

УДК 69.003

DOI: 10.30838/UJCEA.2312.051125.82.1194

СУЧАСНІ ЦИФРОВІ ПІДХОДИ ДО ОРГАНІЗАЦІЙНО-ТЕХНОЛОГІЧНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЗВЕДЕННЯ БУДІВЕЛЬ ТА СПОРУД

МИХАЙЛИК Д. В.¹, асп.,

СОКОЛОВ І. А.^{2*}, докт. техн. наук, проф.

¹ Кафедра організації і управління будівництвом, Український державний університет науки і технологій, ННІ «Придніпровська державна академія будівництва та архітектури», вул. Архітектора Олега Петрова, 24-а, 49005, Дніпро, Україна, тел.+38 (097) 733-48-08, e-mail: dima.mykhailiyk@gmail.com, ORCID ID: 0009-0008-3951-2763

^{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) 628-77-77, e-mail: sokolov.ihor@pdaba.edu.ua; sokolov.ihor@365.pdaba.edu.ua, ORCID ID: 0000-0001-8366-4301

Анотація. Постановка проблеми. У статті розглядаються актуальні питання удосконалення науково-методичних основ формування організаційно-технологічних рішень будівництва споруд із використанням сучасного інформаційного забезпечення. В умовах динамічного розвитку будівельної галузі та зростання вимог до якості, термінів і вартості виконання проєктів, ефективні організаційно-технологічні рішення стають критичним фактором успіху. Традиційні підходи до управління будівельними процесами часто не відповідають сучасним вимогам і можливостям, що обмежує потенціал будівельних підприємств у досягненні стратегічних цілей. Використання сучасного інформаційного забезпечення, такого як системи BIM (Building Information Modeling), автоматизовані системи управління будівельними процесами та цифрові платформи, дозволяє значно підвищити ефективність планування, контролю та реалізації будівельних проєктів. **Мета дослідження.** Стаття спрямована на розвиток науково-методичних підходів до формування організаційно-технологічних рішень у будівництві, що ґрунтуються на інтеграції сучасних інформаційних технологій. Дослідження передбачає розробку ефективних моделей управління будівельними процесами, оптимізацію ресурсного планування, а також впровадження інноваційних методів моніторингу та контролю будівельних робіт. Особлива увага приділяється застосуванню технологій віртуального моделювання, аналізу даних у реальному часі та інтеграції різних систем управління у єдину цифрову екосистему будівельного проєкту. **Методологія.** Для досягнення поставлених завдань використовуються методи системного аналізу, математичного моделювання будівельних процесів, а також методи експертного оцінювання. Проведено аналіз існуючих організаційно-технологічних рішень із застосуванням сучасних інформаційних систем, а також досліджено їх вплив на ефективність будівельного виробництва. Важливе місце у дослідженні займає вивчення реальних кейсів успішного впровадження інформаційних технологій у будівельні проєкти. **Висновки.** Результати дослідження демонструють значний потенціал удосконалення організаційно-технологічних рішень завдяки впровадженню сучасних інформаційних технологій. Запропоновані методи та підходи дозволяють знизити витрати ресурсів, скоротити терміни будівництва та підвищити якість виконання робіт. Стаття робить вагомий внесок у розвиток наукових підходів до управління будівельними процесами та пропонує практичні рекомендації для їх впровадження на рівні підприємств і проєктів.

Ключові слова: організаційно-технологічні рішення; будівництво; інформаційне забезпечення; BIM; оптимізація; цифрові технології

MODERN DIGITAL APPROACHES TO ORGANIZATIONAL AND TECHNOLOGICAL SUPPORT FOR THE CONSTRUCTION OF BUILDINGS AND STRUCTURES

MYKHAILYK D.V.¹, Postgrad. Stud.,

SOKOLOV I.A.^{2*}, Dr. Sc. (Tech.), Prof.

¹ Department of Organization 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 (097) 733-48-08, e-mail: dima.mykhailiyk@gmail.com, ORCID ID: 0009-0008-3951-2763

^{2*} Department of Organization 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) 628-77-77, e-mail: sokolov.ihor@pdaba.edu.ua; sokolov.ihor@365.pdaba.edu.ua, ORCID ID: 0000-0001-8366-4301

Abstract. Problem Statement. The article addresses current issues in improving the scientific and methodological foundations for developing organizational and technological solutions in construction projects using modern information technologies. In the context of the dynamic development of the construction industry and increasing demands for quality, deadlines, and project costs, effective organizational and technological solutions are becoming a critical success factor. Traditional approaches to managing construction processes often fail to meet modern requirements and capabilities, limiting the potential of construction enterprises in achieving strategic goals. The use of modern information technologies, such as Building Information Modeling (BIM) systems, automated construction process management systems, and digital platforms, significantly enhances the efficiency of planning, monitoring, and implementing construction projects. **The purpose of this study.** The article focuses on developing scientific and methodological approaches to forming organizational and technological solutions in construction, based on integrating modern information technologies. The research involves developing effective models for managing construction processes, optimizing resource planning, and implementing innovative monitoring and control methods. Special attention is paid to applying virtual modeling technologies, real-time data analysis, and integrating various management systems into a unified digital ecosystem for construction projects. **Methodology.** To achieve the stated objectives, methods of systems analysis, mathematical modeling of construction processes, and expert evaluation methods are employed. The study analyzes existing organizational and technological solutions utilizing modern information systems and examines their impact on construction efficiency. A significant part of the research focuses on studying real case studies of successful implementations of information technologies in construction projects. **Conclusions.** The research results demonstrate the significant potential for improving organizational and technological solutions through the adoption of modern information technologies. The proposed methods and approaches reduce resource costs, shorten construction timelines, and improve work quality. The article makes an important contribution to developing scientific approaches to managing construction processes and offers practical recommendations for implementation at both enterprise and project levels.

Keywords: *organizational and technological solutions; construction; information technologies; BIM; optimization; digital technologies*

Постановка проблеми. У сучасних умовах повномасштабної війни в Україні та необхідності швидкої післявоєнної відбудови гостро постає потреба в удосконаленні науково-методичних засад формування організаційно-технологічних рішень у будівництві. Масштабні руйнування інфраструктури, обмежені ресурси, складна логістика та вимоги до оперативного і якісного виконання робіт зумовлюють необхідність нових підходів до управління будівельними проектами.

Традиційні методи організації та планування будівництва виявилися малоефективними в умовах високої динаміки, нестабільності та необхідності пришвидшеного темпу реалізації проектів. Однією з ключових проблем залишається недостатнє впровадження сучасних цифрових технологій, таких як BIM, платформи управління ресурсами, аналітичні інструменти для прогнозування ризиків, що призводить до неузгодженості між учасниками проєкту, помилок у плануванні та втрати часу і ресурсів.

Координація між етапами будівельного процесу часто є фрагментованою, що спричиняє затримки, перевитрати та неефективне використання матеріалів. Особливо це відчутно у відбудовчих проєктах, де важливо швидко адаптуватися до змін і забезпечити гнучке управління даними та процесами.

Для подолання цих викликів необхідно розробити науково обґрунтовані методичні підходи, що передбачають комплексну цифровізацію будівельної галузі, інтеграцію інноваційних технологій, підвищення рівня комунікації між учасниками та створення ефективних інструментів оперативного прийняття рішень. Це дозволить забезпечити якісне та стійке відновлення інфраструктури України.

Мета дослідження. Метою цієї статті є аналіз поточного стану організаційно-технологічних процесів у будівництві, оцінка існуючих методів управління логістикою та ресурсами, а також виявлення основних проблем і викликів. Особлива увага приділяється впровадженню інноваційних

технологій, таких як IoT, автоматизоване управління запасами та штучний інтелект (AI) для прогнозування потреб у матеріалах. Мета полягає у розробці ефективних підходів, що забезпечать оптимізацію процесів планування, підвищення ефективності, скорочення витрат і термінів реалізації будівельних проєктів, а також у створенні конкретних рекомендацій для успішного впровадження сучасних інформаційних технологій у будівельній галузі.

Аналіз публікацій. Було розглянуте дослідження науковцями з Німеччини, зосереджене на систематичному аналізі інтеграції технологій доповненої (AR) та віртуальної реальності (VR) з інформаційним моделюванням будівель (BIM) у різних фазах життєвого циклу будівельних об'єктів: дизайні, будівництві та експлуатації [1]. Методологія дослідження включала систематичний огляд літератури з використанням бази даних Scopus, де за ключовими словами, пов'язаними з BIM, AR та VR, було відібрано 32 релевантні публікації з 447 за період 2017–2022 років. Класифікація проводилася за фазами життєвого циклу будівель, типами пристроїв і конкретними випадками використання. Автори визначили п'ять основних категорій застосування AR/VR у BIM: планування, огляд і забезпечення якості, керівництво завданнями, безпека та навчання [1]. Було встановлено, що VR переважає у фазі дизайну, де використовується для архітектурних оглядів і інтер'єрного моделювання, тоді як AR домінує у фазах будівництва та експлуатації, де він забезпечує контроль за якістю, керівництво завданнями та технічне обслуговування. Дослідження також виявило проблеми з точністю трекінгу AR на будівельних майданчиках та потенційні ризики, пов'язані з кібербезпекою VR-рішень. Найбільша увага у розглянутих роботах приділяється будівельному етапу, де AR активно використовується для перевірки відповідності проєктним вимогам, моніторингу прогресу будівництва та підтримки виконання конкретних завдань

[1]. У фазі експлуатації AR демонструє ефективність у навігації на об'єктах та у процесах технічного обслуговування, дозволяючи знаходити несправності та надавати покрокові інструкції для їх усунення. Автори наголошують, що майбутні дослідження повинні зосередитися на поглибленому вивченні фази експлуатації, інтеграції AR/VR із технологіями Інтернету речей (IoT), підвищенні точності трекінгу AR для роботи на будівельних майданчиках та на проведенні прямого порівняння ефективності AR і VR у різних випадках використання [1].

У статті «Examining the Position of Building Information Modeling (BIM) Technology in Different Dimensions of Building Smartness» автори досліджують вплив технології інформаційного моделювання будівель (BIM) на різні аспекти інтелектуального будівництва, управління ризиками, підвищення безпеки та зниження енергоспоживання в будівельних проєктах [2]. Основною метою дослідження є аналіз ролі BIM у підвищенні ефективності будівельних процесів шляхом інтеграції сучасних технологій управління даними, візуалізації та моделювання. Дослідження базується на комбінованому підході, що включає системний аналіз, огляд існуючих методів впровадження BIM, а також моделювання сценаріїв для оцінки ефективності BIM у ключових напрямках будівництва [2].

Автори детально розглянули дві основні методології застосування BIM: централізований підхід (central tank method), де всі дані проєкту зберігаються в єдиній базі даних, та розширений підхід (extended reservoir method), що передбачає інтеграцію незалежних баз даних через механізм інтероперабельності. У дослідженні акцентовано увагу на впливі BIM на етапах до будівництва, під час будівництва та після завершення проєкту, що охоплює проєктування, управління матеріалами, планування графіків робіт і контроль якості. Було продемонстровано, що BIM дозволяє проводити ефективний аналіз проєктних рішень за допомогою 3D-візуалізації, 4D-

планування та 5D-оцінки витрат, що допомагає виявляти потенційні конфлікти ще на етапі проєктування та мінімізувати їх вплив на будівельний процес [2].

Дослідники також розглянули роль BIM у підвищенні безпеки будівельних робіт. Завдяки можливостям візуалізації, BIM дозволяє ідентифікувати потенційні ризики та небезпечні зони на будівельному майданчику ще до початку фізичних робіт. Інтеграція з хмарними технологіями дозволяє забезпечити ефективний обмін інформацією між усіма учасниками будівельного процесу, включаючи архітекторів, інженерів, менеджерів проєкту та підрядників. Також було досліджено можливість використання BIM для зниження енергоспоживання завдяки симуляції енергоефективності будівель, аналізу систем освітлення та прогнозуванню споживання ресурсів [2].

У сфері управління ризиками BIM дозволяє створити базу даних ризиків, що включає як внутрішні, так і зовнішні ризики будівельного проєкту. Дослідження показало, що використання BIM сприяє ранньому виявленню ризиків і впровадженню превентивних заходів для їх мінімізації. Також було продемонстровано, що BIM може бути використаний для створення інтелектуальних систем управління будівлею, що дозволяє інтегрувати дані про стан будівельних об'єктів у реальному часі, забезпечуючи кращий контроль над ресурсами [2].

У статті «Do you need a blockchain in construction? Use case categories and decision framework for DLT design options» автори досліджують потенціал Distributed Ledger Technology (DLT) – технології розподіленого реєстру та її застосування в будівельній галузі. Метою дослідження є подолання розриву між теоретичними можливостями DLT та її практичною реалізацією в будівництві. Автори аналізують існуючі випадки використання DLT у будівельних проєктах, класифікують їх за категоріями та пропонують рамкову модель для вибору відповідного типу DLT залежно від конкретних вимог до проєкту [3].

Дослідження побудоване на систематичному огляді літератури, що охоплює 24 потенційні випадки використання DLT у будівництві, які згруповано у сім основних категорій: внутрішнє адміністративне використання, автоматизація транзакцій між учасниками за допомогою смарт-контрактів, незмінний запис транзакцій, незмінний запис активів та власності, токени як платіжний або мотиваційний інструмент, децентралізовані застосунки (DApps) та децентралізовані автономні організації (DAOs). Кожна категорія відповідає певній цінності DLT, наприклад, підвищенню прозорості, ефективності або автоматизації бізнес-процесів [3].

У рамках дослідження було розроблено триетапну модель прийняття рішень щодо впровадження DLT. Перший етап відповідає на запитання: «Чи потрібен DLT для цього випадку використання?». Тут оцінюється необхідність зберігання даних, кількість авторів змін у системі, можливість використання третьої довіреної сторони (ТТР) та рівень довіри між учасниками. На другому етапі визначається, який саме тип DLT (публічний, приватний, з дозволами або без них) є найбільш відповідним для конкретного випадку, враховуючи такі критерії, як доступ до даних, необхідність прозорості та контроль функцій на рівні протоколу. Третій етап передбачає врахування додаткових технічних обмежень, таких як продуктивність, обсяг зберігання даних, взаємодія з іншими системами, конфіденційність, підтримка смарт-контрактів та структура витрат [3].

У дослідженні показано, що DLT може значно підвищити прозорість і довіру між учасниками будівельних проєктів, а також автоматизувати адміністративні процеси та контроль виконання робіт. Зокрема, можливості смарт-контрактів дозволяють автоматизувати транзакції, контролювати виконання контрактних зобов'язань та забезпечувати достовірність даних у реальному часі. Проте автори підкреслюють, що у багатьох випадках існує можливість використання третьої довіреної сторони, що

робить впровадження DLT не обов'язковим. Використання DLT є виправданим у випадках, коли потрібна децентралізація, висока прозорість та автоматизація складних процесів [3].

Результати дослідження вказують на значний потенціал DLT для оптимізації ланцюгів поставок, автоматизації адміністративних завдань та створення децентралізованих рішень для управління даними у будівельних проєктах. Водночас, автори закликають до подальших досліджень, особливо у контексті створення прототипів та впровадження DLT у реальних проєктах для кількісного вимірювання їхньої ефективності [3].

Фахівці з Індії досліджують можливості впровадження інтегрованої інформаційної системи для управління виробничими процесами в будівництві. Основна увага приділена створенню автоматизованої системи на основі SCADA (Supervisory Control and Data Acquisition), яка здатна інтегрувати планування, моніторинг, контроль і виконання завдань, забезпечуючи повний цикл управління будівельним процесом. Метою дослідження є розробка інструментарію, що дозволяє усунути основні проблеми будівельного виробництва, такі як недостатня координація, відсутність прозорості, низький рівень стандартизації процесів і неефективне управління ресурсами [4].

Методологія дослідження базується на поєднанні методів Lean Construction, технологій SCADA, машинного навчання, LiDAR, BIM, а також застосуванні принципів «Genchi Genbutsu» (йди до джерела і отримай факти) для ефективного управління. Система передбачає двоетапний підхід: «зверху вниз» (top-down) для збору даних з навколишнього середовища будівельного майданчика за допомогою датчиків, дронів і LiDAR, та «знизу вгору» (bottom-up) для аналізу діяльності робітників і продуктивності. Ці дані поєднуються в машинному навчальному модулі, який порівнює фактичні дані з плановими моделями BIM для виявлення відхилень і визначення необхідних коригувальних дій [4].

Ключовими факторами, що впливають на успішність інтеграції, є впровадження гнучких сенсорних систем, централізація даних у так званій «кімнаті управління» (Control Room), використання машинного навчання для аналізу продуктивності та оптимізація ресурсів [4]. SCADA-система забезпечує збирання та обробку даних у реальному часі, дозволяючи швидко виявляти проблеми та вживати заходів для їх усунення. Зокрема, автоматичний моніторинг дозволяє уникати перевантаження обладнання (Muri), нерівномірності виробництва (Mura) та марнотратства ресурсів (Muda) [4].

Результати дослідження демонструють, що впровадження інтегрованої інформаційної системи дозволяє значно підвищити продуктивність, забезпечити прозорість на всіх етапах будівництва, покращити координацію між учасниками проєкту та мінімізувати витрати. Використання машинного навчання дозволяє не лише виявляти відхилення, але й прогнозувати потенційні проблеми на основі історичних даних та реальних умов будівельного майданчика. Дослідження також підкреслює важливість хмарних технологій для зберігання та обміну даними, що дозволяє підвищити рівень інтеграції та координації в рамках будівельних проєктів [4].

Також важливим аспектом є управління змінами у будівництві. Інші науковці досліджують підходи до управління змінами при впровадженні нових технологій у галузі архітектури, інженерії та будівництва (AEC). Основною метою дослідження є виявлення взаємозв'язків між конкретними практиками управління змінами та успішністю впровадження технологічних рішень у організаціях галузі AEC. Дослідження базується на аналізі 167 кейсів організаційних змін, зібраних шляхом онлайн-опитування серед компаній у США та Канаді [5].

Методологія включає кореляційний аналіз між практиками управління змінами та успішністю їх впровадження, а також перевірку надійності даних за допомогою

тесту Кронбаха та аналізу головних компонентів (PCA). Дослідники виділили сім ключових практик управління змінами: залучення старшого керівництва, надання ресурсів для навчання, комунікація переваг змін, реалістичний часовий горизонт впровадження, ефективність агентів змін, встановлення вимірюваних еталонів прогресу та коригування робочого навантаження. Кожна з цих практик аналізувалася у контексті її впливу на досягнення цілей впровадження технологій, довгострокову сталість змін та отримання конкретних вигод від їх впровадження [5].

Результати дослідження показали, що найсильніший позитивний вплив на успішність змін мають ефективність агентів змін, встановлення вимірюваних еталонів, реалістичний часовий горизонт та комунікація переваг змін. Ці фактори забезпечують ефективний процес трансформації організаційних процесів і допомагають долати опір змінам на всіх рівнях управління. Практики, такі як залучення старшого керівництва та забезпечення навчальних ресурсів, також відіграють важливу роль, але мають менш виражений вплив порівняно з першими чотирма. Корекція робочого навантаження була ідентифікована як найменш впливова практика [5].

Дослідження також виявило, що успішність впровадження технологій варіюється залежно від типу організації та ієрархічного положення співробітників. Зокрема, старші керівники демонструють вищий рівень задоволеності впровадженням змін, тоді як члени проєктних команд частіше стикаються з перешкодами та відчують більше навантаження. Організації, які спеціалізуються на конкретних завданнях (наприклад, субпідрядники), досягають вищого рівня успіху в порівнянні з більш загальними будівельними підрядниками [5].

Важливим висновком дослідження є те, що технологічний тип (програмне забезпечення для бізнес-процесів, програмне забезпечення для управління проєктами або апаратні технології) не має значного впливу

на успіх впровадження змін. Аналогічно, відмінності між новими технологіями та оновленнями існуючих систем також не були статистично значущими. Це підкреслює важливість саме організаційних практик управління змінами, а не типу технології [5].

У підсумку було підкреслено важливість системного підходу до управління змінами, який передбачає активне залучення старшого керівництва, чітке визначення етапів впровадження, використання ефективних агентів змін та регулярне вимірювання результатів на основі встановлених показників ефективності. Подальші дослідження повинні зосередитися на більш детальному аналізі взаємозв'язків між практиками управління змінами, характеристиками технологій та специфікою організацій у різних підгалузях будівництва [5].

Наукова новизна. Дослідження полягає у розробці та впровадженні новітнього підходу до формування організаційно-технологічних рішень у будівництві, що базується на інтеграції сучасних інформаційних технологій, таких як Building Information Modeling (BIM), автоматизовані системи управління будівельними процесами та цифрові платформи. Цей підхід дозволяє створити єдину цифрову екосистему будівельного проєкту, забезпечуючи синхронізацію та координацію між усіма етапами будівництва. Важливу роль відіграють методи віртуального моделювання, аналізу даних у реальному часі та інтеграції управлінських систем, що підвищують прозорість, точність та ефективність будівельних робіт.

Наукова значимість дослідження полягає у глибокому аналізі впливу інформаційних технологій на ефективність будівельних процесів, що охоплює аспекти оптимізації ресурсного планування, моніторингу якості та контролю термінів виконання робіт. Запропоновані інноваційні методи дозволяють знизити витрати ресурсів, скоротити терміни будівництва та підвищити якість реалізації проєктів.

Практична значимість дослідження полягає у розробці конкретних рекомендацій

та методик для успішного впровадження сучасних інформаційних технологій у будівельні процеси. Запропоновані підходи забезпечують інтеграцію різних цифрових інструментів та створення адаптивних управлінських систем, що відповідають сучасним викликам будівельної галузі. Таким чином, результати дослідження роблять вагомий внесок у розвиток логістичної теорії та практики у будівництві.

Загальні висновки. Інтеграція сучасних інформаційних технологій є ключовим фактором підвищення ефективності організаційно-технологічних рішень у будівництві. Використання систем BIM, автоматизованих систем управління будівельними процесами та цифрових платформ дозволяє значно покращити планування, контроль і реалізацію проєктів. Ці технології забезпечують прозорість, оптимізацію ресурсів і підвищення якості робіт.

Особливу роль відіграє віртуальне моделювання, аналіз даних у реальному часі та інтеграція різних систем управління у єдину цифрову екосистему будівельного проєкту. Це дозволяє своєчасно виявляти відхилення, мінімізувати ризики та забезпечувати безперервність робіт.

Дослідження підкреслює важливість впровадження інноваційних методів моніторингу, таких як технології IoT, штучний інтелект і блокчейн. Ці інструменти дозволяють покращити координацію між етапами проєкту, забезпечити достовірність даних та автоматизувати адміністративні процеси.

Оптимізація організаційно-технологічних рішень дозволяє зменшити витрати ресурсів, скоротити терміни будівництва та забезпечити високу якість виконання робіт. Практичні рекомендації, представлені у дослідженні, можуть бути корисними для будівельних компаній, що прагнуть підвищити ефективність своїх операцій та досягти стратегічних цілей.

Загальні висновки підкреслюють важливість інтегрованого підходу до управління будівельними процесами, що включає використання сучасних технологій,

підвищення кваліфікації працівників та адаптацію до змінюваних умов ринку. Постійні дослідження та впровадження інноваційних методів є необхідними для подальшого розвитку будівельної галузі.

Перспективи. Після завершення війни Україна матиме унікальний шанс не лише відновити інфраструктуру, а й трансформувати будівельну галузь, зробивши її цифрово керованою, ефективною та стійкою. Важливим напрямом стане вдосконалення методів організаційно-технологічних рішень із впровадженням сучасного інформаційного забезпечення.

Основні фактори, що впливають на цей процес:

1. Інтеграція BIM-технологій для цифрового моделювання об'єктів будівництва на всіх етапах.
2. Автоматизація управління будівельними процесами через цифрові платформи.
3. Використання IoT для моніторингу техніки, матеріалів і безпеки на об'єктах у реальному часі.
4. Аналітика на основі штучного інтелекту – для прогнозування потреб у ресурсах та управління ризиками.
5. Урахування екологічних стандартів та принципів сталого будівництва.
6. Цифрова логістика – оптимізація постачань, транспортування та управління відходами.
7. Міжгалузевий обмін досвідом – впровадження рішень із суміжних сфер.
8. Оптимізація взаємодії між учасниками проєктів завдяки єдиним цифровим середовищам.
9. Створення цифрових екосистем – для інтегрованого управління процесами та даними.

Застосування цих підходів сприятиме скороченню витрат і строків реалізації, підвищенню прозорості, якості та адаптивності будівельних проєктів, що є критично важливим для ефективної післявоєнної відбудови України.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Enes Yigitbas, Alexander Nowosad, Gregor Engels. Supporting Construction and Architectural Visualization through BIM and AR/VR : a systematic literature review. 2023. DOI: 10.48550/arXiv.2306.12274.
2. Paniz Pouryaghoubi, Arefeh Mohammadi. Examining the Position of Building Information Modeling (BIM) Technology in Different Dimensions of Building Smartness. Ferdowsi University of Mashhad, Iran, 2023. DOI: 10.48550/arXiv.2309.03015.
3. Jens J. Hunhevicz, Daniel M. Hall. Do you need a blockchain in construction? Use case categories and decision framework for DLT design options. *Advanced Engineering Informatics*. 2020. DOI: 10.1016/j.aei.2020.101094.
4. Ricardo Antunes, Mani Poshdar. Envision of an Integrated Information System for Project-Driven Production in Construction. *26th Annual Conference of the International Group for Lean Construction (IGLC)*. 2018. DOI: 10.24928/2018/0511.
5. Sarah Dyson. Adopting Information System Technologies in Construction Project Management. Harrisburg University of Science and Technology. 2019. URL: <https://digitalcommons.harrisburgu.edu/dandt/5/>

REFERENCES

1. Enes Yigitbas, Alexander Nowosad and Gregor Engels. Supporting Construction and Architectural Visualization through BIM and AR/VR : a systematic literature review. 2023. DOI: 10.48550/arXiv.2306.12274.
2. Paniz Pouryaghoubi and Arefeh Mohammadi. Examining the Position of Building Information Modeling (BIM) Technology in Different Dimensions of Building Smartness. Ferdowsi University of Mashhad, Iran, 2023. DOI: 10.48550/arXiv.2309.03015.
3. Jens J. Hunhevicz and Daniel M. Hall Do you need a blockchain in construction? Use case categories and decision framework for DLT design options. *Advanced Engineering Informatics*. 2020. DOI: 10.1016/j.aei.2020.101094.
4. Ricardo Antunes and Mani Poshdar. Envision of an Integrated Information System for Project-Driven Production in Construction. *26th Annual Conference of the International Group for Lean Construction (IGLC)*. 2018. DOI: 10.24928/2018/0511.
5. Sarah Dyson. Adopting Information System Technologies in Construction Project Management. Harrisburg University of Science and Technology, 2019. URL: <https://digitalcommons.harrisburgu.edu/dandt/5/>

Надійшла до редакції: 29.08.2025.