійно уточнюються, масштаби узгоджуються, помилки коригуються. Це пов'язано з тим що різні рівні деталізації, такі як 1:2000, 1:10000 і 1:100000, формують різні уявлення про територію. І система змушена узгоджувати ці уявлення між собою. Як видається, саме ця динамічність визначає сучасний підхід до кадастру. Він перестає бути фіксованим набором даних. З часом стає самостійним процесом який постійно змінюється під впливом нових даних, алгоритмів і вимог до точності передачі (рис. 1).

Просторово-алгоритмічна оптимізація процедур оновлення кадастру сьогодні зміщується від загальних моделей до локально адаптованих схем, де

для кожного типу території, типу зображення та типу документального супроводу задається власна комбінація методів обробки.

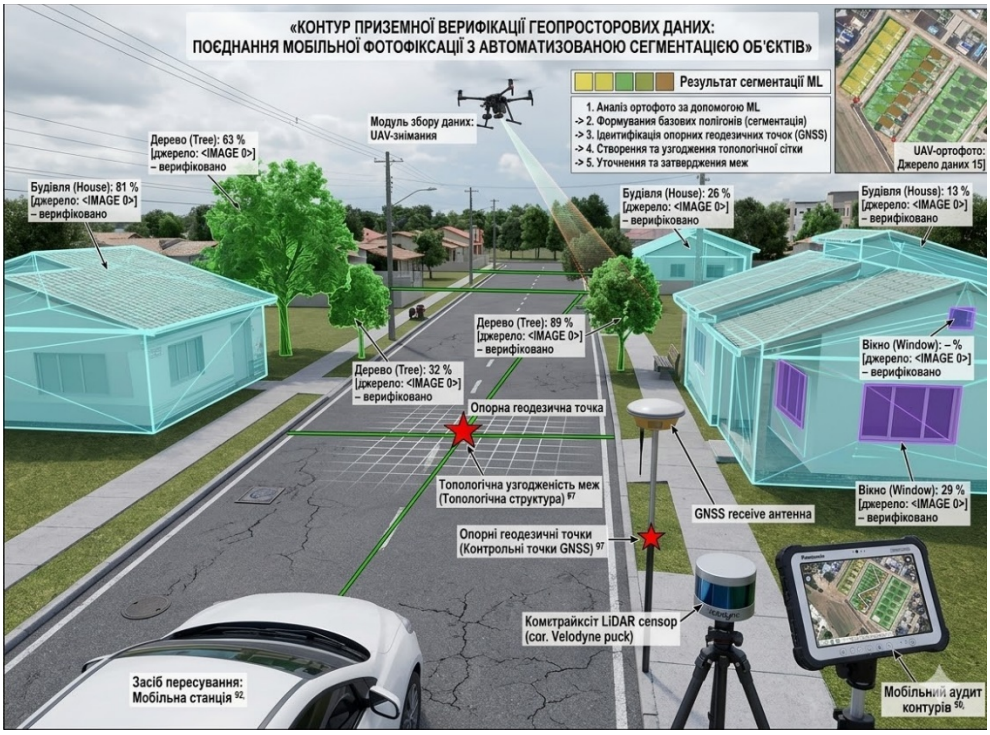


Рис. 1. Контур приземної верифікації геопросторових даних: поєднання мобільної фотофіксації з автоматизованою сегментацією об’єктів (побудовано у цифровому середовищі Adobe Firefly)

Практичне ядро оптимізації починається з порівняння алгоритмів не за абстрактною точністю, а за їх поведінкою на конкретній території. Цифрова техніка Random Forest стабільно працює на змішаних наборах ознак, SVM краще відпрацьовує межові класи за якісно підготовленої вибірки, ANN тримає складні нелінійні зв’язки, Gradient Boosting дає щільну регресійну аппроксимацію, а CNN та Transformer-моделі забезпечують сегментацію зображень на рівні пікселя [14]. Але проблема в тому, що та сама модель на двох сусідніх масивах може показати різну точність. Це пов’язано з тим що цінність ознак, щільність забудови, контраст меж, стан рослинного покриву і навіть спосіб попередньої геоприв’язки змінюють поведінку алгоритму швидше, ніж це видно з підсумкового середнього показника. Для такого контуру потрібна узагальнена функція якості просторово-алгоритмічного оновлення. Її доцільно задавати не одним критерієм, а інтегрованим індексом:

$$Q_{opt} = \frac{w_1 \cdot IoU + w_2 \cdot F_1 + w_3 \cdot \left(1 - \frac{RMSE}{RMSE_{max}}\right) + w_4 \cdot \left(1 - \frac{MAE}{MAE_{max}}\right) + w_5 \cdot V_{upd}}{C_{proc}} \cdot S_{loc}. \quad (1)$$

де:

Q_{opt} – інтегральний показник ефективності оновлення кадастрових даних;

IoU – коефіцієнт перетину прогнозованих і еталонних меж земельних ділянок;

F_1 – гармонійна середня точності та повноти класифікації;

RMSE – середньоквадратична похибка координат меж;

$RMSE_{max}$ – граничне допустиме значення середньоквадратичної похибки;

MAE – середня абсолютна похибка координат;

MAE_{max} – граничне значення абсолютної похибки;

V_{upd} – відносна швидкість оновлення кадастрових даних;

C_{proc} – обчислювальна складність процесу (нормована);

S_{loc} – коефіцієнт просторової стабільності моделі;

w_1, w_2, w_3, w_4, w_5 – вагові коефіцієнти критеріїв оцінювання.

Цей формат потрібен для поєднання точності, швидкості та локальної стабільності ведення кадастру (табл. 4) [15].

Таблиця 4

Параметри алгоритмів просторово-орієнтованого оновлення кадастрових даних [12, 15]

№ з/п	Алгоритм	Тип вхідних даних	Базова задача	Просторова чутливість	Типова метрика контролю	Обчислювальне навантаження
1	Random Forest	табличні, векторні, змішані	класифікація змін	середня	*F1, MAE*	середнє
2	SVM	табличні, спектральні	класифікація контурів	висока	*F1, RMSE*	високе
3	ANN	табличні, змішані	прогноз атрибутів	середня	*MAE, RMSE*	високе
4	Gradient Boosting	табличні, змішані	регресія вартості та ризику	середня	*RMSE, MAE*	середнє
5	CNN	ортофото, супутникові знімки	сегментація меж	висока	*IoU, F1*	високе
6	U-Net	ортофото, маски	піксельне виділення ділянок	висока	*IoU, Dice*	високе
7	Vision Transformer	зображення великого формату	сегментація складних контурів	дуже висока	*IoU,* F_1	дуже високе
8	NLP-модель	кадастрові тексти, реєстри	витяг правових зв’язків	середня	precision, recall	середнє

Просторовий фактор доцільно враховувати окремо, а не приховувати його всередині загальної похибки. Для цього локальну точність оновлення межі можна описати через зважену функцію просторової неоднорідності:

$$A_{loc} = \frac{\sum_{i=1}^{n}\left(p_i \cdot k_{tex,i} \cdot k_{rel,i} \cdot k_{geo,i}\right)}{\sum_{i=1}^{n} p_i}. \quad (2)$$

де:

A_{loc} – локальна точність моделі в межах просторового кластера;

p_i – площа i-тої земельної ділянки;

$k_{tex,i}$ – коефіцієнт текстурної однорідності зображення для ділянки i;

$k_{rel,i}$ – коефіцієнт рельєфної стабільності території;

$k_{geo,i}$ – коефіцієнт геометричної узгодженості меж;

n – кількість ділянок у вибірці.

Цей вираз краще відбиває реальну польову картину, бо алгоритм часто помиляється не скрізь, а на певних морфологічних типах території. Саме тут видно, чому одна модель демонструє високу середню точність, але втрачає контроль на зонах зі складною конфігурацією землекористування. Багаточасове виявлення змін потребує ще одного рівня оптимізації. Порівнювати два знімки недостатньо, якщо між ними змінювалися сенсори, масштаб або сезонний стан поверхні [16]. Через це автоматичне оновлення кадастрових шарів повинно враховувати не лише сам факт зміни, а й ступінь її достовірності:

$$D_{ch} = \alpha \cdot |B_{t_2} - B_{t_1}| + \beta \cdot |T_{t_2} - T_{t_1}| + \gamma \cdot |H_{t_2} - H_{t_1}| + \delta \cdot R_{doc}. \quad (3)$$

де:

D_{ch} – інтегральний показник змін кадастрових об’єктів;

B_{t1}, B_{t2} – спектрально-контурні характеристики ділянок у моменти часу t_1 та $t2$;

T_{t1}, T_{t2} – текстурні характеристики зображень;

H_{t1}, H_{t2} – висотні параметри (LiDAR або DEM);

R_{doc} – коефіцієнт підтвердження змін за документальними джерелами;

α, β, γ, δ – вагові коефіцієнти впливу окремих компонентів.

Саме поєднання зображень і документів переводить систему з рівня формального моніторингу на рівень правової актуалізації. У сучасних оглядах з кадастрового штучного інтелекту автори аналізують NLP, розпізнавання сутностей та побудову зв’язків прав, обмежень і об’єктів, що фактично відкриває шлях до автоматизованої верифікації змін не лише за геометрією, а й за змістом кадастрових документів (табл. 5).

У прикладному сенсі оптимізація не завершується вибором найточнішого алгоритму. Вона відбувається тоді, коли система вміє розподіляти алгоритми за типом території, типом даних і типом юридичного ризику. Для зон інтенсивної забудови доцільна глибока сегментація з локальним аудитом контурів.

Таблиця 5

Технічні параметри контуру автоматичного оновлення кадастрових шарів (розроблено автором)

№ з/п	Етап контуру	Вхідні дані	Операція обробки	Контрольний параметр	Цільовий результат	Потенційне джерело похибки
1	Первинне зчитування	ортофото, LiDAR, кадастр	синхронізація наборів	часовий лаг	узгоджений пакет даних	різночасовість джерел
2	Геометрична підготовка	растрові та векторні шари	геоприв'язка, ресемплінг	$RMSE_{geo}$	єдина координатна база	системне зміщення
3	Попередня фільтрація	зображення	шумозниження, нормалізація	*SNR*	очищений растр	втрата дрібних контурів
4	Сегментація меж	ортофото, маски	CNN / Transformer	*IoU*	межі ділянок	розрив контурів
5	Виявлення змін	багаточасові знімки	change detection	D_{ch}	карта змін	сезонна варіація
6	Текстова верифікація	реєстри, акти, описи	NLP-аналіз	*precisiondoc*	підтвердження правового факту	неоднозначність термінів
7	Векторне оновлення	маски, полігони	генерація кадастрового шару	*topological error*	новий шар меж	самоперетини
8	Просторовий аудит	оновлений шар	GIS-контроль	A_{loc}	локальна оцінка якості	неоднорідність локації
9	Публікація в базу	перевірений шар	запис у GeoDB	*latencydb*	актуалізований кадастр	конфлікт версій

Для агроландшафтів кращий результат дає комбінація «change detection» і ансамблевої класифікації. Для ділянок із конфліктною історією прав, власне, пріоритет переходить до зв'язки GIS і NLP. І в результаті просторово-алгоритмічна оптимізація перетворюється на режим керування неоднорідністю кадастрового простору, де рішення приймається не за однією моделлю, а за конфігурацією всього оброблювального контуру (рис. 2) [17].

Рис. 2. Схема автоматизованого формування та уточнення меж земельних ділянок у GeoAI-системі (побудовано у цифровому середовищі Adobe Firefly)

Архітектура GeoAI-кадастру не повинна розглядатися як фіксована структура. Вона змінюється залежно від типу території, доступності джерел та вимог до точності. Модуль збору даних об’єднує UAV-знімання, супутникові спостереження та GNSS-вимірювання, але їх синхронізація виконується не одночасно, а з урахуванням часових лагів. Модуль обробки, використовуючи алгоритми машинного та глибокого навчання, формує первинні результати, які одразу передаються в модуль інтеграції. І в результаті виникає контур, у якому дані циркулюють, уточнюються і перевіряються без жорсткого розділення на етапи (табл. 6).

Таблиця 6

Архітектурні параметри інтелектуальної системи GeoAI-кадастру (розроблено автором)

№ з/п	Модуль системи	Вхідні дані	Технології обробки	Вихідні дані	Рівень автоматизації
1	2	3	4	5	6
1	Збір даних	UAV, RS, GNSS	сенсорні системи	первинні дані	високий
2	Попередня обробка	растрові та векторні	фільтрація, нормалізація	очищені дані	високий
3	ML/DL обробка	геопросторові масиви	CNN, RF, ANN	аналітичні результати	середній
4	Інтеграція	оброблені шари	GIS, LADM	структурована геобаза	високий
5	Прийняття рішень	агреговані дані	rule-based, AI	управлінські рішення	середній

1	2	3	4	5	6
6	Верифікація	кадастрові дані	контроль якості	підтверджені дані	середній
7	Оновлення	перевірені результати	автоматичний запис	актуалізована база	високий
8	Моніторинг	часові ряди	Виявлення змін і стані земельної ділянки (об'єкту)	карта змін	високий

Модель автоматизованого оновлення кадастру, як видається, потребує зміщення акценту з геометричного опису на динамічну структуру даних. Перехід до тривимірного кадастру не обмежується додаванням висоти як параметра, а передбачає зміну способу представлення об'єктів, де кожна ділянка описується як об'ємна структура з часовими характеристиками. Але проблема в тому, що такі дані складно узгоджувати між різними джерелами [18]. Інтеграція мультиджерельних даних реалізується через моделі виявлення змін, які працюють на багаточасових наборах (табл. 7).

Таблиця 7

Компоненти моделі автоматизованого оновлення кадастрових даних (розроблено автором)

№ з/п	Компонент моделі	Тип даних	Метод реалізації	Очікуваний результат	Джерело похибки
1	3D-кадастр	просторові	3D-моделювання	об'ємні ділянки	геометричні помилки
2	Change detection	часові ряди	порівняльний аналіз	карта змін	сезонні варіації
3	Інтеграція даних	мультиджерельні	data fusion	узгоджена база	різні формати
4	Автоматичне оновлення	геобаза	алгоритмічне внесення	актуальні записи	помилки алгоритмів
5	Верифікація	документи	NLP	підтвердження прав	семантична неоднозначність
6	Просторовий аналіз	GIS-дані	overlay	узгоджені межі	топологічні конфлікти
7	Моніторинг	динамічні дані	часовий аналіз	стабільність системи	затримки оновлення
8	Архівація	історичні дані	версіонування	історія змін	втрата точності

Алгоритмічна модель оптимізації, як видається, повинна враховувати не лише точність окремих алгоритмів, а і їх взаємодію. Ансамблеві моделі поєднують переваги різних підходів, але їх ефективність залежить від правильного підбору компонентів.

Висновки та рекомендації. Запропонована схема поєднує матеріали дистанційного зондування, прямі GNSS-вимірювання та архівні кадастрові записи без критичної втрати точності. Але проблема в тому, що ці джерела мають принципово різну фізичну та математичну природу. В результаті формується вати уніфікований контур інтеграції, який мінімізує похибки узгодження шарів.

Розроблений алгоритмічний підхід базується на адаптивному виборі моделей сегментації залежно від специфіки ландшафту чи забудови. Поєднання ансамблевих методів і глибинного навчання нікуди не поділося від необхідності враховувати локальні особливості територій. Взагалі, саме такий синтез архітектур дозволяє системі гнучко реагувати на складні контури об'єктів. До речі, сформована модель оцінювання ефективності оновлення даних оперує не лише точністю, а й показниками просторової стійкості результатів.

Показано, що окремі стандартні індикатори часто не відображають цілісної картини якості. Це пов'язано з тим що просторова неоднорідність створює занадто багато шумів для лінійного аналізу. Отриманий інтегральний критерій забезпечує ту саму комплексну оцінку, якої бракувало для верифікації кадастрового оновлення. Аналіз отриманих коефіцієнтів довів, що поєднання швидкості обробки з мінімізацією RMSE є цілком досяжним. Звісно, такий підхід потребує подальшої апробації на великих масивах Big Data, проте вже зараз він демонструє життєздатність обраної практики наповнення даними кадастрового реєстру.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Бондаренко Е.В., Дудун Т.В., Яценко О.В. Напрями застосування засобів штучного інтелекту для збору та обробки геопросторових даних у сучасних українських реаліях. Вісник Київського національного університету імені Тараса Шевченка. Географія. 2025. № 3–4 (94–95). С. 57–66. DOI: http://doi.org/10.17721/1728-2721.2025.94.6

2. Маланчук М., Музика Н., Кравчук М., Лук'янченко Ю. О. Перспективи використання штучного інтелекту в кадастрових та землевпорядних процесах. Український журнал прикладної економіки та техніки. 2024. Том 9. № 4. С. 282–287. DOI: https://doi.org/10.36887/2415-8453-2024-4-42

3. Курильців Р.М., Миронов О.В. Аналіз інформаційного забезпечення в умовах становлення системи масової оцінки земель в Україні. Геодезія, картографія і аерофотознімання. 2024. Вип. 99. С. 38–45. DOI: https://doi.org/10.23939/istcgcap2024.99.038

4. Ганіч О.В. Концепція кадастрових систем. Значення геопросторових даних в ефективному управлінні земельними ресурсами. Modern engineering and innovative technologies. 2024. Issue 32. Part 2. С. 54–59. DOI: https://doi.org/10.30890/2567-5273.2024-32-00-055

5. Білявський М.О. Розробка методики цифрового моделювання землекористувань та землеволодінь громади. Український журнал прикладної

економіки та техніки. 2025. Том 10. № 1. С. 133–139. DOI: https://doi.org/10.36887/2415-8453-2025-1-22

6. Chen J., Nazeer M., Lee B. S., Wong M. S. Artificial intelligence in cadastre: a systematic review of methods, applications, and trends. Land. 2026. Vol. 15. No 3. Article 411. DOI: https://doi.org/10.3390/land15030411

7. Genc N., Çolak H.E., Ozbilgin F. Spatial performance approach to machine learning algorithms: a GIS-based comparison analysis for real estate valuation. Transactions in GIS. 2025. Vol. 29. No 1. DOI: https://doi.org/10.1111/tgis.13303

8. Haripavan N., Dey S., Chandana C.H.M. Integration of geospatial techniques and machine learning in land parcel prediction. Geosystems and Geoenvironment. 2025. Vol. 4. Article 100371. DOI: https://doi.org/10.1016/j.geogeo.2025.100371

9. Македон В.В., Ільченко Н.О. Кон'юнктура світового ринку IT-послуг в умовах економіки 4.0. Ефективна економіка. 2021. № 1. URL: http://www.economy.nayka.com.ua/?op=1&z=8525. DOI: http://doi.org/10.32702/2307-2105-2021.1.8

10. Suwardhi D., Ihsan M., Widyastuti R., Mukminin A.H.U., Akbar B., Pasaribu S. K., Satwika I. P., Nurmaulia S. L., Hernandi A. An automated framework for cadastral parcel adjustment using UAV orthophotos, SAM, and ICP. The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences. 2025. Vol. XLVIII-2/W11-2025. pp. 277–284. DOI: https://doi.org/10.5194/isprs-archives-XLVIII-2-W11-2025-277-2025

11. Allanazarov O., Erkinova K., Karabekov U., Xudaykulov N. Integration of geospatial data into the cadastre system. The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences. 2025. Vol. XLVIII-5/W3-2025. pp. 9–15. DOI: https://doi.org/10.5194/isprs-archives-XLVIII-5-W3-2025-9-2025.

12. Makedon V.V., Yarmolenko L.I., Chumak T.V., Zaporozhchenko O.Y. Ensuring the implementation of commercialization strategies for satellite services in the digital economy. Academy Review. 2025. Vol. 2. No 63. pp. 187–203. DOI: https://doi.org/10.32342/3041-2137-2025-2-63-12

13. Nunes D.M., Camboim S.P., Duarte D.C.O. AI opportunities for cadastre in support of integrated land administration. FIG Joint Land Administration Conference. 2025. pp. 218–226. URL: https://ojs.sites.ufsc.br/index.php/fig/article/view/8772/7306

14. Ткаченко В.В., Сікора Я.Б., Мазурок Т.Л. Розробка explainable AI (XAI) моделей для прийняття рішень у ГІС-системах на основі ML. № 1(55).

2026. С. 2594–2606. DOI: https://doi.org/10.52058/2786-6025-2026-1(55)-2594-2606

15. Kryzia K., Radziejowska A., Adamczyk J., Kryzia D. Analysis of using machine learning application possibilities for the detection and classification of topographic objects. ISPRS International Journal of Geo-Information. 2026. Vol. 15. No 2. Article 59. DOI: https://doi.org/10.3390/ijgi15020059

16. Şekeroğlu A., Çelik K.T. Integration of AI, spatial data, and GIS in planning: spatial application based on machine learning and deep learning. Iconarp International Journal of Architecture and Planning. 2025. Vol. 13. No 2. Pp. 592-624. DOI: https://doi.org/10.15320/ICONARP.2025.337

17. Shevchuk S., Prokopenko N., Vynnyk A., Mukhin O., Sitko D. How can GIS integration improve land management for sustainable development in territorial communities. Journal of Theoretical and Applied Information Technology. 2025. Vol. 103. No 15. C. 5819–5828. URL: https://www.jatit.org/volumes/Vol103No15/30Vol103No15.pdf

18. Боднар Т.П., Сліпченко О.О. Оцінка сучасного стану системи контролю використання земельних ресурсів в Україні. Ефективна економіка. 2025. № 7. DOI: http://doi.org/10.32702/2307-2105.2025.7.38

Postgraduate Student, **Kravchuk Myroslav,**
Lviv Polytechnic National University

INTEGRATION OF MACHINE LEARNING ALGORITHMS WITH GEOGRAPHIC INFORMATION SYSTEMS FOR OPTIMIZING CADASTRAL DATA UPDATING PROCEDURES

The purpose of the study is to develop an applied algorithmic framework for updating cadastral data through the integration of machine learning with a GIS environment. The focus is placed on the problem of harmonizing heterogeneous geospatial data sources, which often differ significantly in terms of accuracy, scale, and temporal characteristics. The methodology is based on a combination of classical geoinformation analysis and deep learning models. The authors utilize high-resolution orthophotos, results of direct GNSS measurements, and archival cadastral databases. In general, the data processing is implemented as a multi-stage pipeline that includes georeferencing, segmentation, and boundary vectorization. To ensure stable performance under varying conditions, an ensemble of methods is employed, including Random Forest, Support Vector Machine, Gradient Boosting, as well as CNN and U-Net architectures. In addition, NLP approaches are applied for the verification of attribute data, enabling the analysis of textual information contained in

cadastral documents. The results demonstrate that integrating multiple algorithms within a unified environment significantly improves the accuracy of parcel boundary detection. However, model performance tends to vary depending on local conditions of specific territories. This is due to the fact that urban structure, vegetation density, and terrain features directly affect the quality of pixel-level segmentation. In this regard, an adaptive approach to selecting model architectures ensures more consistent results in complex spatial contexts. The scientific novelty of the study lies in the development of a comprehensive concept for integrating GeoAI tools, where data processing and refinement occur in an interdependent mode. The practical relevance is directly aligned with the needs of the land management sector. The system operates as a dynamic geodatabase that is continuously updated through incoming data streams.

Such an approach ensures not only high processing speed but also the required topological consistency of cadastral updates. As a result, a computational tool has been developed that is capable of handling large-scale datasets while maintaining control over the quality of each individual object.

Keywords**:** GeoAI; cadastral data; machine learning; geographic information systems; image segmentation; automated updating.

REFERENCES

1. Bondarenko, E.V., Dudun, T.V., Yatsenko, O.V. (2025). Napriamy zastosuvannia zasobiv shtuchnoho intelektu dlia zboru ta obrobky heoprostorovykh danykh u suchasnykh ukrainskykh realiiakh [Directions of application of artificial intelligence tools for collection and processing of geospatial data in modern Ukrainian realities]. Visnyk Kyivskoho natsionalnoho universytetu imeni Tarasa Shevchenka. Heohrafiia - Bulletin of Taras Shevchenko National University of Kyiv. Geography, 3–4(94–95), 57–66. http://doi.org/10.17721/1728-2721.2025.94.6 {in Ukrainian}

2. Malanchuk, M., Muzyka, N., Kravchuk, M., Lukianchenko, Yu. O. (2024). Perspektyvy vykorystannia shtuchnoho intelektu v kadastrykh ta zemlevporiadnykh protsesakh [Prospects for the use of artificial intelligence in cadastral and land management processes]. Ukrainskyi zhurnal prykladnoi ekonomiky ta tekhniky - Ukrainian Journal of Applied Economics and Technology, 9(4), 282–287. https://doi.org/10.36887/2415-8453-2024-4-42 {in Ukrainian}

3. Kuryltsiv, R.M., Myronov, O.V. (2024). Analiz informatsiinoho zabezpechennia v umovakh stanovlennia systemy masovoi otsinky zemel v Ukraini [Analysis of information support in the formation of the system of mass land valuation in Ukraine]. Heodeziia, kartohrafiia i aerofotoznimannia - Geodesy,

Cartography and Aerial Photography, 99, 38–45. https://doi.org/10.23939/istcgcap2024.99.038 {in Ukrainian}

4. Hanich, O.V. (2024). Kontseptsiia kadastrykh system. Znachennia heoprostorovykh danykh v efektyvnomu upravlinni zemelnymy resursamy [The concept of cadastral systems. The significance of geospatial data in effective land resource management]. Modern engineering and innovative technologies, 32(2), 54–59. https://doi.org/10.30890/2567-5273.2024-32-00-055 {in Ukrainian}

5. Biliavskyi, M.O. (2025). Rozrobka metodyky tsyfrovoho modeliuvannia zemlekorystuvan ta zemlevolodin hromady [Development of a methodology for digital modeling of land use and land ownership of a community]. Ukrainskyi zhurnal prykladnoi ekonomiky ta tekhniky - Ukrainian Journal of Applied Economics and Technology, 10(1), 133–139. https://doi.org/10.36887/2415-8453-2025-1-22 {in Ukrainian}

6. Chen, J., Nazeer, M., Lee, B.S., Wong, M. S. (2026). Artificial intelligence in cadastre: a systematic review of methods, applications, and trends. Land, 15(3), 411. https://doi.org/10.3390/land15030411. {in English}.

7. Genc, N., Çolak, H.E., Ozbilgin, F. (2025). Spatial performance approach to machine learning algorithms: a GIS-based comparison analysis for real estate valuation. Transactions in GIS, 29(1). https://doi.org/10.1111/tgis.13303. {in English}.

8. Haripavan, N., Dey, S., Chandana, C.H.M. (2025). Integration of geospatial techniques and machine learning in land parcel prediction. Geosystems and Geoenvironment, 4, 100371. https://doi.org/10.1016/j.geogeo.2025.100371. {in English}.

9. Makedon, V.V., Ilchenko, N.O. (2021). Koniunktura svitovoho rynku IT-posluh v umovakh ekonomiky 4.0 [Global IT services market conditions in the economy 4.0]. Efektyvna ekonomika - Efficient Economy, 1. http://www.economy.nayka.com.ua/?op=1&z=8525 http://doi.org/10.32702/2307-2105-2021.1.8 {in Ukrainian}

10. Suwardhi, D., Ihsan, M., Widyastuti, R., Mukminin, A.H.U., Akbar, B., Pasaribu, S.K., Satwika, I.P., Nurmaulia, S.L., Hernandi, A. (2025). An automated framework for cadastral parcel adjustment using UAV orthophotos, SAM, and ICP. The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, XLVIII-2/W11-2025, 277–284. https://doi.org/10.5194/isprs-archives-XLVIII-2-W11-2025-277-2025. {in English}.

11. Allanazarov, O., Erkinova, K., Karabekov, U., Xudaykulov, N. (2025). Integration of geospatial data into the cadastre system. The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, XLVIII-

5/W3-2025, 9–15. https://doi.org/10.5194/isprs-archives-XLVIII-5-W3-2025-9-2025. {in English}.

12. Makedon, V.V., Yarmolenko, L.I., Chumak, T.V., Zaporozhchenko, O. Y. (2025). Ensuring the implementation of commercialization strategies for satellite services in the digital economy. Academy Review, 2(63), 187–203. https://doi.org/10.32342/3041-2137-2025-2-63-12. {in English}.

13. Nunes, D.M., Camboim, S.P., Duarte, D.C.O. (2025). AI opportunities for cadastre in support of integrated land administration. FIG Joint Land Administration Conference, 218–226. https://ojs.sites.ufsc.br/index.php/fig/article/view/8772/7306. {in English}.

14. Tkachenko, V.V., Sikora, Ya.B., Mazurok, T.L. (2026). Rozrobka explainable AI (XAI) modelei dlia pryiniattia rishen u HIS-systemakh na osnovi ML [Development of explainable AI (XAI) models for decision-making in GIS systems based on ML]. 1(55), 2594–2606. https://doi.org/10.52058/2786-6025-2026-1(55)-2594-2606 {in Ukrainian}

15. Kryzia, K., Radziejowska, A., Adamczyk, J., Kryzia, D. (2026). Analysis of using machine learning application possibilities for the detection and classification of topographic objects. ISPRS International Journal of Geo-Information, 15(2), 59. https://doi.org/10.3390/ijgi15020059. {in English}.

16. Şekeroğlu, A., Çelik, K.T. (2025). Integration of AI, spatial data, and GIS in planning: spatial application based on machine learning and deep learning. Iconarp International Journal of Architecture and Planning, 13(2), 592–624. https://doi.org/10.15320/ICONARP.2025.337. {in English}.

17. Shevchuk, S., Prokopenko, N., Vynnyk, A., Mukhin, O., Sitko, D. (2025). How can GIS integration improve land management for sustainable development in territorial communities. Journal of Theoretical and Applied Information Technology, 103(15), 5819–5828. https://www.jatit.org/volumes/Vol103No15/30Vol103No15.pdf. {in English}.

18. Bodnar, T.P., Slipchenko, O.O. (2025). Otsinka suchasnoho stanu systemy kontroliu vykorystannia zemelnykh resursiv v Ukraini [Assessment of the current state of the system of control over land use in Ukraine]. Efektyvna ekonomika - Efficient Economy, 7. http://doi.org/10.32702/2307-2105.2025.7.38 {in Ukrainian}

DOI: 10.32347/2076-815X.2026.92.698-711
УДК 378.147.111

д.е.н., професор **Манцевич Ю.М.,**
yurimants@gmail.com, ORCID: 0000-0002-2109-8495,
Київський національний університет будівництва і архітектури
Бондар Г.В.,
bondar.hanna@gmail.com, ORCID: ORCID: 0009-0000-8517-017X,
Підкомітет з питань містобудування, благоустрою та земельних відносин
у межах територій забудови Комітету Верховної Ради України
з питань організації державної влади, місцевого самоврядування,
регіонального розвитку та містобудування

ВПЛИВ ЗМІН ЗАКОНОДАВСТВА НА РЕФОРМУВАННЯ ПРОСТОРОВОГО ПЛАНУВАННЯ ТА ЗАБУДОВИ ТЕРИТОРІЇ УКРАЇНИ

Розглянуті питання реформування законодавчої бази, які будуть впливати на подальший розвиток широкого спектру суспільних відносин у сферах просторового розвитку, проєктування, будівництва, охорони культурної спадщини та охорони природи. Повний перелік тем, які мають вплив на просторовий розвиток і забудову територій, включає також регулювання питань страхування, ціноутворення, контролю і нагляду, підготовки кадрів і сертифікації спеціалістів та багато інших. В одній статті всі теми розглянути неможливо, тому автори планують підготувати ряд статей, присвячених проблемам взаємозв'язку правового забезпечення практичної діяльності та наукового супроводу цих важливих сфер суспільних відносин. Питання в даній статті будуть розглянуті в контексті розроблення Кодексу з просторового планування та забудови території України (далі – Кодексу).

Як приклад проблем законодавчого регулювання розглянуто розроблення комплексного плану просторового розвитку території територіальної громади. Автори нормативно-правових актів не врахували реального стану соціально-економічного розвитку значної кількості територіальних громад, що призвело до повного блокування інвестиційних процесів громад з низьким рівнем доходів.

Ключові слова: просторовий розвиток територій; просторове планування; забудова; цифровізація; навчальний процес; науковий супровід.

Постановка проблеми. 1. Процес реформування є неперервним, і це вносить певну нестабільність в кожний окремий момент суспільного розвитку. До певної міри поступальний розвиток суспільства може врівноважити

стабільна правова основа. Автори вважають, що найбільш ефективним інструментом довготривалої стабілізації суспільних відносин у сфері просторового планування і забудови територій є розроблення і затвердження Кодексу як нормативно-правового акту вищого рівня, ніж просто закон.

2. Стаття присвячена проблемі кодифікації містобудівного законодавства як інструменту удосконалення правового регулювання у сфері просторового планування та забудови територій. Просторове планування і забудова розглядаються як неперервний процес перетворення територій адміністративно-територіальних одиниць та функціональних зон різної величини та різного призначення у комфортний життєвий простір відповідно до принципів стійкого розвитку ХАБІТАТ ООН.

Аналіз останніх досліджень і публікацій.

З точки зору предметної області, найбільший інтерес становить ряд публікацій, присвячених питанням реформування законодавства з метою удосконалення просторової організації та забудови території.

Найбільш послідовно і повно питання реформування правового поля у сфері просторового планування і забудови територій сформульовані у практичному посібнику «Публічне будівельне право України» авторів Бевзенка В. і Сусак М. У цій фундаментальній роботі розглянуто весь комплекс проблем формування життєвого середовища від рівня держави в цілому і до створення окремих об’єктів нерухомості. Цінність даної роботи полягає у комплексному описанні процедур, які пов’язані із захистом прав суб’єктів впродовж життєвого циклу об’єктів нерухомості. При підготовці практичного посібника автори використовували власний досвід розгляду конкретних справ у Верховному Суді [1].

Автори розглядають Публічне будівельне право України як одну з галузей Особливого адміністративного права, яке обумовлюється національним будівельним законодавством, об'єктивно існуючими публічно-будівельними (адміністративно-правовими) відносинами. У навчальному посібнику вони наводять власне бачення структури майбутнього Будівельного кодексу України з погляду на адміністративне право.

У статті Ізарової І. «До питання кодифікації законодавства в сфері містобудування» розглянуті питання формування суспільного запиту на розроблення Містобудівного кодексу України [2]. У статті досліджено історію формування містобудування як процесу, починаючи з античних часів до нашого часу. Особливий інтерес становить огляд сучасного містобудівного законодавства країн світу, зокрема європейського. Автор наголошує, що у світі зберігається тенденція створення або консолідації існуючих нормативно-правових актів в єдиний кодифікований акт, який регулює сферу

містобудування. Прийняття кодифікованого акту в Україні дозволить систематизувати та уніфікувати існуючі норми.

У монографії «Законодавче забезпечення формування та реалізації державної політики України в умовах воєнного стану» розміщена стаття Дунди О. та Манцевича Ю. «Особливості законодавчого регулювання будівництва та містобудування, забезпечення населення житлом під час воєнного стану», у якій автори серед інших проблем звертають увагу на те, що прорахунки у просторовому розвитку держави непомітні для нефахівців, але несуть загрозу втрати десятків мільярдів доларів від неефективного функціонування народногосподарського комплексу та дисбалансу розвитку виробничої сфери і системи розселення [3].

Особливістю житлового та промислового будівництва є висока капіталоємність. Потрібно знайти джерела фінансування, які дозволять фінансувати програми з довгим періодом окупності, або окупність яких не має чітких перспектив у зв'язку з невизначеністю періоду продовження бойових дій на території України. Необхідно знайти такий механізм законодавчого регулювання, який би знаходився в рамках розподілу повноважень між гілками влади, визначених Конституцією, і разом із тим був би достатньо дієвим.

Значний інтерес становить стаття Ємельянової О., Титок В., Лаврухіної К. «Реформа містобудування України», у якій автори основну увагу приділяють економічним аспектам гальмування інвестиційної діяльності та недосконалості дозвільних процедур. Зокрема вони вважають, що основними проблемами є: відсутність електронного містобудівного кадастру на державному рівні; складність одержання містобудівних умов і обмежень та технічних умов для приєднання до інженерних мереж; значна тривалість дозвільних та реєстраційних процедур; неефективність системи архітектурно-будівельного контролю; зарегульованість переважної кількості будівельних норм; відсутність управління життєвим циклом будівель громадського та житлового призначення та сталого управління будівельними відходами [4]. Розглядаються такі важливі аспекти, як потреба у цифровізації процесів містобудування, яка сприяє більшій відкритості та прозорості, а також впровадження ведення Містобудівного кадастру на державному рівні.

Стаття «Реформування містобудівної діяльності як складової захисту національних інтересів України» авторів Сєнькіна О. та Клименко А. присвячена аналізу проблем будівельної галузі [5]. Основними перешкодами до розвитку містобудівної діяльності визначено обмеженість повноважень органів місцевого самоврядування з управління територіями через відсутність містобудівної документації. Також сконцентровано увагу на недостатній кількості кваліфікованих кадрів для виконання своїх посадових обов'язків.

Визначено необхідність створення безперешкодного доступу до інформації, забезпеченню вільного доступу до отримання адміністративних послуг у будівельній сфері. Виявлено неузгодженість і наявність колізій у нормативно-правовому забезпеченні сфери містобудівної діяльності. Встановлено, що будівельна сфера є інвестиційно непривабливою через заплутаність дозвільних процедур, відсутність конкурентного середовища та непорозуміння з громадськістю у зв'язку з проблемами участі у прийняті управлінських рішень, приховання інформації щодо реалізації містобудівних проектів та відсутність відкритих конкурсів на здійснення певних видів робіт.

Автор Вишневський Д. у статті «Розвиток систем містобудування: сутність та особливості» звертає увагу на те, що національна система містобудування не має чітких пріоритетів, що були б сформульовані відповідно до потреб населення та державних інтересів. Відповідно, не можна сказати, що держава шляхом реалізації функцій управління забезпечує стратегічні реформи у системі містобудування, що визначає необхідність трансформацій відповідно до стандартів генерального планування Європейського Союзу. [6] З його погляду, великою проблемою територіального розвитку є перенаселення великих мегаполісів та, відповідно, нераціональний розподіл ресурсів між територіями із густозаселеними та малозаселеними районами. Проблеми генерального планування в Україні мають організаційно-правовий та соціально-економічний характер. Відповідно, важливу роль у підвищенні ефективності містобудівного планування та регулювання відіграє розробка раціональної державної політики у сфері генерального планування, в першу чергу, формування комплексної правової основи розвитку містобудування.

Зважаючи на підвищення ролі цифрових технологій у вирішенні проблем просторового розвитку і забудови територій, слід звернути увагу на статтю «Синтез кадастру та моніторингу в містобудуванні», автором якої є Смілка В. Він наводить структурний аналіз понять «містобудівний кадастр» та «містобудівний моніторинг», описує залежність функціонування систем містобудівного кадастру та моніторингу, умови створення міської інформаційно-аналітичної системи, її завдання та функції [7]. Зважаючи, що з часу написання статті відбулися певні зміни у законодавстві, окремі положення статті можуть розглядатися як спірні. Зокрема, автор, розглядаючи набори даних, стверджує, що для містобудівного кадастру це суцільна територія в межах адміністративно-територіальної одиниці, а для містобудівного моніторингу - лише в межах розроблення містобудівної документації. Тобто, частина території адміністративної одиниці може не охоплюватися моніторингом.

Значна частина проблемних питань Містобудівного кадастру була вирішена

при прийнятті постанови КМУ «Деякі питання реалізації експериментального проекту щодо запровадження Містобудівного кадастру на державному рівні» [8].

Дещо ширше ці проблеми розглянуті у статті «Кадастрові системи та землеустрій у містобудівному проектуванні: оптимізація землекористування та міського планування» колективом авторів у складі Чувпило В., Шевчук С., Гапон С. та іншими [9]. У статті досліджено середовище, яке об'єднує методики та моделі спостереження, обробки та використання геоданих, реалізації містобудівних документів, оцінки динаміки міських об'єктів, ідентифікації невідповідностей, їх виявлення та корекції, а також методи моніторингу розвитку міських територій, враховуючи їх економічний, соціальний і правовий контекст. Автори акцентують увагу на необхідності інтеграції сучасних технологій в процес міського планування для досягнення сталого розвитку міст та гармонійної взаємодії між людиною та довкіллям.

Виділення недосліджених частин загальної проблеми. На наш погляд, недостатня увага у сучасних дослідженнях приділяється такому питанню, як співвідношення затрат ресурсів і очікуваному результату.

Однією з проблем сучасного етапу розвитку наукової бази вивчення просторового планування і забудови території є пошук балансу між стратегічними завданнями управління територіями як суспільним ресурсом, що належить народу України, і поточними, дуже важливими, але тимчасовими проблемами, які домінують у свідомості суспільства на кожному конкретному відтинку часу.

Прикладами такої невідповідності є переважання проблем регіонального розвитку після проведення адміністративно-територіальної реформи та потреба у врахуванні реальних можливостей територіальних громад у передвоєнний період. Тоді надмірні вимоги і деталізація вимог до розроблення комплексних планів територіальних громад призвели до неможливості виконання цього виду проєктних робіт переважною більшістю громад через відсутність фінансових і людських ресурсів. Зараз набуває розвитку інша тенденція - підвищена увага до подолання наслідків бойових дій: релокації та відбудови зруйнованих територій.

Варто пам’ятати, що основним завданням просторового планування і забудови територій є визначення саме довгострокових стратегічних напрямів просторового розвитку держави. Виходячи з цієї концепції, бойові дії мають враховуватися як надзвичайно важливий, але середньостроковий вплив. Стратегічні цілі мають орієнтуватися на сталий розвиток держави.

Мета статті. Дослідити можливості перетворення розрізненого та суперечливого законодавчого поля сфери просторового планування і забудови

територій у єдиний консолідований текст Кодексу для вирішення найбільш нагальних стратегічних потреб суспільства.

Виклад основного матеріалу.

1. Слід звернути увагу на важливу особливість розроблення Кодексу: розпочиналася робота над концепцією Містобудівного кодексу України. Термін «містобудування» прийшов з радянського законодавства і став звичним для більшості фахівців у цій сфері діяльності. Проте, в ході тривалих і складних дискусій учасники розроблення концепції Кодексу звертали увагу на те, що термін «містобудування» є калькою російського терміну «градостроительство», і абсолютно не відповідає його змістовному навантаженню. Крім того, цей термін практично не використовується в країнах Європи, з якою Україна прагне налагодити співпрацю. Тому назва Кодексу була змінена на Кодекс просторового планування та забудови території України.

2. Необхідно чітко розмежувати два важливих етапи роботи над Кодексом:

1-й етап – розроблення концепції Кодексу [10]. Цей етап на час підготовки статті вже завершено. Концепція розроблена відповідно до вимог статті 27 Закону «Про правотворчу діяльність» [11].

Концепція Кодексу розроблена Робочою групою, утвореною при Комітеті з питань державної влади, місцевого самоврядування, регіонального розвитку і містобудування Верховної Ради України рішенням Комітету від 26.04.2023 року, керівником Робочої групи призначено Голову підкомітету з питань містобудування, благоустрою та земельних відносин у межах територій забудови – Бондар А.В. Концепцію Кодексу було розглянуто на засіданні Комітету з питань організації державної влади, місцевого самоврядування, регіонального розвитку та містобудування Верховної Ради України 16 лютого 2026 року. Цей формальний крок відкрив можливість до подальшої роботи над розробленням Кодексу.

2-й етап – розроблення тексту власне проєкту Кодексу. Цей етап розпочався після розгляду концепції Кодексу профільним Комітетом ВРУ та проведення організаційних заходів для його розроблення.

Одним з важливих питань розроблення Кодексу є термінологія. Зважаючи, що в ході обговорень на стадії формування концепції Кодексу висловлювалися різні думки щодо використання термінів (часто суперечливі і достатньо радикальні), автори вирішили не торкатися проблеми формування глосарію в цій статті, а повернутися до цього після розроблення першої редакції проєкту Кодексу. Цей відступ у тексті статті зроблено з огляду на те, що в сучасному професійному середовищі часто вживаються терміни «містобудування», «просторовий розвиток», «просторове планування», які несуть схоже змістовне навантаження, хоча й мають певні відмінності у наповненні. Після

затвердження Кодексу буде остаточно затверджено не тільки основні правові норми регулювання цієї сфери, але і перелік основних термінів, тому автори залишили поза увагою цієї статті питання термінології.

3. Оголошення воєнного стану на території України і ведення війни викликало потребу швидко вносити зміни у містобудівне законодавство з метою спрощення процедур прийняття рішень щодо відновлення зруйнованих населених пунктів, об'єктів нерухомості та інфраструктури. Правильні у своїй основі зміни законодавства в результаті значно ускладнили структуру видів документації та призвели до численних випадків дублювання функцій, з'явилися неузгодженості та протиріччя у окремих нормативно-правових актах. Проте, на думку авторів, період швидких рішень закінчується, і у суспільства виникає потреба у комплексному та виваженому врегулюванні основних проблем просторового розвитку і забудови територій на довгостроковій основі.

Одним з елементів такого узгодження є врахування практики нормативно-правового регулювання європейських країн та США. У концепції Кодексу були враховані підходи, які визначені у Європейській хартії регіонального/просторового планування, Європейській хартії місцевого самоврядування, Ляйпцігській хартії сталого розвитку міст, Новому порядку денному ООН-ХАБІТАТ.

Одним з важливих орієнтирів при розробленні концепції було законодавство Німеччини, зокрема Будівельний кодекс Німеччини. Більшість учасників Робочої групи визнали, що існуюча структура видів документації, процедури розроблення і затвердження рішень у сфері просторового розвитку і забудови територій в Україні вже зараз у своїй основі наближені до подібних елементів правового регулювання суспільних відносин у Німеччині. Тому продовження тенденції до подальшого зближення українського і німецького законодавства не буде суперечити усталеній українській практиці і при прийнятті Кодексу не призведе до глобальних потрясінь та радикальної перебудови системи української практики проєктування і реалізації документації з просторового планування.

Були враховані також і рекомендації 11 іноземних експертів з 9 країн світу, які брали участь у дискусіях при формуванні основної ідеї концепції Кодексу. Зокрема, значна увага була приділена питанням ширшого залучення громадськості у прийняття рішень з розвитку і забудови територій, особливо створенні сприятливого життєвого середовища, формування громадського простору тощо.

Одночасно необхідно враховувати реалії сьогодення: при відносно спокійному житті у центральних і західних регіонах країни- повна руйнація і спустошення у східних районах, наближених до фронту, та тих, що знаходяться

під окупацією. Такий стан речей формує різні рівні усвідомлення проблем забезпечення житлом, зайнятості, забезпечення надання комунальних послуг тощо. Тому повна орієнтація на європейські традиції просторового розвитку може призвести до негативних наслідків через хибні оцінки.

Одним з прикладів такого копіювання західних практик є прийняття постанови КМУ від 1 вересня 2021 р. № 926 «Про затвердження Порядку розроблення, оновлення, внесення змін та затвердження містобудівної документації» [12]. Основною проблемою цього нормативно-правового акту є повне ігнорування реальних можливостей територіальних громад у розробленні Комплексних планів територій. Матеріальні ресурси переважної частини громад обмежені, а кадровий потенціал не відповідає поставленим задачам. Наслідком такого підходу стало створення нерівних умов для розвитку громад і створенні елементів майнового цензу у прихованому вигляді: ті громади, які мають достатні ресурси і можуть виконати роботу у повному обсязі, отримують привілеї у залученні інвестицій і подальшому розвитку, а ті громади, які сьогодні знаходяться у складному фінансовому стані, провалюються ще глибше у економічну кризу.

На думку авторів, у більшості випадків Комплексний план був би набагато ефективніший, якби був розділений на два рівня: перший рівень - обов’язковий із значним скороченням надлишкових вимог до кількості показників і складності процедур Комплексного плану, а другий - розширений, де перелік показників і процедур міг би бути збережений у повному обсязі. Але рішення про розроблення розширеного варіанту приймає громада самостійно, без примусу. Такий підхід дозволив би значно прискорити формальне виконання вимог щодо затвердження Комплексних планів та спрямувати інвестиційні потоки в Україну.

Як один з варіантів удосконалення розроблення Комплексних планів могло б стати поетапне розроблення цього важливого виду документації. Для першого етапу для територіальних громад з недостатнім рівнем фінансування та відсутністю складних проблем у плануванні та забудові територій можуть бути розроблені спрощені документи, а для складних територіальних громад з достатнім рівнем фінансування можуть розроблятися Комплексні плани у повному обсязі.

4. Неочікувано великий інтерес при розробленні концепції Кодексу викликала тема впровадження цифрових технологій. Певний ажіотаж довкола цієї проблеми викликаний швидким розвитком технологій штучного інтелекту за останні 5 років. Складається хибне враження, що штучний інтелект може стати певною панацеєю від усіх проблем просторового розвитку і забудови територій України. Проте, широкий спектр невирішених проблем в

застосуванні ГІС, BIM, підготовки кадрів та ряду інших проблем не дозволить швидко вирішити завдання реформування галузі навіть при вірному визначенні правових норм. Є низка суміжних проблем, які не мають стратегічних рішень навіть на рівні постановки проблеми. До них можна віднести розподіл повноважень у сфері просторового планування та забудови територій між різними рівнями влади та суб'єктами діяльності з просторового планування, консервативні підходи до публічних закупівель товарів та послуг, відсутню стратегію реформування страхування та ряд інших проблем.

Необхідна більш чітка система пріоритетів у підготовці редакції Кодексу.

5. Ще одним важливим наслідком розроблення концепції стало рішення про включення до складу Кодексу окремої глави: «Державна політика просторового планування та забудови територій». Це рішення базується на нормі частини 5), статті 85 Конституції України, якою визначено, що до повноважень Верховної Ради України належить: «…визначення засад внутрішньої і зовнішньої політики». В цьому розділі Кодексу мають бути визначені основи внутрішньої державної політики у сфері просторового планування та забудови територій, основні завдання, а також система принципів і пріоритетів та інші важливі питання.

Цей розділ має відігравати роль базового орієнтиру законодавчого регулювання просторового планування і забудови, яка визначає стабільні правила регулювання суспільних відносин у цій сфері, нормування, проєктування, забудови та експлуатації об'єктів нерухомості на довгостроковій основі.

6. Варто звернути увагу на те, що при законодавчому регулюванні мають знайти своє вирішення проблеми забудови територій. Забудова базується на концепції життєвого циклу об'єктів нерухомості як комплексі всіх процесів, які охоплюють виникнення ідеї створення такого об'єкту, здійснення всіх дозвільних процедур, його проєктування, будівництво, прийняття в експлуатацію і власне весь комплекс робіт, пов'язаний з експлуатацією та демонтажем об'єкта в кінці життєвого циклу.

Вже в процесі розроблення концепції Кодексу Міністерством розвитку громад та територій України на нормативному рівні були запроваджені нові принципи ціноутворення в будівництві, на черзі розгляд законопроєкту про внесення змін у процедури публічних закупівель.

Узгодження змін законів і підзаконних актів залишається однією з найбільш складних проблем. У частині 2 статті 9 Закону України «Про правотворчу діяльність» наведено перелік підзаконних нормативно-правових актів, а у наступних статтях містяться вимоги приведення у відповідність норм підзаконного акту до базового закону. Проте, в реальному житті ці вимоги

виконуються з великим запізненням, і виникають ситуації, коли одні й ті ж питання регулюються не однаково в різних актах.

Прийняття Кодексу, з одного боку, призведе до глобального перегляду великого масиву підзаконних актів, а з іншого - створить небезпеку несвоєчасного перегляду підзаконних актів та зростання хаосу. Організаційні питання потребують подальшого удосконалення.

7. Сфера підготовки кадрів належить до однієї з найбільш важливих у формуванні нового середовища просторового планування та забудови територій. Це дуже довготривалий процес. Якщо уявити собі, що одразу після прийняття Кодексу почнеться внесення змін в учбові програми, то це займе щонайменше 2-3 роки. Такий великий термін зумовлено наступним: для розробки підзаконних актів потрібні кошти з державного бюджету (виділення коштів не відбувається миттєво), наступним кроком є проведення закупівель проєктів підзаконних актів та визначення виконавців через встановлені процедури. Далі необхідно розробити проєкти нормативно-правових актів, затвердити та зареєструвати. Тільки після цього вони можуть бути оприлюднені.

Робочі програми з навчальних дисциплін мають відповідати вимогам чинного законодавства, тобто тим актам, які вже набрали чинності. Отже, весь цикл зміни робочих програм є досить тривалим, і він повинен враховувати також час, який потрібен для зміни власне програм та їх затвердження, а також викладення нового матеріалу в учбових аудиторіях відповідно до перероблених програм.

Таким чином, загальне відставання узгодженої навчальної програми від основних положень Кодексу може скласти від двох до п’яти років. Це неприйнятно довгий термін. Суспільству потрібні фахівці, які володіють сучасними знаннями, тому важливо передбачити можливість викладання студентам матеріалів, які мають відхилення від затверджених програм, якщо ці відхилення зумовлені нагальною потребою приведення змісту лекцій до змін законодавства.

Доцільно залучити широке коло науковців вищої школи для напрацювання пропозицій по пришвидшенню адаптації учбових програм до змін законодавства. Необхідно забезпечити моніторинг законодавчих змін та забезпечити своєчасне інформування про необхідність корегування учбових програм і формування практичних навичок майбутніх фахівців відповідно до законодавчих та технологічних змін як неперервного процесу.

Висновки і пропозиції

1. Україна увійшла в період потужних змін законодавчої бази просторового планування та забудови територій. Узгоджений підхід до таких

змін може бути здійснений лише шляхом кодифікації всього масиву законодавства у сфері, яку традиційно відносили до містобудування, будівництва, реконструкції, реставрації об'єктів та суміжних сфер, які забезпечують комплексність розвитку територій – екології, транспорту, інженерного забезпечення тощо.

Одним з ключових завдань сучасного етапу регулювання суспільних відносин у цій сфері є узгодження українського законодавства з ключовими принципами, в першу чергу, європейського законодавства та врахування світового досвіду розвитку територій. При цьому ми не повинні занадто радикально відхилятися від усталених українських реалій державного управління, діяльності органів місцевого самоврядування, проєктантів, та будівельників.

2. Наразі найбільш гостро постає питання врегулювання законодавства щодо розроблення та реалізації комплексних планів просторового розвитку території територіальних громад, генеральних планів населених пунктів, детальних планів території як первинної документації, яка визначає можливості залучення інвестицій, розміщення житлової та виробничої забудови, розвитку соціальної сфери відповідних територій. Необхідно в найкоротші строки виробити вимоги до цієї документації, які б не гальмували, а прискорювали залучення інвестицій та збільшення капіталізації територій.

3. Професійна спільнота має активніше долучатися до громадського обговорення ключових положень вже завершеної концепції Кодексу для більш чіткого перетворення концептуальних поглядів на положення нормативно-правового акту. Зважаючи на надзвичайно широке коло питань, які мають бути врегульовані майбутнім Кодексом, долучатися можуть спеціалісти усіх спеціальностей сфери містобудування і будівництва. Особливо важлива участь наукових кадрів, які мають відповідні навички та рівень підготовки.

Продовження буде.

Список використаних джерел

1. Бевзенко В., Сусак М. Публічне будівельне право України: Практичний посібник. Видання друге, змінене і доповнене. Київ : ВД «Дакор», 2024. 578 с.

2. Ізарова І. «До питання кодифікації законодавства в сфері містобудування». URL: https://nasplib.isofts.kiev.ua/server/api/core/bitstreams/bda9ff75-333c-4360-89f4-c3f061191bcb/content (дата звернення: 10.09.2025).

3. Дунда О.А., Манцевич Ю.М. Особливості законодавчого регулювання будівництва та містобудування, забезпечення населення житлом під час воєнного стану, Монографія Законодавче забезпечення формування та реалізації державної політики України в умовах воєнного стану, том 2 Економічна безпека держави, стимулювання і підтримка економіки : Колективна монографія : у 4 т. / заг. ред. : Стефанчук Р.О., Мищак І.М., Савченко Л.А.; Інститут законодавства Верховної Ради України. К. : Вид-во Людмила», 2022. Ст. 279-299.

4. Ємельянова О., Титок В., Лаврухіна К. Реформа містобудування України. URL:

https://economyandsociety.in.ua/index.php/journal/article/view/2385/2306 (дата звернення: 10.09.2025):

5. Сєнькіна О., Клименко А. Реформування містобудівної діяльності як складової захисту національних інтересів України. URL: http://perspectives.pp.ua/index.php/np/article/view/4381/4405 (дата звернення: 23.09.2025).

6. Вишневський Д. Розвиток систем містобудування: сутність та особливості. URL: http://mtp.knuba.edu.ua/article/view/250481/248090 (дата звернення: 23.09.2025).

7. Смілка В. Синтез кадастру та моніторингу в містобудуванні. URL: Синтез кадастру та моніторингу в містобудуванні (дата звернення: 10.09.2025).

8. Деякі питання реалізації експериментального проекту щодо запровадження Містобудівного кадастру на державному рівні/ Постанова КМУ від 9 серпня 2024 р. № 909. URL: Деякі питання реалізації експери... | від 09.08.2024 № 909 (дата звернення: 10.09.2025).

9. Чувпило В.В., Шевчук С.М., Гапон С.В. та інші. Кадастрові системи та землеустрій у містобудівному проектуванні: оптимізація землекористування та міського планування. URL: https://dspace.pdau.edu.ua/handle/123456789/17075 (дата звернення: 10.09.2025).

10. Концепція кодексу просторового планування та забудови території України (Містобудівного кодексу України), том I. URL: https://drive.google.com/file/d/12tMYaeaeaYS1OVPuYj2VIcsOcXkSD8Uc/view , том II. URL: https://drive.google.com/file/d/1YT0-tss0H5GJCItMhvBGcwUyoVJwR3x7/view (дата звернення: 10.04.2026).

11. Про правотворчу діяльність. Закон України 3354-IX від 24 серпня 2023 року. URL: Про правотворчу діяльність | від 24.08.2023 № 3354-IX (дата звернення: 10.09.2025).

12. Про затвердження Порядку розроблення, оновлення, внесення змін та затвердження містобудівної документації. Постанова КМУ від 1 вересня 2021 р. № 926 URL: Про затвердження Порядку розробл... | від 01.09.2021 № 926 (дата звернення: 10.09.2025).

Doctor of Economics, Professor **Mantsevych Yurii,**
Kyiv National University of Construction and Architecture,
Bondar Hanna,
People's Deputy of Ukraine, Chairman of the Subcommittee of the Committee of the Verkhovna Rada of Ukraine on the Organization of State Power, Local Self-Government, Regional Development and Urban Planning

IMPACT OF LEGISLATIVE CHANGES ON THE REFORM OF SPATIAL PLANNING AND TERRITORY DEVELOPMENT IN UKRAINE

The issues of reforming the legislative framework are considered, which will affect the further development of a wide range of social relations in the areas of spatial development, design, construction, protection of cultural heritage and nature protection. The full list of topics that have an impact on spatial development and development of territories also includes the regulation of insurance issues, pricing, control and supervision, training and certification of specialists and many others. It is impossible to consider all the topics in one article, so the authors plan to prepare a number of articles devoted to the problems of the relationship between legal support for practical activities and scientific support for these important areas of social

relations. The issues in this article will be considered in the context of the development of the Code on Spatial Planning and Territory Development in Ukraine.

As an example of problems of legislative regulation, the development of a comprehensive plan for the spatial development of a territorial community is considered. The authors of the regulatory acts did not take into account the real state of socio-economic development of a significant number of territorial communities, which led to a complete blockage of investment processes in low-income communities.

Keywords: spatial development of territories; spatial planning, development, digitalization, educational process, scientific support.

REFERENCES

1. Bevzenko, V. & Susak, M. (2024). *Publichne budivelne pravo Ukrainy: Praktychnyi posibnyk. Vydannia druhe, zminene i dopovnene* [Public Construction Law of Ukraine: A Practical Guide. Second Edition, Revised and Enlarged]. Kyiv: VD "Dakor".{in Ukrainian}

2. Izarova, I. (2025). *Do pytannia kodyfikatsii zakonodavstva v sferi mistobuduvannia* [On the Issue of Codification of Legislation in the Field of Urban Development]. URL: https://nasplib.isofts.kiev.ua/server/api/core/bitstreams/bda9ff75-333c-4360-89f4-c3f061191bcb/content (Accessed: 10.09.2025). {in Ukrainian}

3. Dunda, O.A. & Mantsevych, Yu.M. (2022). *Osoblyvosti zakonodavchoho rehuliuvannia budivnytstva ta mistobuduvannia, zabezpechennia naselennia zhytlom pid chas voiennoho stanu* [Features of Legislative Regulation of Construction and Urban Development, Providing the Population with Housing During Martial Law]. In: Stefanchuk, R. O., Myshchak, I. M., Savchenko, L. A. (Eds.), *Zakonodavche zabezpechennia formuvannia ta realizatsii derzhavnoi polityky Ukrainy v umovakh voiennoho stanu, tom 2 Ekonomichna bezpeka derzhavy, stymuliuvannia i pidtrymka ekonomiky* [Legislative Support for the Formation and Implementation of State Policy of Ukraine under Martial Law, Vol. 2 Economic Security of the State, Stimulation and Support of the Economy]. Kyiv: Vyd-vo "Liudmyla", pp. 279-299. {in Ukrainian}

4. Emelianova, O., Tytok, V. & Lavrukhina, K. (2025). *Reforma mistobuduvannia Ukrainy* [Urban Development Reform of Ukraine]. *Economy and Society*. URL: https://economyandsociety.in.ua/index.php/journal/article/view/2385/2306 (Accessed: 10.09.2025). {in Ukrainian}

5. Sienkina, O. & Klymenko, A. (2025). *Reformuvannia mistobudivnoi diialnosti yak skladovoi zakhystu natsionalnykh interesiv Ukrainy* [Reforming Urban

Planning Activities as a Component of Protecting the National Interests of Ukraine]. URL: http://perspectives.pp.ua/index.php/np/article/view/4381/4405 (Accessed: 23.09.2025). {in Ukrainian}

6. Vyshnevskyi, D. (2025). *Rozvytok system mistobuduvannia: sutnist ta osoblyvosti* [Development of Urban Planning Systems: Essence and Features]. URL: http://mtp.knuba.edu.ua/article/view/250481/248090 (Accessed: 23.09.2025). {in Ukrainian}

7. Smilka, V. (2025). *Syntez kadastru ta monitorynhu v mistobuduvanni* [Synthesis of Cadastre and Monitoring in Urban Planning]. URL: https://doi.org/10.32347/2710-3366.2022.54.44-55 (Accessed: 10.09.2025). {in Ukrainian}

8. Cabinet of Ministers of Ukraine. (2024). *Deiaki pytannia realizatsii eksperymentalnoho proektu shchodo zaprovadzhennia Mistobudivnoho kadastru na derzhavnomu rivni: Postanova KMU vid 9 serpnia 2024 r. № 909* Деякі питання реалізації експери... | від 09.08.2024 № 909. (Accessed: 10.09.2025). {in Ukrainian}

9. Chuvpylo, V.V., Shevchuk, S.M., Hapon, S.V. et al. (2025). *Kadastrovi systemy ta zemleustrii u mistobudivnomu proektuvanni: optymizatsiia zemlekorystuvannia ta miskoho planuvannia* [Cadastral Systems and Land Management in Urban Design: Optimization of Land Use and Urban Planning]. URL: https://dspace.pdau.edu.ua/handle/123456789/17075 (Accessed: 10.09.2025). {in Ukrainian}

10. Kontseptsiia kodeksu prostorovoho planuvannia ta zabudovy terytorii Ukrainy (Mistobudivnoho kodeksu Ukrainy), tom I, URL: https://drive.google.com/file/d/12tMYaeaeaYS1OVPuYj2VIcsOcXkSD8Uc/view , (Accessed: 10.04.2026). tom II, URL: https://drive.google.com/file/d/12tMYaeaeaYS1OVPuYj2VIcsOcXkSD8Uc/view (Accessed: 10.04.2026). {in Ukrainian}

11. Verkhovna Rada of Ukraine. (2023). *Pro pravotvorchu diialnist: Zakon Ukrainy 3354-IX vid 24 serpnia 2023 roku* [On Lawmaking Activity: Law of Ukraine 3354-IX of August 24, 2023]. (Accessed: 10.09.2025). {in Ukrainian}

12. Cabinet of Ministers of Ukraine. (2021). *Pro zatverdzhennia Poriadku rozroblennia, onovlennia, vnesennia zmin ta zatverdzhennia mistobudivnoi dokumentatsii: Postanova KMU vid 1 veresnia 2021 r. № 926* Про затвердження Порядку розробл... | від 01.09.2021 № 926. (Accessed: 10.09.2025). {in Ukrainian}

DOI: 10.32347/2076-815X.2026.92.712-723
УДК 721.01:004.9
Томашевський В.В.,
tomashevskyi_vv-2024@knuba.edu.ua, ORCID: 0009-0000-3866-8821,
Київський національний університет будівництва і архітектури

ТЕХНОЛОГІЯ РЕВЕРС-ІНЖИНІРИНГУ: ВІД ХМАРИ ТОЧОК ДО СЕМАНТИЧНОЇ РЕСТАВРАЦІЙНОЇ МОДЕЛІ

Представлено комплексне дослідження технологічного ланцюжка реверс-інжинірингу як інструменту збереження автентичності архітектурної спадщини України в умовах сучасних викликів. Автором обґрунтовано процес трансформації великих масивів неструктурованих даних наземного лазерного сканування (хмар точок) у семантично насичені об'єктно-орієнтовані моделі HBIM (Heritage Building Information Modeling). Розглянуто методику препроцесингу даних, включаючи сегментацію та фільтрацію «шумів», що дозволяє виокремити унікальну морфологію фасадного декору. Особливу увагу приділено розробці алгоритму віртуальної реконструкції зруйнованих фрагментів будівель, що базується на математичному аналізі геометричної симетрії об'єкта та інтеграції ретроспективних архівних геопросторових даних. Наукова новизна роботи полягає у поєднанні методів цифрової фіксації «реального стану» споруди (з урахуванням її історичних деформацій) із можливістю генерації прецизійних 2D-креслень для відтворення найдрібніших кованих та ліпних елементів. Практична значущість результатів полягає у забезпеченні абсолютної достовірності реставраційних робіт, мінімізації суб'єктивізму при обмірах та суттєвій оптимізації бюджету відновлення завдяки високоточному розрахунку об'ємів матеріалів.

Ключові слова: реверс-інжиніринг; HBIM; наземне лазерне сканування; хмара точок; реставрація пам'яток; архітектурна спадщина; геометрична симетрія; семантичне моделювання; цифрова консервація

Постановка проблеми: Цифровізація архітектурної спадщини в сучасному світі вийшла за межі простого фотографування чи створення візуальних 3D-моделей. Сьогодні на перший план виходить концепція «цифрової консервації», яка базується на технологіях високоточного лазерного сканування та фотограмметрії. На відміну від традиційного проектування «з чистого аркуша», де архітектор оперує ідеальними геометричними формами, реверс-інжиніринг існуючих будівель дозволяє працювати з реальним станом об’єкта, враховуючи його історичні нашарування, зношеність та унікальні деформації, що виникли протягом століть [1].

Технологія переходу «від хмари точок до семантичної реставраційної моделі» є складним процесом інтелектуальної інтерпретації мільйонів координатних вузлів. Кожна точка у хмарі — це зафіксований відбиток фізичної реальності у певний момент часу. Комплексне поєднання дистанційного зондування та тривимірного моделювання дає змогу створити таку цифрову копію, яка не просто імітує зовнішній вигляд, а є математично точною реконструкцією об’єкта у його автентичному стані. Це відкриває безпрецедентні можливості для реставраційної галузі, де кожен міліметр відхилення може мати вирішальне значення для збереження наукової цінності пам'ятки [7].

Актуальність теми дослідження підсилюється трагічними подіями сьогодення в Україні, коли сотні унікальних архітектурних об'єктів піддаються руйнуванню. У таких умовах реверс-інжиніринг стає єдиним надійним методом «архівування» пам’яток. Головна перевага цієї технології полягає в можливості відтворити будь-який об’єкт у властивому лише йому, унікальному вигляді. На відміну від спрощених моделей, які використовують стандартні каталоги елементів, пропонований підхід дозволяє зафіксувати кожну тріщину, кожну унікальну лінію ліпнини чи кривизну стін, що є невід'ємною частиною ідентичності історичної споруди [6].

Це особливо критично для реставрації, де завданням є не будівництво «нового на місці старого», а саме відновлення до стану, що максимально відповідає первісному або найкращому збереженому вигляду. Використання хмари точок як фундаменту для моделювання дозволяє уникнути суб'єктивізму обмірювальника та похибок ручних вимірів. Таким чином, створюється семантична модель, яка є базою для науково обґрунтованої реставрації: від точного відтворення втрачених фрагментів до розрахунку обсягів необхідних матеріалів [5].

Крім того, методика доповнення відсутніх (зруйнованих) фрагментів на основі аналізу симетрії та архівних геопросторових даних дозволяє проводити віртуальну реконструкцію втрачених частин будівлі. Це дає змогу побачити цілісний образ пам'ятки ще до початку фізичних робіт на майданчику [3]. Поєднання фактичних даних сканування з історичними документами забезпечує високу достовірність відбудови, що є ключовою вимогою міжнародних реставраційних хартій (зокрема Венеціанської хартії) щодо збереження автентичності та правдивості об’єктів спадщини .

Метою даної статті є розробка та обґрунтування комплексної технології реверс-інжинірингу, що базується на трансформації неструктурованих хмар точок у семантично насичені моделі HBIM. Дослідження фокусується на методиці створення унікального «цифрового зліпка» будівлі та розробці

алгоритмів відновлення зруйнованих фрагментів будівель на основі аналізу геометричної симетрії та інтеграції архівних геопросторових даних..

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Фундаментальний внесок у розробку концептуального апарату HBIM (Heritage Building Information Modeling) зробив M. Murphy [1], який обґрунтував методику створення параметричних об'єктів на основі поєднання історичних рукописів та точних даних наземного лазерного сканування (TLS). Проблематика точності відтворення унікальної геометрії та збереження автентичності об'єкта детально висвітлена у працях F. Remondino та A. Rizzi [2]. Автори наголошують, що на відміну від стандартного BIM-проектування, реставраційні моделі повинні враховувати реальний стан споруди, включаючи її історичні деформації, крени та зношеність. Питання семантичного збагачення таких моделей та їхньої трансформації у високоякісні інтелектуальні системи досліджували R. Quattrini та ін. [7], акцентуючи на важливості виокремлення архітектурних компонентів із загальних масивів точок для подальшого аналізу.

Сучасний стан галузі характеризується переходом до «Smart HBIM», що висвітлено у системному огляді H. Cui та J. Wu (2025) [3]. Важливим вектором є інтеграція мультиджерельних даних (Data Fusion): Y. Alshawabkeh [12] доводить ефективність поєднання фотограмметрії та TLS, а P. Klapa [14] пропонує методи аналізу геометричних змін об’єктів крізь десятиліття шляхом зіставлення архівних та сучасних просторових даних. Концептуально важливим для України є підхід R. Brumana [8], де HBIM використовується для збереження спадщини після катастрофічних руйнувань. В українському науковому сегменті, зокрема фахівцями КНУБА, активно розробляються методики автоматизації обробки хмар точок та їх інтеграції в містобудівні системи.

Методологія дослідження базується на поетапній трансформації неструктурованих просторових даних у високоточну цифрову копію об'єкта. Основним методом збору інформації визначено наземне лазерне сканування (TLS), що забезпечує надлишкову щільність вимірювань для фіксації найдрібніших елементів фасадного декору та конструктивних особливостей пам'ятки [5].

Ключовим аналітичним методом у роботі виступає алгоритм аналізу геометричної симетрії. Даний метод передбачає математичне зіставлення вцілілих фрагментів будівлі з її зруйнованими частинами. У поєднанні з методом ретроспективного аналізу архівних геопросторових даних, це дозволяє здійснити науково обґрунтоване відновлення втраченої геометрії. Такий підхід гарантує, що відновлений об'єкт буде ідентичним за формою та пропорціями своєму первісному вигляду, зберігаючи унікальність архітектурного почерку конкретної епохи [6].

Виклад основного матеріалу: Процес створення цифрового двійника пам'ятки архітектури є багатоетапним ітераційним циклом, де кожен крок впливає на фінальну точність та інформативність реставраційної моделі.

Етап польових досліджень та препроцесингу даних. Першою ланкою є збір первинної метричної інформації. На відміну від стандартного будівництва, реставраційний реверс-інжиніринг вимагає використання наземних лазерних сканерів (TLS) з високою частотою дискретизації. Основним завданням на цьому етапі є мінімізація «оклюзій» (тіньових зон), які виникають через складну пластику фасадів, наявність ліпнини, колон та карнизів [4].

Після завершення сканування проводиться препроцесинг — очищення даних. З хмари точок видаляються динамічні об'єкти (люди, транспорт), а також атмосферні завади. Особлива увага приділяється реєстрації сканів у єдину систему координат. Як зазначають у своїх дослідженнях S. Logothetis та E. Stylianidis, використання методу ICP (Iterative Closest Point) дозволяє досягти субміліметрового суміщення хмар точок, що є фундаментом для подальшої автентичної реконструкції [5].

Наступний етап — перехід від хмари точок до геометричних примітивів та детальних графічних матеріалів. Цей процес у реставрації є найбільш трудомістким, оскільки історичні будівлі майже не мають ідеально рівних поверхонь або прямих кутів [7]. Замість використання стандартних бібліотек, на цьому етапі проводиться сегментація хмари точок — виділення окремих архітектурних елементів (наприклад, віконних сандриків, балясин або складних капітелей) [13].

Використання високодеталізованих 2D-креслень (ортофотопланів, фасадів, розрізів), отриманих безпосередньо з хмари точок, стає фундаментальною базою для практичної реставрації. На відміну від спрощених геометричних моделей, такі креслення фіксують міліметрові відхилення та деформації, що є критичним для відтворення кованих та декоративних елементів [11]. Саме можливість генерації ортогональних проєкцій високої роздільної здатності дозволяє реставраторам створювати шаблони для відливання ліпнини або виготовлення металевих деталей, що повністю відповідають оригіналу [9]. Такий підхід забезпечує безперервність реставраційного процесу: від цифрової фіксації до фізичного відтворення автентичного вигляду споруди [12].

Важливим етапом є відновлення зон руйнування. Якщо частина будівлі знищена, алгоритм реверс-інжинірингу звертається до аналізу геометричної симетрії об'єкта.

Процес базується на визначенні головних та другорядних осей композиції. При виявленні вцілілих аналогів (наприклад, збереженого правого крила будівлі

при зруйнованому лівому), проводиться операція дзеркальної трансляції масиву точок у зону лакуни. Отриманий результат верифікується шляхом накладання на архівні фотограмметричні знімки або збережені плани фундаментів. Такий підхід, інтегрований у загальний цикл моделювання, дозволяє уникнути гіпотетичних добудов та базуватися виключно на математично обґрунтованих даних [8, 14].

Семантичне наповнення та трансформація в HBIM-модель Кінцевим етапом є перетворення 3D-геометрії на інтелектуальний об’єкт [11]. Кожній стіні, вікну чи елементу декору присвоюються семантичні атрибути:

- Матеріалознавчі дані: фізико-хімічні властивості автентичної цегли чи каменю.
- Хронологічні дані: період побудови, дати попередніх реконструкцій.
- Технічні дані: стан збереженості, наявність тріщин чи вологості, зафіксованих під час сканування.

Згідно з методологією М. Мерфі, така модель перестає бути просто графічним відображенням і стає багаторівневою базою даних [1]. Це дозволяє автоматизувати випуск реставраційної документації (картограми дефектів, відомості об'ємів робіт), що значно підвищує ефективність управління проектами відновлення територій. Схему надано на рисунку 1.

Рис. 1. Схема використання реверс-інжинірингу для реставрації

Результати дослідження: Впровадження запропонованої технології реверс-інжинірингу у практику реставрації дозволяє досягти принципово нової якості відновлення міського середовища. Основним результатом є формування

«цифрового паспорта» об'єкта, що базується на об'єктивних даних лазерного сканування [8].

Технологія реверс-інжинірингу дозволяє сформувати такий пакет документації, який зберігає інформацію не тільки про загальні габарити, а й про індивідуальну пластику кожного елемента. Це означає, що пам'ятка може бути відновлена у її оригінальному вигляді навіть за умови значних фізичних втрат. Завдяки високій щільності хмари точок, креслення відображають найдрібніші деталі, що дозволяє уникнути "типізації" при реставрації. Наявність таких детальних даних забезпечує збереження положення та форми всіх елементів, гарантуючи наукову достовірність відновленої споруди [10].

Процес сканування дозволяє зафіксувати мікрорельєф поверхонь, індивідуальну кривизну арок та специфіку кладки, що є «генетичним кодом» кожної історичної споруди (Рис. 2,3). Це гарантує, що при фізичному відновленні об'єкт не втратить своєї унікальності та не перетвориться на «новобуд» за мотивами оригіналу [12, 13].

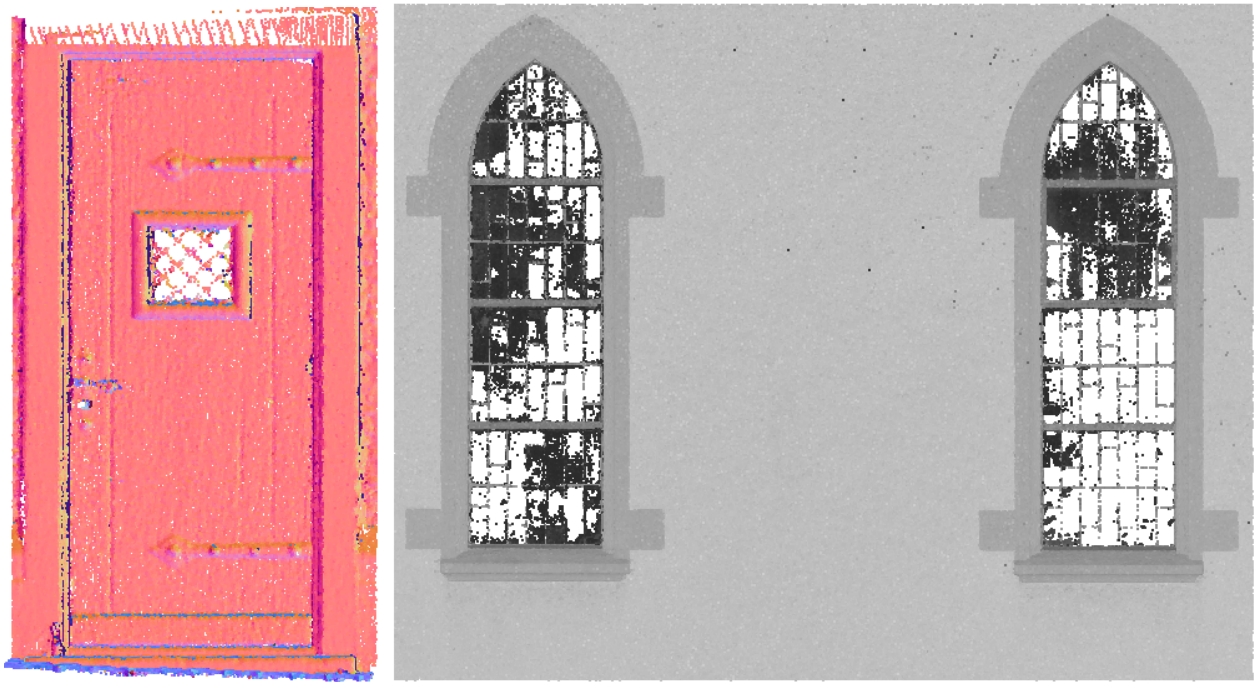


Рис. 2,3. Детальна фіксація елементів декору при реконструкції церкви

Документація, створена за цією методикою, зберігає вичерпні дані про складні архітектурні профілі, елементи орнаменту та ковані вироби. Наявність такої бази даних дозволяє з високою точністю відтворити будь-який втрачений фрагмент, використовуючи його цифровий зліпок як безпосереднє завдання для майстрів-реставраторів або систем автоматизованого виготовлення елементів (Рис. 4,5).

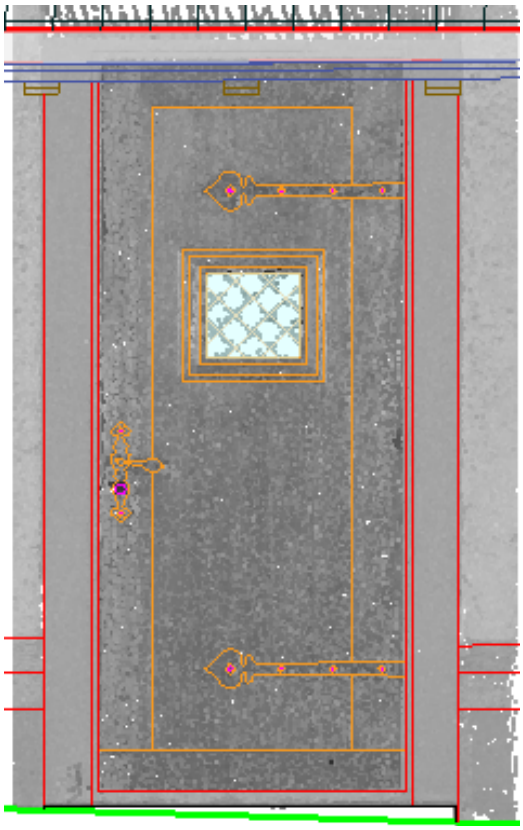


Рис. 4. Детальна фіксація дверного полотна при реконструкції церкви

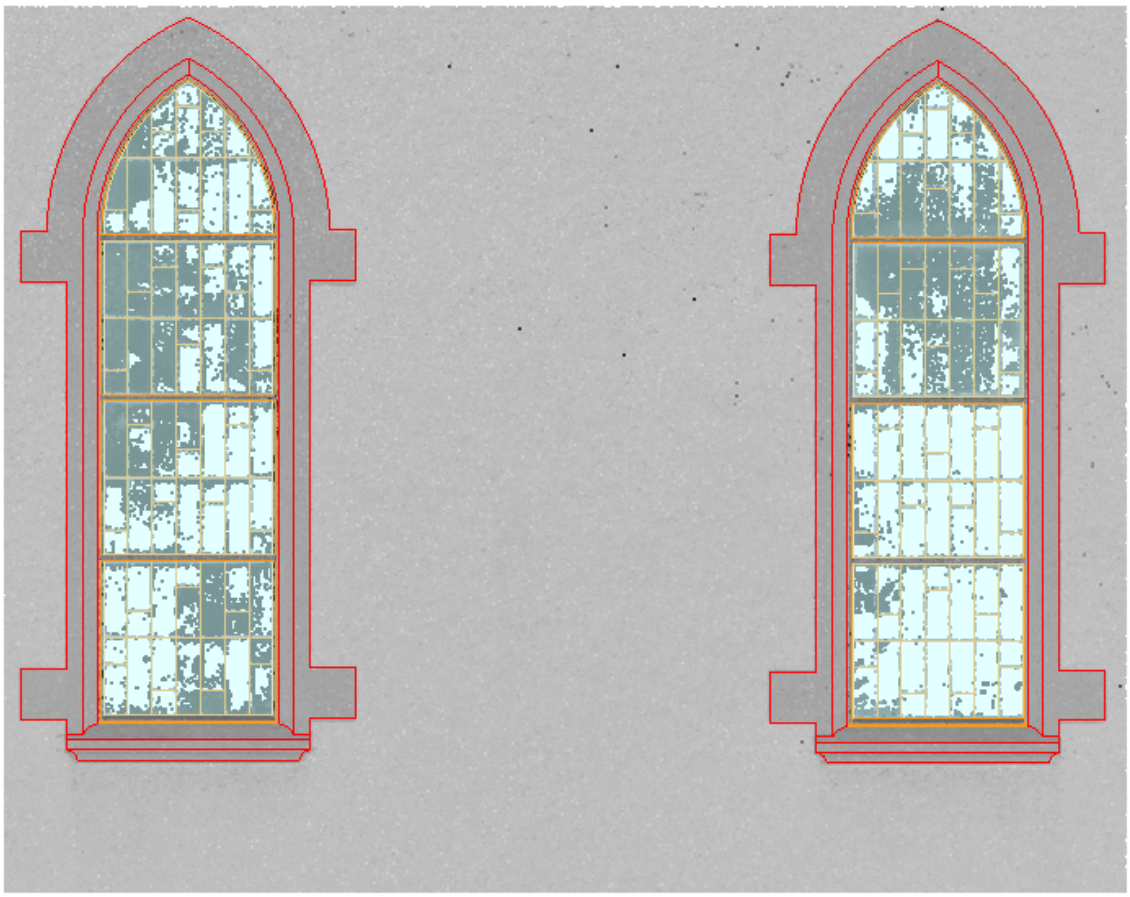


Рис. 5. Документування декоративних елементів вікон при реконструкції церкви

Для порівняння традиційних методів та реверс-інжинірингу наведено таблицю 1.

Таблиця 1.

Порівняльний аналіз традиційних методів обмірів та запропонованої технології реверс-інжинірингу

Параметр порівняння	**Традиційні обміри (ручні/геодезичні)**	**Технологія реверс-інжинірингу (TLS + HBIM)**
Точність та деталізація	Дискретні точки, висока імовірність узагальнень	Суцільна хмара точок, міліметрова точність кожної деталі
Врахування деформацій	Переважно ігноруються або описуються приблизно	Повна фіксація відхилень, кренів та викривлень
Швидкість польового етапу	Тривала (тижні/місяці)	Оперативна (години/дні)
Семантичне наповнення	Відсутнє (тільки графіка)	Інтегрована база даних про матеріали та стан
Відновлення втрат	Гіпотетичне, за аналогами	Математично обґрунтоване (аналіз симетрії)

Створена модель виступає не лише візуальним еталоном, а й надійним джерелом метричної інформації. Завдяки тому, що документація базується на фактичній хмарі точок, виключається фактор людської помилки при знятті розмірів зі складних висотних конструкцій [11].

Можливість накладання проектних рішень на первинну хмару точок дозволяє здійснювати авторський нагляд з безпрецедентною точністю, контролюючи відповідність кожного встановленого елемента його оригінальному прототипу [2].

Наявність детальної форми всіх елементів дозволяє розрахувати об'єми коштовних реставраційних матеріалів (ліпнини, натурального каменю, міді) з високою точністю, що значно оптимізує бюджет відновлювальних робіт.

Інтеграція таких високоточних моделей у містобудівні кадастри та системи моніторингу територій дозволяє не лише реставрувати окремі будівлі, а й зберігати цілісність історичних ареалів міст, забезпечуючи наукову обґрунтованість будь-яких втручань у міське середовище [6].

Висновки. У результаті проведеного дослідження було комплексно обґрунтовано технологічний ланцюжок реверс-інжинірингу як безальтернативного інструменту для цифрової фіксації та наукового відновлення архітектурної спадщини. Встановлено, що інтеграція наземного лазерного сканування у процес реставраційного проектування дозволяє відійти від ідеалізованих моделей на користь створення «цифрових двійників». Такі моделі зберігають автентичні деформації, унікальну пластику фасадів та найдрібніші морфологічні особливості пам’ятки, що гарантує можливість

відновлення об’єкта у його оригінальному вигляді згідно з вимогами міжнародних хартій з охорони спадщини.

Методологічна новизна роботи полягає в обґрунтуванні ефективності методики доповнення втрачених фрагментів будівель через алгоритми аналізу геометричної симетрії у поєднанні з ретроспективним аналізом архівних геопросторових даних. Застосування такого підходу дозволяє верифікувати проектні рішення та уникати суб'єктивних гіпотетичних добудов, базуючи реконструкцію на математично точних екстраполяціях вцілілих частин споруди. Це забезпечує наукову достовірність відновленої геометрії навіть за умови значних фізичних руйнувань об'єкта.

Доведено високу практичну цінність отриманої цифрової документації, яка за своєю деталізацією значно перевищує результати традиційних обмірів. Реверс-інжиніринг забезпечує створення прецизійних 2D-креслень (детальних фасадів, розрізів та планів), що фіксують точне положення та форму навіть найбільш складних декоративних чи кованих елементів. Наявність таких даних дозволяє зберігати «цифровий зліпок» унікальних деталей, що є критично важливим для їхнього подальшого фізичного відтворення майстрами-реставраторами або за допомогою систем автоматизованого виробництва.

Підсумовуючи, слід зазначити, що семантичне наповнення HBIM-моделей створює надійну інформаційну базу для містобудівного моніторингу та планування територій. Використання таких моделей дозволяє суттєво оптимізувати економічні витрати на реставрацію завдяки точному підрахунку об’ємів матеріалів та мінімізації помилок на етапі реалізації проекту. Перспективи подальших досліджень полягають в автоматизації процесів семантичної сегментації хмар точок із застосуванням нейронних мереж, що дозволить ще оперативніше формувати цифрові архіви об’єктів культурної спадщини України в умовах нагальних викликів відбудови.

Список джерел

1. Murphy M., McGovern E., Pavia S. Historic Building Information Modelling (HBIM) // *Structural Survey*. 2009. Vol. 27, № 4. P. 311–327. DOI: https://doi.org/10.1108/02630800910985108.

2. Remondino F., Rizzi A. Reality-based 3D documentation of natural and cultural heritage sites—techniques, problems, and examples // *Applied Geomatics*. 2010. Vol. 2, № 2. P. 85–100. DOI: https://doi.org/10.1007/s12518-010-0025-x.

3. Cui H., Wu J. How architectural heritage is moving to smart: a systematic review of HBIM // *Buildings*. 2025. Vol. 15, № 15. Art. 2664. DOI: https://doi.org/10.3390/buildings15152664.

4. Liu J., Li B. Heritage Building Information Modelling (HBIM): a review of published case studies // *International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*. 2024. Vol. XLVIII-1. P. 387–393. DOI: https://doi.org/10.5194/isprs-archives-XLVIII-1-2024-387-2024.

5. Logothetis S., Delinasiou A., Stylianidis E. Building Information Modelling for Cultural Heritage: A review // *ISPRS Annals of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*. 2015. 2015. Vol. II-5/W3. P. 177–183. DOI: https://doi.org/10.5194/isprsannals-II-5-W3-177-2015.

6. Pocobelli D.P., Boehm J., Bryan P., Still J., Grau-Bové J. BIM for heritage science: a review // *Heritage Science*. 2018. Vol. 6. Art. 30. DOI: https://doi.org/10.1186/s40494-018-0191-4.

7. Quattrini R., Malinverni E. S., Clini P., Nespeca R., Orlietti E. From TLS to HBIM. High quality semantically-aware 3D modeling of complex architecture // *International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*. 2015. Vol. XL-5/W4. P. 367–374. DOI: https://doi.org/10.5194/isprsarchives-XL-5-W4-367-2015.

8. Brumana R., Condoleo P., Previtali M., Banfi F. SCAN to HBIM-Post Earthquake Preservation: Informative Model as Sentinel at the Crossroads of Present, Past, and Future // *Digital Heritage. Progress in Cultural Heritage: Documentation, Preservation, and Protection : proc. EuroMed 2018. /* за ред. M. Ioannides та ін. Cham : Springer, 2018. Vol. 11196. P. 37–51. DOI: https://doi.org/10.1007/978-3-030-01762-0_4.

9. Balletti C., Ballarin M. An Application of Integrated 3D Technologies for Replicas in Cultural Heritage // ISPRS International Journal of Geo-Information. 2019. Vol. 8, № 6. Art. 285. DOI: https://doi.org/10.3390/ijgi8060285.

10. Dore C., Murphy M. Semi-automatic modelling of building façades with shape grammars using historic building information modelling // *International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*. 2013. Vol. XL-5/W1. P. 57–64. DOI: https://doi.org/10.5194/isprsarchives-XL-5-W1-57-2013.

11. Rocha G., Mateus L., Fernández J., Ferreira V. A Scan-to-BIM Methodology Applied to Heritage Buildings // *Heritage*. 2020. Vol. 3, № 1. P. 47–67. DOI: https://doi.org/10.3390/heritage3010004.

12. Alshawabkeh Y., Baik A. Integration of photogrammetry and laser scanning for enhancing scan-to-HBIM modeling of Al Ula heritage site // *Heritage Science*. 2023. Vol. 11. Art. 147. DOI: https://doi.org/10.1186/s40494-023-00997-2.

13. Oreni D., Brumana R., Georgopoulos A., Cuca B. HBIM for conservation and management of built heritage: towards a library of vaults and wooden bean floors // *ISPRS Annals of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*. 2013. Vol. II-5/W1. P. 215–221. DOI: https://doi.org/10.5194/isprsannals-II-5-W1-215-2013.

14. Klapa P., Żygadło A., Pepe M. 3D Heritage Reconstruction Through HBIM and Multi-Source Data Fusion: Geometric Change Analysis Across Decades // *Applied Sciences*. 2025. Vol. 15, № 16. Art. 8929. DOI: https://doi.org/10.3390/app15168929.

PhD student **Tomashevskyi Vladyslav,**
Kyiv National University of Construction and Architecture

REVERSE ENGINEERING TECHNOLOGY: FROM POINT CLOUD TO SEMANTIC RESTORATION MODEL

The article presents a comprehensive study of the reverse engineering technological chain as a tool for preserving the authenticity of architectural heritage in Ukraine amidst modern challenges. The author substantiates the process of transforming large arrays of unstructured terrestrial laser scanning data (point clouds) into semantically rich object-oriented HBIM (Heritage Building Information

Modeling) models. The methodology of data preprocessing, including segmentation and noise filtering, which allows for isolating the unique morphology of facade decor, is considered. Particular attention is paid to the development of an algorithm for the virtual reconstruction of destroyed building fragments based on the mathematical analysis of the object's geometric symmetry and the integration of retrospective archival geospatial data. The scientific novelty of the work lies in combining methods of digital fixation of the "real state" of the building (taking into account its historical deformations) with the possibility of generating precision 2D drawings for the reproduction of the finest forged and molded elements. The practical significance of the results lies in ensuring the absolute reliability of restoration work, minimizing subjectivity during measurements, and significantly optimizing the restoration budget due to high-precision calculation of material volumes.

Keywords: reverse engineering; HBIM; terrestrial laser scanning; point cloud; heritage restoration; architectural heritage; geometric symmetry; semantic modeling; digital conservation.

REFERENCES

1. Murphy, M., McGovern, E., & Pavia, S. (2009). Historic Building Information Modelling (HBIM). Structural Survey, 27(4), 311–327. https://doi.org/10.1108/02630800910985108. {in English}.

2. Remondino, F., & Rizzi, A. (2010). Reality-based 3D documentation of natural and cultural heritage sites—techniques, problems, and examples. Applied Geomatics, 2(2), 85–100. https://doi.org/10.1007/s12518-010-0025-x. {in English}.

3. Cui, H., & Wu, J. (2025). How architectural heritage is moving to smart: A systematic review of HBIM. Buildings, 15(15), Article 2664. https://doi.org/10.3390/buildings15152664. {in English}.

4. Liu, J., & Li, B. (2024). Heritage Building Information Modelling (HBIM): A review of published case studies. International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, XLVIII-1, 387–393. https://doi.org/10.5194/isprs-archives-XLVIII-1-2024-387-2024. {in English}.

5. Logothetis, S., Delinasiou, A., & Stylianidis, E. (2015). Building Information Modelling for Cultural Heritage: A review. ISPRS Annals of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, II-5/W3, 177–183. https://doi.org/10.5194/isprsannals-II-5-W3-177-2015. {in English}.

6. Pocobelli, D. P., Boehm, J., Bryan, P., Still, J., & Grau-Bové, J. (2018). BIM for heritage science: A review. Heritage Science, 6, Article 30. https://doi.org/10.1186/s40494-018-0191-4. {in English}.

7. Quattrini, R., Malinverni, E. S., Clini, P., Nespeca, R., & Orlietti, E. (2015). From TLS to HBIM. High quality semantically-aware 3D modeling of complex

architecture. International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, XL-5/W4, 367–374. https://doi.org/10.5194/isprsarchives-XL-5-W4-367-2015. {in English}.

8. Brumana, R., Condoleo, P., Previtali, M., & Banfi, F. (2018). Scan-to-HBIM post-earthquake preservation: Informative model as sentinel at the crossroads of present, past, and future. In M. Ioannides et al. (Eds.), Digital heritage. Progress in cultural heritage: Documentation, preservation, and protection (Vol. 11196, pp. 37–51). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-030-01762-0_4. {in English}.

9. Balletti, C., & Ballarin, M. (2019). An Application of Integrated 3D Technologies for Replicas in Cultural Heritage. ISPRS International Journal of Geo-Information, 8(6), 285. https://doi.org/10.3390/ijgi8060285. {in English}.

10. Dore, C., & Murphy, M. (2013). Semi-automatic modelling of building façades with shape grammars using historic building information modelling. International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, XL-5/W1, 57–64. https://doi.org/10.5194/isprsarchives-XL-5-W1-57-2013. {in English}.

11. Rocha, G., Mateus, L., Fernández, J., & Ferreira, V. (2020). A Scan-to-BIM Methodology Applied to Heritage Buildings. Heritage, 3(1), 47-67. https://doi.org/10.3390/heritage3010004. {in English}.

12. Alshawabkeh, Y., & Baik, A. (2023). Integration of photogrammetry and laser scanning for enhancing scan-to-HBIM modeling of Al Ula heritage site. Heritage Science, 11, Article 147. https://doi.org/10.1186/s40494-023-00997-2. {in English}.

13. Oreni, D., Brumana, R., Georgopoulos, A., & Cuca, B. (2013). HBIM for conservation and management of built heritage: towards a library of vaults and wooden bean floors. ISPRS Annals of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, II-5/W1, 215–221. https://doi.org/10.5194/isprsannals-II-5-W1-215-2013. {in English}.

14. Klapa, P., Żygadło, A., & Pepe, M. (2025). 3D Heritage Reconstruction Through HBIM and Multi-Source Data Fusion: Geometric Change Analysis Across Decades. Applied Sciences, 15(16), 8929. https://doi.org/10.3390/app15168929. {in English}.

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 до 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 G17 «Будівництво та цивільна інженерія» спеціальностями, в СПАМ за G17 та G18 спеціальностями, а в Архітектурному віснику КНУБА за G17 спеціальністю.

Готуються необхідні матеріали для переатестації збірників згідно нового положення, яке вступить в дію з червня 2026 р.

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 статті можна надсилати після травня 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. Колектив авторів однієї статті 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, **H-index** (якщо у автора є), повну назву організації (закладу) 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 постанви КМ України від 27 січня 2010 р. за №55. В кінці кожного посилання у фігурних дужках вказати на якій мові опубліковано (наприклад {in Ukranian}). 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; мобільні: +38-067-442-13-41 та +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

Косьмій М.М., Рочняк Ю.А., Яценко В.О., Чередніченко П.П. *Перше в Україні. Рецензія на наукове видання* ……. 3
Осиченко Г.О. *Системна модель будівлі як основа аналізу процесів трансформації* ... 11
Абраменко І.В. *Планувальні прийоми формування прибудинкових територій житлової забудови* …….. 26
Балабанов І.В. *Штучний інтелект як інструмент повернення екологічного боргу архітектурною складовою міст* …….. 38
Бородич Л.В., Савченко О.О. *Комплексна оцінка рекреаційного та реабілітаційного потенціалу території Новосанжарської селищної територіальної громади* …... 57
Васильєв Д.В. *Архітектурно-планувальна класифікація будівель з апартаментами* .. 68
Гомон О.О., Пантюхіна О.Ю. *Еволюція утопічних концепцій екологічного міста та їх вплив на формування сучасних моделей сталого урбанізму* …….. 79
Гомонович С.С., Довганюк А.І. *Містобудівні передумови формування сучасного міста Чернівці* …… 92
Дерпа Р.В.*Трансформація функціонально-планувальної структури сучасної садиби* .. 109
Дурманов В.Ю. *Нормативне регулювання геометричних параметрів міського житла в українських землях на початку XX століття* …… 121
Дюжев С.А. *Феномен зеленої зони міста (метрополісу) як вузол та індикатор ступеня вирішення містобудівних проблем в умовах потреб цивілізаційного відродження України (завдання та вимоги щодо удосконалення містобудівного планування та програмування ландшафтної інфраструктури, приклад м. Києва). Частина IV* ….. 132
Івашко Ю.В., Дмитренко А.Ю. *Еволюція прибуткових будинків Києва наприкінці XIX – на початку XX століть та їх роль у формуванні містобудівного простору* …... 174
Івашко Ю.В., Івашко О.Д., Дмитренко А.Ю., Крупа М. *Композиційно-типологічні особливості прибуткових будинків Києва і їх вплив на художньо-декоративне оздоблення* ……... 186
Карпов Є.Є., Пластара О.П. *Твори мистецтва в архітектурному просторі (скульптура, графіка, живопис)* …….. 198
Купін В.В., Древаль І.В. *Класифікація сучусних багатофункціональних житлових комплексів* …… 208
Михайлик О.О. *Річка як природний містоформуючий фактор* ……... 221
Ніколаєнко В.А., Ніколаєнко В.В., Кобєлєв М.В. *Просторова організація та композиційні особливості сучасних меморіальних комплексів в умовах повоєнної відбудови* …….. 232
Овсянкін О.П., Носаль С.С. *«Транспортні хаби нового покоління в Одесі: модернізація, інтеграція пасажирських перевезень та містобудівні перспективи»* …… 245
Тімохін В.О., Праслова В.О. *Методики гармонізації та образотворення формування артоб'єктів в міському середовищі* …….. 254

Топорков В.Г. *Гуманоїдні роботи у житловому середовищі: архітектурні виклики та перспективи* …….. 264
Устінова І.І., Пєшкова О.О. *Теоретико-правові засади, світові тенденції та досвід організації ветланд-парків: українські перспективи відновлення порушених війною територій* …….. 281
Харченко К.С., Рижова І.С., Сингаївська О.І., Полюшкін С.С., Краснюк А.В. *Ревіталізація промислових прибережних територій як інструмент сталого розвитку та ущільнення міської забудови (на прикладі міста Дніпро)* …….. 296
Шевченко Л.С., Древаль І.В. *Ландшафтні об'єкти як особливий ресурс для оздоровлення людини: еволюція уявлень (Частина 1)* …… 315
Юрійчук Р.Д., Тимофтій В.П. *Архітектура дитячих ігрових майданчиків, як невід`ємна складова доступного середовища* ……. 336

Будівництво та цивільна інженерія

Балабан О.М. *Використання цифрових платформ і BIM-технологій для варіативного управління будівельними циклами* …….. 351
Блонний А.В. *Формування адаптивної системи календарного планування проєктів на основі інтеграції інструментів цифрового прогнозування в умовах стохастичних ризиків* …... 364
Бованенко Д.О. *Формування багаторівневих структурно-аналітичних моделей оцінювання впливу нестабільності ресурсного забезпечення на ефективність реалізації проєктів* .. 377
Іванина О.М. *Розроблення та впровадження цифрово-орієнтованих механізмів управління логістикою постачання матеріалів у промисловому будівництві* … 390
Козак А.А. *Інтегрована система впровадження та багаторівневої оцінки ефективності розробленої моделі* …….. 403
Козак Т.В. *Інженерно-технологічні підходи до виявлення системних дисфункцій і ризиків в організаційно-технологічних системах управління енергоефективністю будівель* ... 415
Кривда К.Є., Красильник Ю.С. *Інтелектуальні технології та програмно-апаратні рішення в системі управління експлуатаційною безпекою будівель і споруд* …. 429
Кузміч Я.Л. *Розроблення інтегрованої системи ключових показників ефективності в контексті оцінювання результативності стратегічного управління* …….. 442
Кучабський К.В. *Локальна пам'ять як чинник міської регенерації: від культурних практик до просторових змін* ……. 455
Лісниченко С.В. *Показники властивостей технічної безпеки підсобних приміщень квартир* …….. 469
Малихін М.О. *Розроблення багаторівневої моделі сценарно-імітаційного аналізу стратегій будівельного девелопменту з урахуванням інерційних ефектів організаційно-технологічних процесів* ……. 477
Микитенко М.Р. *Дослідження конструктивних особливостей та гідродинаміки розподілу рідини в багатодискових розпилювачах із конусною насадкою* ….. 489

Осипов В.О. *Вивчення реакції водія на раптову небезпеку на прикладі 3Д розмітки в умовах населених пунктів* ……. 499
Прусов Д.Е., Жалдак Р.Ю., Приходько О.О. *Управління якістю будівництва через синергію інформаційного моделювання та технічного регулювання: від етапу створення проєктної документації до введення в експлуатацію* ……. 511
Старжинський П.С. *Біоплато як елемент природоорієнтованої інфраструктури урбанізованих прирічкових територій м. Києва* ……... 524
Цимбалістий Ю.В., Клименко М.О. *Комплекс аналітичних підходів і цифрових технологій у забезпеченні ефективності організаційного проєктування* …... 536
Човнюк Ю.В., Чередніченко П.П., Москвітіна А.С., Рибачов С.Г., Васильєва Г.Ю. *Процеси енергоефективного теплопереносу в нелінійних структурованих рідинах ґрунтових теплообмінників при експлуатації теплонасосних систем опалення* ... 548
Чуприна Ю.А. *Когнітивно-орієнтоване інтеграційне моделювання процесів організації будівництва складних інфраструктурних та девелоперських проєктів* …… 580
Щербань М.О., Клименко М.О. *Моделювання ефективних координаційних механізмів у цифровому середовищі на основі поєднання стендап-комунікацій, системного управління беклогом та синхронізації бізнес-процесів* ……. 593

Геодезія та землевпорядкування

Адаменко О.В., Сарбаш О.О., Анненков А.О., Циколенко О.В. *Методика розрахунку точності відділеміра трекера під час його калібрування за допомогою двох інтерферометрів* …….. 606
Бачишин Б.Д. *Визначення показника надійності цегляної димової труби за результатами геодезичних спостережень* ……. 616
Буканов Г.М., Чувпило В.В., Бігун М.В. *Кадастрове забезпечення як інструмент формування прозорого ринку земель сільськогосподарського призначення в умовах цифрової трансформації проблеми та перспективи* 626
Клипа А.В. *Методологія геоінформаційного моніторингу пожеж природно-заповідного фонду в умовах воєнного впливу* …….. 642
Клюка О.М., Міхно П.Б., Шелковська І.М., Якимець Т.А. *Інформаційно-технологічні аспекти використання Autocad Civil 3D для обробки геодезичних вимірювань у процесі проєктування автомобільних доріг* …… 662
Кравчук М.О. *Інтеграція алгоритмів машинного навчання з геоінформаційними системами для оптимізації процедур оновлення кадастрових даних* ……. 681
Манцевич Ю.М., Бондар Г.В. *Вплив змін законодавства на реформування просторового планування та забудови території України* …….. 698
Томашевський В.В. *Технологія реверс-інжинірингу: від хмари точок до семантичної реставраційної моделі* …… 712

До відома авторів збірника «Містобудування та територіальне планування» … 724

Наукове видання

МІСТОБУДУВАННЯ ТА ТЕРИТОРІАЛЬНЕ ПЛАНУВАННЯ

Науково-технічний збірник

Випуск 92

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 №1471 від 26 листопада 2020 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: G**17. 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 та у випусках збірника №81-83, 87, 88, а також у випусках за №1-3, 9 збірника «Просторовий розвиток».

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 25.04.2026 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.