

DOI: 10.32347/2786-7269.2025.12.133-145

УДК 658:330

Цзін Цянь,
taqm@ukr.net, ORCID: 0000-0001-8160-0240,
Київський національний університет будівництва і архітектури

ІНТЕЛЕКТУАЛІЗАЦІЯ УПРАВЛІННЯ СТЕЙКХОЛДРАМИ БУДІВНИЦТВА: ЦИФРОВІ ТЕХНОЛОГІЇ ТА ЕКОСИСТЕМНИЙ РОЗВИТОК

Сучасна будівельна галузь функціонує в умовах активної цифрової трансформації, що потребує нових підходів до управління проектами та операційними процесами. Одним із ключових напрямів модернізації є екосистемний підхід, який забезпечує інтеграцію цифрових технологій у всі аспекти будівельного девелопменту. Це включає використання інтелектуальних інформаційних систем, хмарних платформ управління проектами, BIM-технологій, штучного інтелекту та інтернету речей. Поєднання цих інструментів дозволяє оптимізувати планування, управління ресурсами, контролювати витрати, мінімізувати ризики та підвищувати ефективність будівництва. У статті розглядаються основні виклики, що постають перед будівельними підприємствами в процесі цифрової модернізації, серед яких високі витрати на впровадження технологій, необхідність адаптації персоналу до нових цифрових рішень, регуляторні бар'єри та питання кібербезпеки. Аналізуються сучасні технологічні рішення для інтеграції будівельних компаній у цифрові екосистеми, включаючи платформну модель управління, цифрові двійники, блокчейн-технології для контролю фінансових операцій та процесно-орієнтовані підходи до адміністрування девелоперських проектів. Окрему увагу приділено перспективам розвитку екосистемного підходу в будівництві, зокрема розширенню державно-приватного партнерства, застосуванню концепції "розумного будівництва" (Smart Construction), використанню венчурного фінансування для інноваційних проектів та вдосконаленню регуляторного середовища для цифровізації будівельної галузі. Результати дослідження можуть бути корисними для девелоперів, керівників будівельних компаній, інвесторів та державних органів, які займаються регулюванням будівельного сектору. Використання екосистемного підходу дозволяє будівельним підприємствам підвищити конкурентоспроможність, адаптуватися до нових умов ринку та ефективно впроваджувати цифрові технології.

Ключові слова: управління; підприємство; будівельний проект; екосистемний підхід; цифрова трансформація; будівельний девелопмент; інноваційні технології; стійкий розвиток.

Постановка проблеми. Цифрова трансформація операційних систем будівельних підприємств є ключовим фактором їхньої модернізації та підвищення конкурентоспроможності. В умовах зростаючої складності будівельних проєктів та вимог до їх ефективності, використання цифрових технологій стає стратегічною необхідністю. Оптимізація бізнес-процесів, автоматизація операційної діяльності, зниження витрат і покращення якості реалізації проєктів є основними перевагами цифровізації. Серед стратегічних імперативів цифрової трансформації виділяються автоматизація та роботизація процесів, інтеграція штучного інтелекту для аналізу даних, цифрове моделювання на основі BIM-технологій, застосування інтернету речей для моніторингу будівельних об'єктів, кібербезпека та створення єдиних цифрових платформ для управління проєктами. Ці підходи сприяють підвищенню точності планування, скороченню термінів виконання робіт, покращенню комунікації між учасниками будівельного процесу та мінімізації помилок на всіх етапах реалізації проєктів.

Інноваційні моделі цифрової трансформації будівельних підприємств включають кілька підходів. Однією з найперспективніших є модель "інтелектуального будівництва", що базується на комплексному використанні IoT, Big Data, BIM та штучного інтелекту. Платформна модель передбачає інтеграцію всіх процесів у єдиному цифровому середовищі для координації учасників будівельного процесу. Використання цифрових двійників дозволяє створювати віртуальні копії будівель для їх моніторингу та прогнозування можливих дефектів. Блокчейн-модель підвищує прозорість фінансових операцій і знижує ризики у сфері управління контрактами. Гнучке управління за принципами Agile та Lean сприяє адаптації підприємств до швидких змін ринкового середовища. Разом із перевагами цифрової трансформації існують і певні виклики, серед яких високі фінансові витрати, брак кваліфікованих спеціалістів, опір змінам у традиційних структурах управління та недостатня регуляторна підтримка. Для успішної цифровізації необхідно розробляти державні програми сприяння впровадженню новітніх технологій, розширювати міжнародне співробітництво та адаптувати будівельні підприємства до концепції "зеленої цифрової трансформації".

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Автори [1-5] досліджують теоретичні основи екосистемного підходу в економіці, аналізуючи його застосування в різних галузях, включаючи будівництво, підкреслюючи

важливість інтеграції екосистемного мислення для досягнення стійкого розвитку та ефективної цифрової трансформації підприємств. У статтях [6-11] аналізуються різні моделі екосистемного підходу, їх адаптація та впровадження в українських комерційних підприємствах. В дослідженнях [12-15] особлива увага приділяється викликам, які виникають під час цифрової трансформації, та можливим рішенням для забезпечення стійкого розвитку. Автори [16-18] досліджують специфічні виклики, з якими стикаються українські підприємства, зокрема будівельні, аналізуючи можливості цифрової трансформації як засобу адаптації до нових умов, підкреслюючи роль екосистемного підходу в цьому процесі. В наукових працях [19-20] акцентують увагу на необхідності стратегічного підходу до цифровізації, включаючи будівельну галузь, та обґрунтовують важливість екосистемного підходу для успішної модернізації підприємств.

Метою статті є дослідження синергії інноваційних технологій та екосистемного підходу в будівництві як ключового чинника цифрової модернізації галузі, визначити сучасні вектори інтеграція інноваційних рішень та управління стейкхолдерами.

Виклад основного матеріалу. Еволюція поняття "екосистема" у галузі будівництва відображає перехід від традиційних підходів до управління проектами та організації робіт до більш інтегрованих, цифрових і колаборативних моделей взаємодії між усіма учасниками будівельного процесу. Еволюція поняття "екосистема" в будівництві пройшла шлях від розрізнених бізнес-структур до цифрово-інтегрованого середовища, в якому взаємодія між компаніями, технологіями та регуляторами забезпечує максимально ефективне виконання будівельних проєктів. Сучасні екосистеми стають адаптивними, розумними та орієнтованими на стале використання ресурсів, що визначатиме подальший розвиток галузі у найближчі десятиліття.

1. Традиційне розуміння екосистеми в будівництві (до 2000-х років). На початкових етапах будівництво розглядалося переважно як лінійний процес, у якому кожен учасник – девелопер, підрядник, субпідрядники, постачальники матеріалів та регулюючі органи – діяв незалежно один від одного, дотримуючись жорстко визначених контрактних відносин. Будівельна екосистема в цьому контексті була розрізною, а взаємодія між її елементами відбувалася через формальні юридичні угоди та без застосування інтегрованих платформ чи цифрових інструментів. Основними проблемами такого підходу були відсутність єдиного інформаційного середовища, низька ефективність комунікації та труднощі у координації процесів.

2. Перехід до концепції інтегрованого управління (2000-2010-ті роки). З розвитком інформаційних технологій почали з'являтися перші спроби

інтеграції цифрових рішень у будівництві. На цьому етапі відбувся перехід до концепції інтегрованого управління проектами (IPD – Integrated Project Delivery), яка передбачала більш тісну взаємодію між усіма учасниками процесу ще на етапі планування. Застосування BIM-технологій (Building Information Modeling) стало першим кроком до створення цифрової будівельної екосистеми, яка дозволяла спільно працювати над проектною документацією та моделювати об'єкти перед початком будівництва. Разом із BIM почали з'являтися перші спеціалізовані цифрові платформи управління проектами, що дозволяли підрядникам, девелоперам та постачальникам координувати роботу через хмарні сервіси. У цей період поступово зміцнювалася ідея того, що будівництво – це не окремі незалежні компанії, а складна взаємопов'язана екосистема, що потребує ефективної цифрової комунікації.

3. Виникнення концепції цифрової екосистеми (2015-2020 роки). З поширенням інтернету речей (IoT), штучного інтелекту (AI) та хмарних технологій будівельна галузь почала переходити до моделі цифрових екосистем. Ця концепція передбачає, що всі процеси в будівництві – від проєктування до експлуатації об'єкта – повинні бути інтегровані у єдине цифрове середовище. На цьому етапі з'явилася модель "розумного будівництва" (Smart Construction), що передбачає використання IoT для моніторингу процесів на будівельному майданчику, блокчейн-технологій для управління контрактами та фінансами, а також Big Data для прогнозування ризиків. Будівельна екосистема стала більш гнучкою, оскільки цифрові платформи забезпечили можливість швидкого обміну даними між усіма учасниками. Одним із ключових аспектів цієї еволюції стало розширення співпраці між будівельними компаніями, IT-компаніями та державними структурами, що сприяло створенню регуляторних стандартів цифрової взаємодії.

4. Сучасний етап: екосистеми з автономними та адаптивними технологіями (2021 – сьогодні). На сучасному етапі концепція будівельної екосистеми еволюціонувала до самоорганізованих і адаптивних цифрових систем, що здатні автоматично реагувати на зміни в умовах ринку, кліматичних факторах або поведінці споживачів. Основні характеристики цього етапу:

- Цифрові двійники (Digital Twins) – створення віртуальних копій будівельних об'єктів, які дозволяють прогнозувати їх експлуатаційні характеристики.
- Будівництво як послуга (Construction as a Service, CaaS) – інтеграція різних учасників в єдину платформу, де всі процеси, включаючи фінансування, логістику та виконання будівельних робіт, управляються через хмарні рішення.

- Автономні будівельні системи – використання робототехніки та 3D-друку в будівництві, що зменшує залежність від людського фактору.

- Екологічні цифрові екосистеми – впровадження технологій моніторингу викидів CO₂ та оптимізація використання ресурсів у контексті концепції "зеленого будівництва".

5. Майбутній розвиток: гіперінтегровані та блокчейн-екосистеми. У найближчому майбутньому будівельні екосистеми стануть ще більш інтегрованими, зокрема за рахунок:

- Повної автоматизації фінансових і юридичних процесів через блокчейн. Це дозволить усунути ризики корупції та зменшити витрати на адміністрування проєктів.

- Інтелектуальних платформ управління містами (Smart City Platforms), що інтегрують будівельні підприємства з урядовими структурами для створення розумних міст.

- Глобальних будівельних мереж, у яких підприємства різних країн об'єднуюватимуться у цифрові консорціуми для оптимізації витрат і логістики.

Екосистемний підхід до цифрової модернізації будівельних підприємств передбачає створення комплексного середовища, в якому всі учасники процесу – забудовники, підрядники, постачальники, державні органи, фінансові установи та кінцеві користувачі – взаємодіють у цифровому просторі, що дає змогу підвищити ефективність будівельних процесів, прискорити прийняття рішень, мінімізувати ризики та підвищити якість кінцевого продукту. В основі цього підходу лежить концепція цифрових платформ, що інтегрують сучасні технології, такі як штучний інтелект, інтернет речей, хмарні обчислення, будівельне інформаційне моделювання (BIM) та блокчейн. Синергія інноваційних технологій та екосистемного підходу в будівництві є ключовою умовою підвищення ефективності галузі в умовах цифрової трансформації. Вона забезпечує інтеграцію розрізнених процесів у єдине інтелектуальне середовище, де всі учасники працюють у спільному цифровому просторі з використанням передових технологій. Вимірювання синергії за допомогою спеціалізованих індикаторів допомагає оцінити рівень цифрової зрілості підприємства, ефективність взаємодії між учасниками екосистеми та рівень технологічної інноваційності будівельної галузі загалом.

Таблиця 1

Інноваційні технології та екосистемний підхід у будівництві:

ключові показники виміру

№	Назва показника / Indicator Name (English)	Опис / Description
1	Рівень інтеграції цифрових платформ у будівництві / Level of Digital Platform Integration in Construction	Ступінь використання BIM, ERP, хмарних платформ та рівень їхньої взаємодії.

2	Коефіцієнт адаптивності цифрових моделей / Digital Adaptability Index	Швидкість впровадження нових технологій (AI, IoT, Blockchain) в будівельні процеси.
3	Індекс взаємозв'язку учасників будівельної екосистеми / Ecosystem Connectivity Index	Оцінка ефективності комунікації між учасниками через цифрові платформи.
4	Рівень використання IoT для автоматизованого моніторингу / IoT Utilization for Automated Monitoring	Кількість підключених датчиків, точність збору даних та інтеграція з іншими системами.
5	Індекс ефективності цифрових двійників / Digital Twin Efficiency Index	Наскільки точно цифрові двійники відображають реальні об'єкти та їхній вплив на оптимізацію будівництва.
6	Коефіцієнт енергоефективності будівництва / Green Construction Efficiency	Вплив технологій на зниження викидів CO ₂ , ефективне використання ресурсів та енергоспоживання.
7	Ступінь застосування штучного інтелекту / AI Utilization in Construction Index	Рівень використання AI для аналізу даних, прогнозування ризиків та управління персоналом.
8	Індекс кібербезпеки будівельної екосистеми / Cybersecurity Readiness Index	Оцінка захисту цифрових платформ, баз даних та фінансових операцій.
9	Індекс ефективності управління ланцюгами постачання / Supply Chain Digitalization Index	Оцінка цифрової координації закупівель, логістики та мінімізації затримок у постачанні.
10	Індекс прозорості фінансових операцій у будівництві / Blockchain Transaction Transparency Index	Ступінь використання блокчейн-технологій для управління контрактами та фінансовими операціями.

Джерело: узагальнено автором

Одним із головних викликів впровадження екосистемного підходу є необхідність узгодження інтересів усіх учасників цифрового середовища. Будівельна галузь традиційно має високу фрагментованість, що ускладнює процеси координації та стандартизації цифрових рішень. Крім того, існує проблема низької цифрової грамотності персоналу, а також опору змінам з боку компаній, що працюють за традиційними схемами. Додатковими перешкодами є недостатня інтеграція цифрових систем, що ускладнює обмін даними між різними платформами та програмними рішеннями. Для подолання цих викликів пропонуються кілька ключових рішень. По-перше, необхідно створення єдиних цифрових стандартів та нормативних вимог, які регулюватимуть використання цифрових платформ у будівельній сфері. Це сприятиме уніфікації даних та спрощенню комунікації між учасниками будівельного процесу. По-друге, важливим напрямом є розвиток навчальних програм і підготовка фахівців з цифрової трансформації, що дозволить підвищити кваліфікацію кадрів та прискорити впровадження новітніх технологій. По-третє, необхідно стимулювати розвиток партнерських відносин між будівельними підприємствами, IT-компаніями та державними структурами для спільного впровадження інноваційних рішень.

Один із перспективних напрямів екосистемної цифровізації – це розширене застосування хмарних платформ для управління будівельними проектами в реальному часі. Це дозволить всім учасникам процесу мати доступ до актуальної інформації незалежно від місця перебування. Важливим рішенням є впровадження концепції "розумного будівельного майданчика", що використовує інтернет речей для автоматичного моніторингу стану обладнання, матеріалів та умов на об'єкті. Додаткові можливості відкриває використання блокчейн-технологій для забезпечення прозорості фінансових операцій та контролю виконання контрактних зобов'язань. Перспективи екосистемного підходу до цифрової модернізації будівельних підприємств тісно пов'язані з розвитком штучного інтелекту, який дозволить автоматизувати процеси аналізу ризиків, прогнозування витрат і оптимізації графіків робіт. Значну роль відіграватиме розвиток "цифрових двійників" будівельних об'єктів, що сприятиме кращому плануванню, моніторингу та управлінню життєвим циклом будівель. Крім того, у найближчому майбутньому очікується ширше використання 5G-мереж для покращення зв'язку та прискорення обміну даними між учасниками цифрової екосистеми.

Висновки. Цифрова трансформація є не лише інструментом модернізації, а й основою для сталого розвитку будівельної галузі. Інтеграція передових технологій у будівельний процес дозволяє підвищити ефективність роботи підприємств, покращити якість реалізації проєктів і створити нові можливості для розвитку індустрії. Успішна цифровізація можлива лише за умови комплексного підходу, що поєднує технологічні, економічні та управлінські аспекти. Екосистемний підхід до цифрової модернізації будівельних підприємств дозволяє створити стійку та адаптивну цифрову інфраструктуру, що сприятиме підвищенню ефективності роботи, зменшенню витрат і покращенню якості будівництва. Його впровадження потребує комплексного підходу, що включає стандартизацію, навчання персоналу, розробку партнерських стратегій та активне використання передових цифрових технологій. Синергія інноваційних технологій та екосистемного підходу в будівництві означає комплексне поєднання цифрових інструментів, автоматизованих рішень і взаємопов'язаних бізнес-моделей, що формують єдиний адаптивний простір для ефективного управління життєвим циклом будівельних проєктів. Це підхід, при якому різні технології (BIM, IoT, AI, блокчейн, цифрові двійники) інтегруються у взаємозалежну систему, що дозволяє забезпечити автоматизацію, контроль та гнучке управління ресурсами та спрямований на підвищення якості будівництва, зменшення витрат, скорочення часу реалізації проєктів, підвищення екологічної ефективності та мінімізацію ризиків. Завдяки екосистемному підходу всі учасники процесу

(проектувальники, девелопери, підрядники, державні органи, інвестори) отримують доступ до єдиної цифрової платформи, що сприяє прозорості, прискоренню прийняття рішень та безперервному вдосконаленню будівельних технологій.

Список використаних джерел

1. O. Bielienskova, T. Kishchenko, A. Aryn, G. Ryzhakova and O. Mostovenko. Institutional measurement of structural characteristics of residential real estate markets using the method of cluster analysis, *2024 IEEE 4th International Conference on Smart Information Systems and Technologies (SIST)*, Astana, Kazakhstan, 2024, pp. 612-617, doi: 10.1109/SIST61555.2024.10629395.
2. Ryzhakova, G., et al. (2023). Modeling the Cause-and-Effect Relationships between the Causes of Damage and External Indicators of RC Elements Using ML Tools. *Sustainability*, 15, 5250. <https://doi.org/10.3390/su15065250>
3. Berezutskyi, T. Honcharenko, G. Ryzhakova, O. Tykhonova, V. Pokolenko and I. Sachenko. Methodological Approach for Choosing Type of IT Projects Management. *2024 IEEE 4th International Conference on Smart Information Systems and Technologies (SIST)*, Astana, Kazakhstan, 2024, pp. 14-19, doi: 10.1109/SIST61555.2024.10629587.
4. Поколенко В.О., Рижакова Г.М., Приходько Д.О. Запровадження інструментарію вибору альтернатив реалізації будівельних проектів за функціонально-технічною надійністю організацій-виконавців. *Управління розвитком складних систем*. - 2014. - Вип. 19(2). - С. 108-11.
5. Рижакова Г.М., Стеценко С.П., Лагутіна З.В. Альтернативні аналітичні інструменти забезпечення економічної безпеки державного інвестування будівельних проектів. *Управління розвитком складних систем*. - 2013. - Вип. 16. - С. 203-208.
6. Bielienskova, O., Ryzhakova, G., Kulikov, O., Akselrod, R., Loktionova, Y. Formation of Organizational Change Management Strategies Based on Fuzzy Set Methods. *Lecture Notes on Data Engineering and Communications Technologies*, 2024, 195, pp. 251–275.
7. G. Ryzhakova, T. Honcharenko, K. Predun, N. Petrukha, O. Malykhina and O. Khomenko, "Using of Fuzzy Logic for Risk Assessment of Construction Enterprise Management System," *2023 IEEE International Conference on Smart Information Systems and Technologies (SIST)*, Astana, Kazakhstan, 2023, pp. 208-213, doi: 10.1109/SIST58284.2023.10223560.
8. Рижакова Г.М., Рижаков Д.А., Шпакова Г.В. Оцінка продуктивності операційної системи девелопера в мікросередовищі стейкхолдерів житлового будівництва. *Шляхи підвищення ефективності будівництва в умовах формування ринкових відносин*. - 2019. - Вип. 42. - С. 120–131.
9. Trach, R., Khomenko, O., Trach, Y., Kulikov, O., Druzhynin, M., Kishchak, N., Ryzhakova, G., Petrenko, H., Prykhodko, D., & Obodianska, O. (2023). Application of Fuzzy Logic

and SNA Tools to Assessment of Communication Quality between Construction Project Participants. *Sustainability*, 15(7), 5653. <https://doi.org/10.3390/su15075653>

10. Трач Р.В., Рижакова Г.М., Крижановський В.І. Інформаційне моделювання та концепція інтегрованої реалізації будівельних проєктів як основа інноваційного розвитку будівельного підприємства. *Управління розвитком складних систем*. - 2017. - №31. - С. 173 – 178.

11. Рижакова Г.М., Рижаков Д.А., Лещинська І.В. Загально-методична регламентація та аналітико-інформаційне забезпечення процесами адміністрування в сучасній системі будівельного девелопменту. *Сучасні проблеми архітектури та містобудування*. - 2019. - Вип. 55. - С. 154-168.

12. Гончаренко Т. . Сучасні інформаційні технології для моделювання міського середовища та розробки цифрових двійників міських об'єктів. *Управління розвитком складних систем*. Київ, 2022. № 51. С. 87 – 93, [dx.doi.org\10.32347/2412-9933.2022.51.87-93](https://doi.org/10.32347/2412-9933.2022.51.87-93).

13. Рижакова Г.М., Приходько Д.О., Поколенко В.О., Петруха Н.М. Оновлення науково-методичних підходів до побудови полікритеріальної системи адміністрування діяльності підприємств-стейкхолдерів проєктів. *Просторовий розвиток*. - 2022. - Вип. 1. - С. 218-233.

14. Онікієнко Н.В., Петруха Н.М., Рижакова Г.М. Науково-прикладні компоненти полікритеріальної системи оцінки інноваційного розвитку підприємств: імперативи взаємодії інтегрованих структур. *Шляхи підвищення ефективності будівництва в умовах формування ринкових відносин*. 2023. № 52(1). С. 261-273.

15. Дружинін М.А., Хоменко О.М., Рижакова Г.М. Методологічний концепт і прикладні засади адаптогенної організації будівництва з урахуванням сучасних інноваційно-інвестиційних трендів. *Управління розвитком складних систем*. Київ, 2024. № 59. С. 182 – 190.

16. Хоменко О.М., Петренко Г.С., Рижакова Г.М., Петруха Н.М., Чуприна Ю.А., Малихіна О.М., Кушнір О.К. Сучасні інструменти та програмні продукти адміністрування будівельними організаціями в умовах трансформації операційних систем менеджменту. *Управління розвитком складних систем*. Київ, 2022. № 52. С. 113 – 125,

17. Хоменко О.М., Рижакова Г.М., Малихіна О.М., Петренко Г.С., Степанюк Р.Б. Цільові пріоритети та формалізовані індикатори трансформації операційних систем стейкхолдерів будівництва. *Управління розвитком складних систем*. Київ, 2023. № 56. С. 173 – 180, [dx.doi.org\10.32347/2412-9933.2023.56.173-180](https://doi.org/10.32347/2412-9933.2023.56.173-180).

18. Кричевська Ю.В., Рижакова Г.М., Шпаков А.В., Поколенко В.О., Приходько Д.О. Цифрова екосистема в будівельному девелопменті: концептуально-теоретичні аспекти трансформації та управлінські імперативи. *Управління розвитком складних систем*. Київ, 2024. № 60. С. 174 – 182, [dx.doi.org\10.32347/2412-9933.2024.60.174-182](https://doi.org/10.32347/2412-9933.2024.60.174-182).

19. Кричевська Ю.В., Шпаков А.В., Рижакова Г.М. Процесно-орієнтоване адміністрування життєвого циклу девелоперських проєктів у контексті цифрової трансформації будівельних підприємств. *Просторовий розвиток*, (10), 626-640.

20. Фесун А.С., Кончаківський О.І., Степанюк Р.Б., Рижакова Г.М., Федорова Я.Ю. (2024). Концептуально-аналітичні особливості забезпечення бізнес-стійкості підприємств у мультипроєктному середовищі будівельного девелопменту. *Будівельне виробництво*, (77), 58-66.

Postgraduate Student **Jing Qian**
Kyiv National University of Construction and Architecture

INTELLECTUALIZATION OF CONSTRUCTION STAKEHOLDER MANAGEMENT: DIGITAL TECHNOLOGIES AND ECOSYSTEM DEVELOPMENT

The modern construction industry operates in an era of active digital transformation, requiring new approaches to project and operational process management. One of the key directions of modernization is the ecosystem approach, which ensures the integration of digital technologies into all aspects of construction development. This includes the use of intelligent information systems, cloud-based project management platforms, BIM technologies, artificial intelligence, and the Internet of Things. The combination of these tools enables optimization of planning, resource management, cost control, risk minimization, and increased construction efficiency. The article examines the key challenges faced by construction enterprises in the process of digital modernization, including high implementation costs of technology, the need for personnel adaptation to new digital solutions, regulatory barriers, and cybersecurity issues. Modern technological solutions for integrating construction companies into digital ecosystems are analyzed, including platform-based management models, digital twins, blockchain technologies for financial transaction control, and process-oriented approaches to development project administration. Special attention is given to the prospects for developing the ecosystem approach in construction, particularly the expansion of public-private partnerships (PPP), the implementation of the Smart Construction concept, the use of venture capital for innovative projects, and the improvement of the regulatory environment for the digitalization of the construction sector. The research findings can be beneficial for developers, construction company executives, investors, and government bodies involved in regulating the construction sector. The ecosystem approach enables construction enterprises to enhance their competitiveness, adapt to new market conditions, and effectively implement digital technologies.

Keywords: management; enterprise; construction project; ecosystem approach; digital transformation; construction development; innovative technologies; sustainable development.

REFERENCES

1. O. Bielienskova, T. Kishchenko, A. Aryn, G. Ryzhakova and O. Mostovenko. Institutional measurement of structural characteristics of residential real estate markets using the method of cluster analysis, *2024 IEEE 4th International Conference on Smart Information Systems and Technologies (SIST)*, Astana, Kazakhstan, 2024, pp. 612-617, doi: 10.1109/SIST61555.2024.10629395. {in English}
2. Ryzhakova, G., et al. (2023). Modeling the Cause-and-Effect Relationships between the Causes of Damage and External Indicators of RC Elements Using ML Tools. *Sustainability*, 15, 5250. <https://doi.org/10.3390/su15065250>. {in English}
3. I. Berezutskiy, T. Honcharenko, G. Ryzhakova, O. Tykhonova, V. Pokolenko and I. Sachenko. Methodological Approach for Choosing Type of IT Projects Management. *2024 IEEE 4th International Conference on Smart Information Systems and Technologies (SIST)*, Astana, Kazakhstan, 2024, pp. 14-19, doi: 10.1109/SIST61555.2024.10629587. {in English}
4. Pokolenko V.O., Ryzhakova G. M., Prykhodko D. O. Introduction of tools for choosing alternatives for the implementation of construction projects by functional and technical reliability of executing organizations. *Management of the development of complex systems*. - 2014. - Issue 19(2). - C. 108-11. {in Ukrainian}
5. Ryzhakova G.M., Stetsenko S.P., Lagutina Z.V. Alternative analytical tools for ensuring the economic security of public investment in construction projects. *Management of the development of complex systems*. - 2013. - Issue 16. - P. 203-208.
6. Belenkova O., Ryzhakova G., Kulikov O., Axelrod R., Loktionova Y. Formation of strategies for managing organizational changes based on fuzzy set methods. *Lecture Notes on Data Engineering and Communication Technologies*, 2024, 195, pp. 251-275. {in English}
7. G. Ryzhakova, T. Goncharenko, K. Predun, N. Petrukha, O. Malykhina, and O. Khomenko, "Using fuzzy logic to assess the risks of the construction enterprise management system," *2023 IEEE International Conference on Smart Information Systems and Technologies (SIST)*, Astana, Kazakhstan, 2023, pp. 208-213, doi: 10.1109/SIST58284.2023.10223560. {in English}
8. Ryzhakova, G.M., Ryzhakov, D.A., & Shpakova, H.V. (2019). Evaluation of the Productivity of the Developer's Operational System in the

Microenvironment of Residential Construction Stakeholders. Ways to Improve Construction Efficiency in the Context of Market Relations Formation, Issue 42, pp. 120–131. {in Ukrainian}

9. Trach, R., Khomenko, O., Trach, Y., Kulikov, O., Druzhynin, M., Kishchak, N., Ryzhakova, G., Petrenko, H., Prykhodko, D., & Obodianska, O. (2023). Application of Fuzzy Logic and SNA Tools to Assessment of Communication Quality between Construction Project Participants. *Sustainability*, 15(7), 5653. <https://doi.org/10.3390/su15075653> {in English}

10. Trach, Roman, Ryzhakova, Galyna & Kryzhanovsky, Viktor, (2017). Information modeling and integrated management of the construction projects as the basis for innovative development of construction enterprise. *Management of Development of Complex Systems*, 31, 173 – 178. {in Ukrainian}

11. Ryzhakova G.M., Ryzhakov D.A., Leshchynska I.V. General methodological regulation and analytical and information support of administration processes in the modern system of construction development. *Modern problems of architecture and urban planning*. - 2019. - Issue 55. - C. 154-168. {in Ukrainian}

12. Ryzhakova G.M., Prykhodko D.O., Pokolenko V.O., Petrukha N.M. Updating of scientific and methodological approaches to the construction of a multi-criteria system for administering the activities of enterprises-stakeholders of projects. *Spatial development*. - 2022. - Issue 1. - P. 218-233. DOI: 10.32347/2786-7269.2022.1.218-233. {in English}

13. Honcharenko, T. (2022). Modern information technologies for simulation of the urban environment and creation of digital duplicate of city objects. *Management of Development of Complex Systems*, 51, 87–93, [dx.doi.org\10.32347/2412-9933.2022.51.87-93](https://doi.org/10.32347/2412-9933.2022.51.87-93). {in Ukrainian}

14. Onikienko, N.V., Petrukha, N.M., & Ryzhakova, G.M. (2023). Scientific and Applied Components of a Multicriteria System for Assessing the Innovative Development of Enterprises: Imperatives for Interaction of Integrated Structures. *Ways to Improve Construction Efficiency in the Context of Market Relations Formation*, No. 52(1), pp. 261–273. {in Ukrainian}

15. Druzhynin, Maksym, Khomenko, Oleksandr & Ryzhakova, Galyna. (2024). Methodological concept and applied principles of adaptogenic construction organization considering modern innovative and investment trends. *Management of Development of Complex Systems*, 59, 182–190. [dx.doi.org\10.32347/2412-9933.2024.59.182-190](https://doi.org/10.32347/2412-9933.2024.59.182-190). {in Ukrainian}

16. Homenko, Oleksandr, Petrenko, Hanna, Ryzhakova, Galyna, Chupryna, Yurii, Malykhina, Oksana, Petrukha, Nina & Kushnir, Olesii. (2022). Modern tools and software products for the administration of construction organizations in the conditions of transformation of operational management systems. *Management of*

Development of Complex Systems, 52, 113–125, dx.doi.org\10.32347/2412-9933.2022.52.113-125. {in Ukrainian}

17. Khomenko, O., Ryzhakova, G., Malykhina, O., Petrenko, H. & Stepaniuk, R. (2023). Target priorities and transformation formalized indicators of operational systems for construction stakeholders. *Management of Development of Complex Systems*, 56, 173–180, dx.doi.org\10.32347/2412-9933.2023.56.173-180. {in Ukrainian}

18. Krychevs'ka, Y., Ryzhakova, G., Shpakov, A., Pokolenko, V. & Prykhodko, D. (2024). Digital ecosystem in construction development: conceptual-theoretical aspects of transformation and management imperatives. *Management of Development of Complex Systems*, (60), 174–182, dx.doi.org\10.32347/2412-9933.2024.60.174-182. {in Ukrainian}

19. Krychevska, Y.V., Shpakov, A.V., & Ryzhakova, H.M. (2024). Process-oriented administration of the life cycle of development projects in the context of digital transformation of construction enterprises. *Spatial Development*, 10, 626–640. {in Ukrainian}

20. Fesun, A.S., Konchakivskyi, O.I., Stepaniuk, R.B., Ryzhakova, H.M., & Fedorova, Ya. Yu. (2024). Conceptual and analytical features of ensuring business resilience of enterprises in a multi-project construction development environment. *Construction Production*, 77, 58–66. {in Ukrainian}