

УДК 69.001.5:004.89:005.8

DOI: 10.30838/UJCEA.2312.241225.112.1214

ПЕРСПЕКТИВИ ОПТИМІЗАЦІЇ БУДІВНИЦТВА ДОСТУПНОГО ЖИТЛА В УМОВАХ ЦИФРОВОЇ ТРАНСФОРМАЦІЇ ГАЛУЗІ

КРАВЧУНОВСЬКА Т. С.¹, *докт. техн. наук, проф.*

БОРОДІН М. О.^{2*}, *канд. техн. наук, доц.*

ОСТАПЮК М. О.³, *маг.*

¹ Кафедра організації і управління будівництвом, Український державний університет науки і технологій, ННІ «Придніпровська державна академія будівництва та архітектури», вул. Архітектора Олега Петрова, 24-а, 49005, Дніпро, Україна, тел. +38 (056) 756-33-66, e-mail: kts789d@gmail.com, ORCID ID: 0000-0002-0986-8995

^{2*} Кафедра організації і управління будівництвом, Український державний університет науки і технологій, ННІ «Придніпровська державна академія будівництва та архітектури», вул. Архітектора Олега Петрова, 24-а, 49005, Дніпро, Україна, тел. +38 (067) 724-96-31, e-mail: borodin.maksym@pdaba.edu.ua, ORCID ID: 0000-0003-0513-3876

³ Кафедра організації і управління будівництвом, Український державний університет науки і технологій, ННІ «Придніпровська державна академія будівництва та архітектури», вул. Архітектора Олега Петрова, 24-а, 49005, Дніпро, Україна, тел. +38 (096) 446-60-91, e-mail: 19036.ostapjuk@365.pgasa.dp.ua, ORCID ID: 0009-0004-3597-7628

Анотація. У статті досліджуються сучасні тенденції та виклики, пов'язані з оптимізацією будівництва доступного житла в Україні в умовах глобальної цифрової трансформації будівельної галузі. З огляду на потребу у повоєнному відновленні, обмеження енергоресурсів, дефіцит трудових ресурсів і зростання вартості матеріалів, проблема забезпечення населення якісним і водночас економічно доступним житлом набула особливої актуальності. Особливу увагу приділено потенціалу цифрових технологій – інформаційного моделювання будівель (BIM), систем штучного інтелекту (AI), хмарних платформ управління даними та інтегрованої аналітики – для підвищення ефективності будівельних процесів і обґрунтованості управлінських рішень. Незважаючи на загально визнану актуальність цих інструментів у світовій практиці, результати дослідження засвідчили їх обмежене застосування в українських реаліях. За допомогою методу колективного експертного оцінювання визначено та проранжовано шістьнадцять ключових факторів, що впливають на вибір організаційно-технологічних рішень при реалізації проектів доступного житла. Встановлено, що найбільший вплив мають саме економічні та ресурсні чинники: вартість матеріалів, витрати на робочу силу, логістика та енергоспоживання. Натомість цифрові технології – зокрема BIM та AI – були оцінені експертами як такі, що мають мінімальний вплив на прийняття практичних рішень. Цей розрив між теоретичним потенціалом цифрових інструментів і їх реальним впливом свідчить про наявність системних бар'єрів: недостатній рівень цифрової грамотності учасників будівництва, нестача кваліфікованих BIM-фахівців, висока вартість впровадження та слабка інтеграція цифрових стандартів у нормативну базу України. У статті наголошується на необхідності комплексної підтримки цифрової трансформації галузі шляхом розвитку освітніх програм, реалізації пілотних проектів та оновлення галузевих регламентів. Отримані результати можуть бути використані девелоперами, фахівцями з управління будівництвом, а також органами державної влади під час формування стратегій повоєнного відновлення та житлової політики.

Ключові слова: *доступне житло; цифровізація; BIM-технології; організаційно-технологічні рішення; штучний інтелект; будівництво; оптимізація; експертне оцінювання*

PROSPECTS FOR OPTIMIZING AFFORDABLE HOUSING CONSTRUCTION IN THE CONTEXT OF DIGITAL TRANSFORMATION OF THE INDUSTRY

KRAVCHUNOVSKA T.S.¹, *Dr. Sc. (Tech.), Prof.*,

BORODIN M.O.^{2*}, *Cand. Sc. (Tech.), Assoc. Prof.*,

OSTAPUK M.O.³, *Stud.*

¹ Department of Organisation and Management in Construction, Ukrainian State University of Science and Technologies, ESI "Prydniprovsk State Academy of Civil Engineering and Architecture", 24-a, Architect Oleh Petrov St., Dnipro, 49005, Ukraine, tel.+38 (056) 756-33-66, e-mail: kts789d@gmail.com, ORCID ID: 0000-0002-0986-8995

^{2*} Department of Organisation and Management in Construction, Ukrainian State University of Science and Technologies, ESI "Prydniprovsk State Academy of Civil Engineering and Architecture", 24-a, Architect Oleh Petrov St., Dnipro, 49005, Ukraine, tel. +38 (067) 724-96-31, e-mail: borodin.maksym@pdaba.edu.ua, ORCID ID: 0000-0003-0513-3876

³ Department of Organisation and Management in Construction, Ukrainian State University of Science and Technologies, ESI “Prydniprovsk State Academy of Civil Engineering and Architecture”, 24-a, Architect Oleh Petrov St., Dnipro, 49005, Ukraine, tel. +38 (096) 446-60-91, e-mail: 19036.ostapyuk@365.pgasa.dp.ua, ORCID ID: 0009-0004-3597-7628

Abstract. This article examines current trends and challenges in optimizing affordable housing construction in Ukraine amid the global digital transformation of the construction industry. In light of post-war recovery, energy resource constraints, labor shortages, and rising material costs, the issue of delivering low-cost, high-quality housing has become a key national priority. The implementation of innovative organizational and technological approaches is becoming increasingly important for addressing these challenges effectively. Particular attention is given to the potential of digital technologies – including Building Information Modeling (BIM), artificial intelligence (AI), cloud-based platforms, and integrated construction analytics – in streamlining construction processes and improving decision-making. Despite their global relevance and successful implementation in international practice, the study reveals that these tools are currently underutilized in the Ukrainian context. Using a method of collective expert evaluation, the authors identified and ranked sixteen key factors influencing the selection of organizational and technological solutions in affordable housing projects. The findings demonstrate that the most influential factors remain predominantly economic and resource-related: cost of materials, labor expenses, logistics, and energy consumption. In contrast, digitalization tools, particularly BIM and AI, were rated as having minimal impact on decision-making processes. This gap between the high theoretical potential of digital tools and their limited practical impact reflects a number of systemic challenges, including insufficient digital literacy among stakeholders, lack of qualified BIM specialists, cost of implementation, and weak integration of digital standards into Ukrainian regulatory frameworks. The study emphasizes the need for systemic support of digital transformation through educational programs, pilot projects, and modernization of industry standards. The results may be useful for developers, policy-makers, and construction professionals involved in post-war reconstruction and sustainable housing strategies.

Keywords: *affordable housing; digitalization; BIM technologies; organizational and technological solutions; artificial intelligence; construction; optimization; expert evaluation*

Постановка проблеми та її актуальність. Проблема забезпечення населення доступним житлом залишається однією з найгостріших соціально-економічних викликів для України, особливо в умовах післявоєнного відновлення, інфляційного тиску, міграційних процесів та дефіциту житлового фонду. Традиційні організаційно-технологічні рішення в будівництві виявляються малоефективними через зростаючі ціни на будматеріали, енергоресурси, нестабільність логістичних ланцюгів і кадрові втрати.

У цьому контексті особливої актуальності набуває пошук і впровадження інноваційних підходів до управління будівництвом житла, які здатні забезпечити зниження вартості, скорочення тривалості будівництва, підвищення якості та передбачуваності проєктів. Світова практика доводить ефективність цифрових технологій – таких як інформаційне моделювання будівель (BIM), системи штучного інтелекту, хмарні платформи управління даними, інтернет речей (IoT) – у досягненні цих цілей [4; 5; 7].

Значною мірою від впровадження таких технологій залежить здатність будівельної галузі оперативно реагувати на потреби

ринку та державні програми з відновлення та розвитку житлової інфраструктури. Водночас в Україні бракує системного узагальнення та практичної адаптації цих інструментів до локальних умов, з урахуванням специфіки ресурсів, нормативної бази та соціальних запитів.

Актуальність дослідження полягає в необхідності наукового обґрунтування ефективних організаційно-технологічних рішень для будівництва доступного житла з урахуванням новітніх технологій та сучасного інструментарію цифрового управління. Запропонований підхід дозволяє сформулювати основу для оптимізації девелоперських проєктів і створення нових стратегій у сфері житлового будівництва.

Метою статті є аналіз інноваційних організаційно-технологічних підходів до будівництва доступного житла з урахуванням впровадження BIM-технологій, AI та автоматизованих систем управління.

Завдання дослідження:

- виявити ключові напрямки цифрової трансформації будівництва;
- визначити фактори, що впливають на вибір технологічних рішень;
- оцінити ступінь їх значущості методом експертного ранжування.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Проблемі формування та обґрунтування раціональних ресурсозберігальних організаційно-технологічних рішень будівництва цивільних будівель присвячено наукові праці А. І. Білокона, Д. Ф. Гончаренка, В. І. Доненка, Е. К. Завадскаса, В. М. Кірнос, О. М. Лівінського, О. І. Менейлюка, О. М. Пшінька, І. А. Соколова, В. І. Торкатюка, О. А. Тугая, В. К. Черненко, І. В. Шумакова, Л. М. Шутенка та інших учених.

Завданню забезпечення надійності та безпечної експлуатації існуючого житлового фонду присвячено праці В. І. Большакова, В. О. Галушко, М. М. Дьоміна, А. Д. Єсипенко, В. Р. Млодецького, О. Ф. Осипова, А. В. Радкевича, М. В. Савицького, С. В. Шатова та інших дослідників.

Питання підвищення інвестиційної привабливості житлового будівництва досліджували В. Ю. Божанова, В. Т. Вечеров, В. О. Поколенко, В. І. Торкатюк, Р. Б. Тянь, С. А. Ушацький та інші.

Проведений аналіз наукової літератури свідчить про активне дослідження цього питання в контексті сучасних викликів та потреб. Цим питанням в контексті в тому числі і цифрової трансформації галузі займалися також такі науковці, як Кравчуновська Т. С., Большаков В. І. Броневицький С. П., Заяць Є. І. та інші [2; 3].

Виклад основного матеріалу дослідження. В статті використані матеріали магістерської кваліфікаційної роботи Остаюка М. О. [6]. Сучасне будівництво доступного житла потребує переосмислення традиційних організаційно-технологічних рішень та впровадження нових підходів до планування, управління та реалізації будівельних проєктів. За умов обмеженості ресурсів, зростаючої вартості матеріалів і енергоносіїв, а також вимог до швидкості та якості будівництва, виникає потреба в таких рішеннях, які б дозволили підвищити ефективність використання

наявних ресурсів, скоротити витрати, зменшити ризики та підвищити передбачуваність результатів.

Інноваційні методи управління будівництвом охоплюють цілу низку напрямів. Це, зокрема, використання цифрових інструментів, автоматизованих систем аналітики й контролю, хмарних платформ для зберігання та спільної роботи з даними, а також впровадження інтелектуальних систем підтримки прийняття рішень. Сукупність таких підходів формує нову парадигму управління будівельними процесами.

В першу чергу хочеться відмітити такі нові технології, як BIM-технології, використання штучного інтелекту та хмарні ресурси. Це безперечно ті шляхи, які дозволяють підвищити доступність житла для широких верств населення за рахунок здешевлення в першу чергу організаційних аспектів реалізації девелоперських проєктів в цілому.

Як вже було сказано, BIM-технології відіграють ключову роль у сучасному будівництві, забезпечуючи комплексне управління будівельним проєктом на всіх етапах життєвого циклу будівлі. Хмарні платформи дозволяють зберігати всі проєктні дані у єдиній системі, забезпечуючи доступність інформації для всіх учасників проєкту. Штучний інтелект у будівництві використовується для прогнозування ризиків, оптимізації витрат та автоматизації процесів. Використання сучасних цифрових технологій дозволяє автоматично перевіряти якість робіт та відповідність будівельним нормам.

Не менш важливо те, що будівництво включає складну логістику матеріалів, обладнання та персоналу і використання спеціалізованих програм дозволяє оптимізувати ці процеси. Все це разом наближає будівництво житла до показників доступного.

В таблиці 1 приведені нові підходи до організації та управлінні процесами будівництва доступного житла в контексті розвитку BIM-технологій та залучення штучного інтелекту.

Таблиця 1

Нові підходи до організації та управління процесами будівництва доступного житла

Перспективний напрямок	Підходи	Пояснення	Приклад
1	2	3	4
Цифровізація управління будівництвом	Використання BIM (Building Information Modeling) у процесах управління	Зниження помилок у проєктуванні та будівництві	У Європі використання BIM знижує витрати на 10–20 % за рахунок більш точного планування та скорочення переробок
		Оптимізація використання матеріалів	
		Спрощення управління кошторисами та бюджетом	
		Підвищення узгодженості між усіма учасниками процесу (інженери, архітектори, будівельники, замовники)	
	Використання хмарних технологій та IoT (Internet of Things)	Датчики для контролю стану конструкцій у реальному часі	Використання IoT у будівництві в США дозволяє скоротити час простою техніки на 20 % та зменшити кількість аварійних ситуацій
		Автоматизований моніторинг матеріалів та обладнання	
		Інтелектуальне управління ресурсами будівельного майданчика	
Автоматизоване управління будівельними процесами	Використання штучного інтелекту (AI) та машинного навчання	Аналіз та прогнозування термінів завершення будівництва	У Китаї AI-системи застосовуються для управління будівельними процесами, що дозволяє скоротити терміни будівництва на 30 %.
		Визначення найкращих технологічних рішень на основі великих даних	
		Автоматизація документообігу та звітності	
	Автоматизовані системи контролю якості та безпеки	Використовуються для аерофотозйомки будівельних майданчиків, аналізу виконаних робіт та оцінки відповідності проєкту	У Великій Британії дрони використовуються для перевірки фасадів будівель, що знижує витрати на контрольні перевірки на 40 %
		Скорочують витрати на інспекцію та підвищують рівень контролю	
	Використання роботизованих технологій	Роботи-муляри – автоматизують процес кладки цегли, скорочуючи час зведення стін	У США та Китаї роботи-муляри викладають до 3000 цеглин за день, що значно перевищує продуктивність людини
		3D друк будівель – дозволяє друкувати житлові будинки за лічені дні	
		Автоматизовані системи для внутрішнього оздоблення – роботи можуть виконувати фарбування, штукатурку та інші оздоблювальні роботи	
Нові підходи до організації будівництва	Модульне будівництво та prefab-технології	Модульні будинки збираються на заводі та транспортуються на місце будівництва, що дозволяє скоротити витрати на 30–50 %	У Сінгапурі prefab-технології використовуються для будівництва соціального житла, що дозволяє значно скоротити терміни проєктів
		Prefab (prefabrication) – виготовлення конструкційних елементів будівлі на виробництві для швидкого монтажу на об'єкті	
	Lean Construction – ощадливе будівництво	Мінімізація витрат та скорочення відходів	Впровадження Lean Construction у європейських країнах дозволяє знизити витрати будівництва на 15–20 % без втрати якості
		Чітке планування процесів	
		Використання лише необхідних ресурсів у потрібний момент	
	Системи автоматизованого управління логістикою	Автоматизовані системи відстеження поставань скорочують ризики затримок у будівництві	Використання програмного забезпечення для управління логістикою у США дозволяє скоротити витрати на транспортування матеріалів на 10–15 %
		Прогнозування потреб у матеріалах за допомогою AI зменшує витрати та запобігає простоюванню	

Незважаючи на високий теоретичний потенціал цифрових технологій у трансформації будівельної галузі, їх реальний вплив на ухвалення організаційно-технологічних рішень у сфері доступного житла вимагає подальшого емпіричного аналізу. Адже важливість технологій — не лише в їх інноваційності, а й у здатності забезпечити практичні переваги для девелоперів, замовників та користувачів житла. Також в дослідженні було цікаво проаналізувати відношення спеціалістів в питанні впливу використання сучасних технологій на економічні, організаційні та технологічні показники будівництва доступного житла.

З метою кількісного оцінювання ступеня впливу різних чинників — як економічних, інфраструктурних, так і технологічних — на вибір організаційно-технологічних рішень у будівництві доступного житла, було проведено узагальнене експертне опитування щодо факторів які потенційно можуть визначати структуру, організацію та пріоритети реалізації відповідних проєктів в умовах України [2].

На основі досліджень організаційно-технологічних рішень будівництва доступного житла були виділені основні фактори, які можуть мати вплив на вибір організаційно-технологічних рішень будівництва доступного житла в умовах України:

- вартість будівельних матеріалів (x_1);
- витрати на робочу силу (x_2);
- витрати на енергоресурси (x_3);
- логістичні витрати (x_4);
- використання локальних (місцевих) матеріалів (x_5);
- застосування сучасних технологій в будівельних роботах (x_6);
- довговічність та енергоефективність (x_7);
- щільність забудови та доступність ділянок (x_8);
- реконструкція та ревіталізація промислових зон (x_9);
- баланс між житлом та робочими місцями (x_{10});
- доступність інженерних комунікацій (x_{11});

- транспортна доступність (x_{12});
- соціальна інфраструктура (x_{13});
- тип ґрунту та рельєф (x_{14});
- екологічні вимоги (x_{15});
- використання BIM-технології і штучного інтелекту (x_{16});

До оцінювання було залучено 20 експертів, до складу яких входили як науковці закладу вищої освіти так і будівельники практики. Застосовано процедуру колективних експертних оцінок. Експертні думки збирали шляхом заочного анкетного опитування. Експертизу здійснювали в один тур. Експертам було надіслано анкету з факторами, розташованими в довільному порядку. Кожному з факторів надано умовне позначення: $x_1, x_2, x_3, \dots, x_{16}$. Експертам було запропоновано розташувати ці фактори в порядку суттєвості їх впливу на організаційно-технологічні рішення при будівництві доступного житла. Для ранжування експерт має розташувати фактори в порядку, який йому видається найбільш доцільним, і присвоїти кожному з них числа натурального ряду — ранги. При цьому ранг 1 відповідає вищому ступеню значущості впливу під час відбору факторів, а ранг N — найменшому. Відповідно порядкова шкала, одержувана в результаті ранжування, повинна задовольняти умову рівності числа рангів N числу ранжованих факторів n . Результати опитування експертів зведено в табл. 2.

На основі даних таблиці визначено коефіцієнт конкордації думок експертів, який дорівнює 0,54, що свідчить про середню узгодженість думок експертів.

$$K_{\text{кон}} = 0,535.$$

Значення коефіцієнта конкордації перевіряється по критерію Пірсона:

$$\chi_p^2 = 151,03.$$

Табличне значення χ^2 -критерію для $P(\chi^2) = 0,05$ та числа ступенів свободи $d.f. = (16-1) = 15$ дорівнює $\chi_{\text{табл.}}^2 = 25,0$.

На основі даних таблиці 2 побудована діаграма сумарних рангів досліджуваних факторів за результатами експертного оцінювання на рисунку.

Таблиця 2

Результати опитування експертів

Експерти	Фактори																Сума
	X ₁	X ₂	X ₃	X ₄	X ₅	X ₆	X ₇	X ₈	X ₉	X ₁₀	X ₁₁	X ₁₂	X ₁₃	X ₁₄	X ₁₅	X ₁₆	
1	6	13	12	1	9	3	4	2	15	5	10	11	14	8	16	7	136
2	1	2	7	6	12	4	3	9	10	13	16	5	15	8	11	14	136
3	1	3	2	6	8	5	13	12	4	15	7	9	10	11	14	16	136
4	8	7	2	11	1	16	5	12	14	10	4	9	3	6	15	13	136
5	1	3	4	2	6	9	8	7	5	10	12	11	13	15	16	14	136
6	1	2	13	7	4	3	12	6	16	15	8	10	5	11	14	9	136
7	1	2	3	4	7	11	9	12	15	13	8	14	10	5	6	16	136
8	1	5	6	4	7	14	8	2	9	12	3	11	10	16	13	15	136
9	1	2	11	8	3	6	4	16	14	13	5	12	15	10	7	9	136
10	2	7	15	10	11	13	12	9	1	14	6	5	4	3	16	8	136
11	5	4	3	2	1	8	12	9	10	13	6	15	14	11	16	7	136
12	1	7	2	6	3	16	5	12	14	10	4	9	15	11	8	13	136
13	1	5	6	10	2	3	4	16	15	14	7	11	12	8	9	13	136
14	1	2	4	6	3	5	9	16	15	14	7	10	8	13	12	11	136
15	1	2	5	10	12	9	6	4	16	8	11	7	3	14	13	15	136
16	4	8	5	6	7	10	9	11	14	13	3	12	2	15	1	16	136
17	1	7	13	6	5	8	15	16	4	2	9	3	12	10	11	14	136
18	4	1	5	8	6	10	11	15	14	3	12	7	2	13	16	9	136
19	1	5	6	2	3	4	12	7	10	16	8	15	13	9	11	14	136
20	5	4	3	2	1	8	12	9	10	13	6	15	14	11	16	7	136
S	47	91	127	117	111	165	173	202	225	226	152	201	194	208	241	240	2720
S _{ср}	2,35	4,55	6,35	5,85	5,55	8,25	8,65	10,1	11,25	11,3	7,6	10,05	9,7	10,4	12,05	12	136
d _j	-89	-45	-9	-19	-25	29	37	66	89	90	16	65	58	72	105	104	
(d _j) ²	7921	2025	81	361	625	841	1369	4356	7921	8100	256	4225	3364	5184	11025	10816	68470

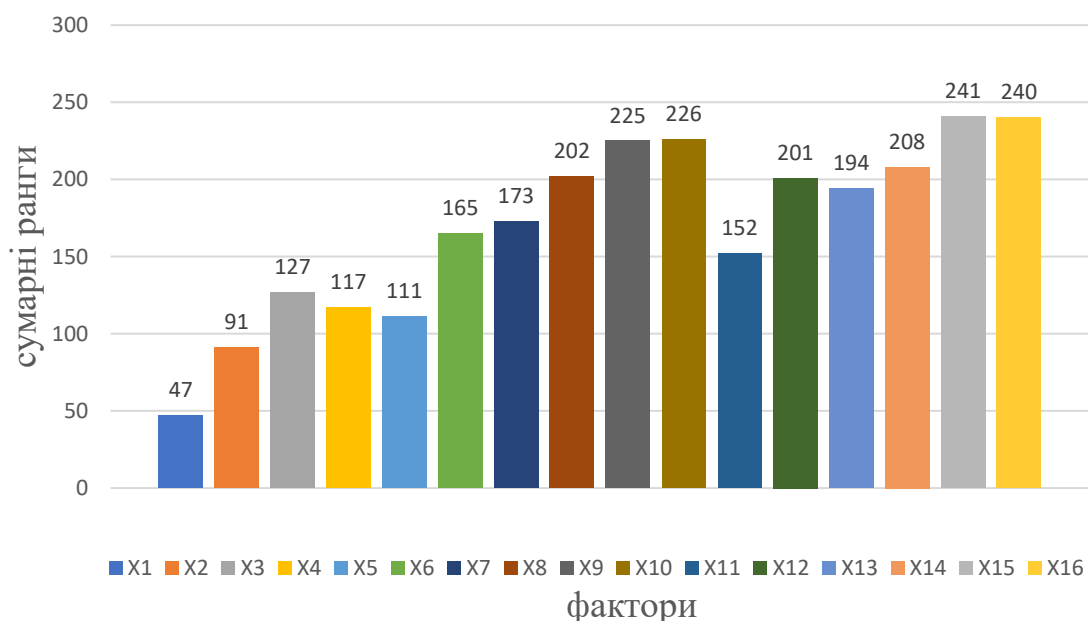


Рис. Діаграма сумарних рангів досліджуваних факторів за результатами експертного оцінювання

Таблиця 3

Фактори, що впливають на вибір організаційно-технологічних рішень в будівництві доступного житла

№ з/п	Фактори	Ступінь впливу на вибір організаційно-технологічних рішень будівництва доступного житла		
		високий	середній	низький
1	вартість будівельних матеріалів (x_1)	+		
2	витрати на робочу силу (x_2)	+		
3	витрати на енергоресурси (x_3)	+		
4	логістичні витрати (x_4)	+		
5	використання локальних (місцевих) матеріалів (x_5)	+		
6	застосування сучасних технологій в будівельних роботах (x_6)		+	
7	довговічність та енергоефективність (x_7)		+	
8	щільність забудови та доступність ділянок (x_8)			+
9	реконструкція та ревіталізація промислових зон (x_9)			+
10	баланс між житлом та робочими місцями (x_{10})			+
11	доступність інженерних комунікацій (x_{11})		+	
12	транспортна доступність (x_{12})			+
13	соціальна інфраструктура (x_{13})			+
14	тип ґрунту та рельєф (x_{14})			+
15	екологічні вимоги (x_{15})			+
16	використання BIM-технології і штучного інтелекту (x_{16})			+

Висновки

У результаті дослідження було проаналізовано спектр організаційно-технологічних рішень, які використовуються або можуть бути ефективно впроваджені в будівництві доступного житла в умовах цифрової трансформації галузі. Проведено експертне ранжування шістнадцяти ключових факторів, що впливають на вибір таких рішень, зокрема — вартісні, ресурсні, просторові, технологічні та цифрові аспекти.

Згідно з узагальненими результатами експертного опитування, до факторів із найвищим ступенем впливу віднесено: вартість будівельних матеріалів, витрати на робочу силу, енергоресурси, логістичні витрати та доступність локальних матеріалів. Це свідчить про пріоритетність економічних чинників у процесі прийняття рішень щодо реалізації проєктів доступного житла в українських реаліях.

Натомість фактор використання BIM-технологій, штучного інтелекту та цифрових інструментів управління (x_{16}), попри свою

теоретичну ефективність та загальновизнану інноваційність, посів одне з останніх місць у рейтингу експертної значущості.

Цей факт може свідчити про розрив між потенціалом цифрових технологій у будівництві та їх реальним впливом на ухвалення рішень у вітчизняній практиці, що зумовлено такими чинниками:

- обмеженим рівнем цифрової культури управління в будівельних компаніях;
- браком кваліфікованих фахівців у сфері BIM;
- недоступністю або високою вартістю програмного забезпечення;
- інерційністю нормативної бази та технологічного ланцюга.

Таким чином, подальші дослідження повинні бути спрямовані не лише на оптимізацію технологічних рішень, а й на пошук шляхів підвищення впроваджуваності цифрових інструментів у процеси проєктування, будівництва та експлуатації житла, зокрема — через освітні ініціативи, оновлення стандартів та підтримку інноваційних пілотних проєктів.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Анін Б. І., Пастухова С. В., Білов Ю. О., Метеленко Н. Г. Інноваційні інформаційні технології як вдосконалення організаційних процесів будівництва. *Мости та тунелі : теорія, дослідження, практика*. 2023. № 23. С. 5–16. DOI: 10.15802/bttrp2023/281073.
2. Большаков В. І., Кравчуновська Т. С., Броневицький С. П. Фактори, що здійснюють визначальний вплив на показники ефективності організаційно-технологічних рішень будівництва доступного житла. *Вісник Придніпровської державної академії будівництва та архітектури*. 2016. № 5 (218). С. 61–70.
3. Зайко О. М., Заяць Є. І. Аналіз організаційно-технологічних рішень будівництва малоповерхових житлових будівель з урахуванням раціонального споживання енергоресурсів. *Український журнал будівництва та архітектури*. 2025. № 1. С. 97–105.
4. Кулік М. В., Куліш С. О., Іщенко С. С. Впровадження новітніх цифрових програмних комплексів на базі BIM-технологій у будівництві України. *Науковий вісник будівництва*. 2020. Т. 100, № 2. С. 301–305. URL: <https://svc.kname.edu.ua/index.php/svc/article/view/360>
5. Кушнір С. І., Бондар О. А., Поколенко В. О. Застосування BIM-технологій для потреб моделювання циклу будівельного проєкту та адміністрування. *Мости та тунелі: теорія, дослідження, практика*. 2019. DOI: 10.15802/bttrp2019/172376.
6. Остапюк М. О. Формування і вибір організаційно-технологічних рішень будівництва доступного житла: магістерська кваліфікаційна робота. Дніпро : УДУНТ, ННІ ПДАБА, 2025. 98 с.
7. Brad Hardin, Dave McCool, Wiley-Blackwell. BIM and Construction Management : Proven Tools, Methods, and Workflows. 2nd ed. 2015. 416 p.
8. Demian P., Hassan T. M., Kalmykov O., Demianenko I., Makarov R. BIM Implementation in Post-War Reconstruction of Ukraine. *Buildings*. 2024. Vol. 14, № 11. Art. 3495. DOI: 10.3390/buildings14113495. URL: <https://www.mdpi.com/2075-5309/14/11/3495>

REFERENCES

1. Anin B.I., Pastukhova S.V., Bilov Yu.O. and Metelenko N.H. *Innovatsiini informatsiini tekhnologii yak vdoskonalennia orhanizatsiinykh protsesiv budivnytstva* [Innovative information technologies as an improvement of organizational processes in construction]. *Mosty ta tuneli : teoriia, doslidzhennia, praktyka* [Bridges and tunnels: theory, research, practice]. 2023, no. 23, pp. 5–16. DOI: 10.15802/bttrp2023/281073. (in Ukrainian).
2. Bolshakov V.I., Kravchunovska T.S. and Bronevitskyi S.P. *Faktory, shcho zdiisniuiut vyznachalniy vplyv na pokaznyky efektyvnosti orhanizatsiino-tekhnolohichnykh rishen budivnytstva dostupnoho zhytla* [Factors that have a decisive influence on the efficiency indicators of organizational and technological solutions for the construction of affordable housing]. *Visnyk Prydniprovskoi derzhavnoi akademii budivnytstva ta arkhitektury* [Bulletin of the Prydniprovsk State Academy of Civil Engineering and Architecture]. 2016, no. 5 (218), pp. 61–70. (in Ukrainian).
3. Zaiko O.M. and Zaiats Ye.I. *Analiz orhanizatsiino-tekhnolohichnykh rishen budivnytstva malopoverkhovyykh zhytlovykh budivel z urakhuvanniam ratsionalnoho spozhyvannia enerhoresursiv* [Analysis of organizational and technological solutions for the construction of low-rise residential buildings taking into account the rational consumption of energy resources]. *Ukrayins'kyi zhurnal budivnytstva ta arkhitektury* [Ukrainian Journal of Civil Engineering and Architecture]. 2025, no. 1, pp. 97–105. (in Ukrainian).
4. Kulik M.V., Kulish S.O. and Ishchenko S.S. *Vprovadzhennia novitnikh tsyfrovyykh prohramnykh kompleksiv na bazi BIM tekhnologii u budivnytstvi Ukrainy* [Introduction of the latest digital software packages based on BIM technologies in the construction of Ukraine]. *Naukovyi visnyk budivnytstva* [Scientific Bulletin of Construction]. 2020, vol. 100, no. 2, pp. 301–305. URL: <https://svc.kname.edu.ua/index.php/svc/article/view/360> (in Ukrainian).
5. Kushnir S.I., Bondar O.A., Pokolenko V.O. and oth. *Zastosuvannia BIM tekhnologii dlia potreb modeliuvannia tsyklu budivelnoho proiektu ta administruvannia* [Application of BIM technologies for the needs of modeling the construction project cycle and administration]. *Mosty ta tuneli : teoriia, doslidzhennia, praktyka* [Bridges and tunnels : theory, research, practice]. 2019. DOI: 10.15802/bttrp2019/172376. (in Ukrainian).
6. Ostapiuk M.O. *Formuvannia i vybir orhanizatsiino-tekhnolohichnykh rishen budivnytstva dostupnoho zhytla : mahisterska kvalifikatsiina robota* [Formation and selection of organizational and technological solutions for the construction of affordable housing : master's thesis]. Dnipro : USUST, ESA PSACEA, 2025, 98 p. (in Ukrainian).
7. Brad Hardin, Dave McCool, Wiley-Blackwell. BIM and Construction Management : Proven Tools, Methods, and Workflows. 2nd edition, 2015, 416 p.
8. Demian P., Hassan T. M., Kalmykov O., Demianenko I. and Makarov R. BIM Implementation in Post War Reconstruction of Ukraine. *Buildings*. 2024, vol. 14, no. 11, article 3495. DOI: 10.3390/buildings14113495. URL: <https://www.mdpi.com/2075-5309/14/11/3495>

Надійшла до редакції: 12.09.2025.