

DOI: 10.32347/2412-9933.2024.59.182-190

УДК 658:69.003

Дружинін Максим Андрійович

Кандидат технічних наук, доцент, докторант кафедри менеджменту в будівництві,

<https://orcid.org/0000-0003-1821-1968>

Київський національний університет будівництва і архітектури, Київ

Хоменко Олександр Михайлович

Кандидат економічних наук, доцент, доцент кафедри організації і управління будівництвом,

<https://orcid.org/0000-0002-6242-4736>

Київський національний університет будівництва і архітектури, Київ

Рижакова Галина Михайлівна

Доктор економічних наук, професор, завідувач кафедри менеджменту в будівництві,

<https://orcid.org/0000-0002-7875-9768>

Київський національний університет будівництва і архітектури, Київ

МЕТОДОЛОГІЧНИЙ КОНЦЕПТ І ПРИКЛАДНІ ЗАСАДИ АДАПТОГЕННОЇ ОРГАНІЗАЦІЇ БУДІВНИЦТВА З УРАХУВАННЯМ СУЧАСНИХ ІННОВАЦІЙНО-ІНВЕСТИЦІЙНИХ ТРЕНДІВ

***Анотація.** Розглянуто концепцію адаптогенної організації будівництва, яка забезпечує здатність будівельних підприємств і проєктів ефективно адаптуватися до змін у зовнішньому середовищі під впливом сучасних інноваційно-інвестиційних трендів. Окреслено ключові характеристики таких організацій, включаючи цифрову трансформацію, впровадження новітніх технологій, екологічну стійкість, інноваційні методи управління з особливим акцентом на модульне будівництво та інші види післявоєнного відновлення. Розглянуто розвиток модульних технологій, що представляють різні аспекти цієї технології, від її економічних переваг до екологічних та архітектурних можливостей, і які зазнали справжнього прориву після Другої світової війни для швидкого й економічного відновлення житлового фонду. Наведено приклади провалу модульних технологій у будівництві, що стали практичними уроками для галузі. Особливу увагу приділено механізмам гнучкого управління та мінімізації ризиків, що сприяє підвищенню конкурентоспроможності будівельних компаній в умовах нестабільності та невизначеності ринку. Також досліджено інші інноваційні методики, такі як хмарочосне будівництво, реабілітація наявних будівель і впровадження зелених технологій, що стали ключовими для відновлення міст після руйнувань. Здійснено огляд сучасних стандартів будівництва й екологічного менеджменту, які допомагають Україні рухатися в напрямі сталого розвитку та покращення екологічної ситуації у будівельній сфері. Проведено аналіз міжнародних стандартів (LEED, BREEAM, ISO 14001, ISO 50001, EDGE, WELL та ін.), які сприяють підвищенню екологічності та енергоефективності в сучасних проєктах будівельного девелопмента. Наведено приклади впровадження інноваційних підходів у будівництві житлових і комерційних об'єктів, а також проєкти, які використовують принципи сталого розвитку. У статті також зазначено необхідність адаптації законодавства і впровадження нових технологій у будівельну галузь. Показано приклади успішної реабілітації наявних будівель, інноваційні підходи до створення громадських просторів та інтеграцію екологічних практик у міське середовище.*

Ключові слова: будівництво; інновації; інвестиції; управління; цифровізація; ризики; технології; екологія; модульність; стійкість; розвиток; стандарти

Постановка проблеми

Руйнування інфраструктури та житлового фонду в Україні внаслідок війни створили величезні виклики для відновлення, особливо на тлі дефіциту робочої сили й обмежених ресурсів. Традиційні методи будівництва вимагають значних людських і матеріальних витрат, що в умовах війни є складним

завданням. Крім того, війна в Україні призвела не лише до значних руйнувань, але і до значних міграційних процесів, тож тенденції ущільнення великих міст та як антитренд – розвиток передмістя, будуть ще більш відчутними під час повоєнної відбудови.

За даними Київської школи економіки (KSE), станом на січень 2024 р. в Україні понад 250 тис.

пошкоджених та зруйнованих будівель. З них – 222 тис. приватних будинків, понад 27 тис. – багатоквартирних та 526 гуртожитків. Прямі збитки від руйнувань цих об'єктів оцінюються у \$58,9 млрд. Тільки Київська область втратила за час війни: школи – 167; дороги – 1 402,3 км; лікарні – 122; житлова площа – 7,451 млн м² [1].

Людям, які втратили своє житло, потрібні нові домівки. Україну чекає відбудова і багато великих паралельних проєктів, для яких потрібна робоча сила. За Планом відновлення України тільки на 2023 – 2025 рр. очікується реалізація 580 проєктів відновлення [2].

За даними Державної служби зайнятості, станом на 1 вересня 2023 р. кількість вакансій в будівельній галузі перевищувала чисельність зареєстрованих безробітних. Дефіцит професійних кадрів на будмайданчиках України становить до 50% технічних і робітничих спеціальностей. В Україні перша відчутна хвиля кадрового голоду на будівництві розпочалася ще у 2017 р., коли набув чинності безвізовий режим України з ЄС та стався відтік кадрів до Польщі та інших країн ЄС. Також глобальна причина, через яку будівельні майданчики відчули брак робочої сили, – це непопулярність такої роботи серед молоді. Наразі компанії, які безпосередньо працюють на будівельному ринку підтверджують тенденцію до посилення кадрового голоду. Але тепер головна причина дефіциту – не відтік робочої сили за кордон, а мобілізація.

Адаптогенна організація будівництва – це концепція управління будівельними підприємствами та проєктами, що передбачає їхню здатність швидко й ефективно адаптуватися до змін у внутрішньому та зовнішньому середовищі. Така організація може реагувати на нові виклики, інноваційні тенденції та нестабільні економічні умови, використовуючи новітні підходи до управління, технологій, інвестиційних рішень та розвитку людських ресурсів. У відповідь на ці виклики модульне будівництво постає як ефективне рішення. Швидкість монтажу, економія на матеріалах та енергоефективність роблять його привабливим варіантом для тимчасового та постійного житла, а також відновлення соціальної інфраструктури, що дає змогу не лише швидко відбудувати зруйновані об'єкти, але й значно зменшити потребу в робочій силі на місцях.

Аналіз останніх досліджень і публікацій

Наукові праці [3 – 5] надають загальне уявлення про потенціал модульного будівництва як з точки зору економії часу і коштів, так і з погляду екологічної стійкості та архітектурної гнучкості. Так, Smith, R. [3] аналізує економічну ефективність

модульного будівництва порівняно з традиційними методами. Автор підкреслює, що модульне будівництво уможливило скоротити час на будівельному майданчику на 30 – 50%, оскільки більшість елементів виготовляються на заводі. Відзначено також економічну вигоду для великих проєктів, оскільки стандартизація та масове виробництво значно знижують витрати. R. M. Lawson, R. G. Ogden, & C. I. Goodier, в роботі [4] фокусуються на екологічних аспектах модульного будівництва. Автори досліджують, як використання модульних компонентів може зменшити викиди вуглекислого газу, знизити кількість будівельних відходів та підвищити енергоефективність будівель. Дослідження засвідчує, що за рахунок ефективного використання матеріалів та скорочення енергоспоживання на виробництві модулі мають значний потенціал для сталого будівництва. Автори роботи [5] розглядають архітектурні можливості модульного будівництва. Незважаючи на те, що модульні будівлі часто асоціюються з обмеженнями в дизайні, автори демонструють, що сучасні модульні технології допомагають створювати гнучкі та інноваційні архітектурні рішення. У статті розглянуто приклади багатопверхових будинків і комерційних об'єктів, збудованих із модулів, які поєднують естетику з функціональністю.

Аналіз сучасних наукових праць вітчизняних дослідників [6 – 9] стосується інтеграції технологій у будівельну галузь, можна виокремити кілька ключових аспектів, що стосуються «розумного будинку», екологічного будівництва та штучного інтелекту в девелопменті нерухомості.

У дослідженнях [10] розглянуто використання штучного інтелекту (ШІ) в управлінні будівельними проєктами, підкреслюючи його можливості щодо автоматизації й оптимізації будівельних процесів. Основні переваги ШІ полягають у прогнозуванні та аналізі ризиків, що уможливило скоротити витрати та підвищити ефективність будівельних проєктів. Проте робота [11] також відзначає, що однією з основних перешкод є складність інтеграції цих технологій в наявні будівельні процеси та недостатня підготовка кадрів для роботи зі ШІ. Праця [12] висвітлює перспективи використання ШІ у будівництві, але також вказує на потребу в адаптації професійних навичок та збільшенні інвестицій у навчання фахівців.

У дослідженні [13] автори представляють огляд інтелектуальних технологій, що використовуються в «розумних будинках», включаючи системи управління енергією, освітленням, безпекою та комунікаціями. Вони акцентують увагу на перевагах таких систем для підвищення якості життя мешканців, зокрема через автоматизацію процесів і зниження споживання енергії. Проте однією

з основних проблем є висока вартість впровадження таких технологій та проблеми з безпекою даних. Інтеграція «розумних» технологій у будинки є потужним інструментом для підвищення комфорту й енергоефективності, але потребує вдосконалення у сфері захисту даних [14]. Робота [15] визначає ключові аспекти щодо сталого будівництва й екологічного дизайну будівель, [16] охоплює питання вибору екологічних матеріалів, енергоефективних рішень та управління ресурсами. Автори [6] підкреслюють важливість впровадження принципів циркулярної економіки в будівництво для мінімізації відходів та енерговитрат на кожному етапі життєвого циклу будівлі. Праця [7] також розглядає міжнародні стандарти екологічного будівництва, такі як LEED та BREEAM.

Стійке будівництво стає основою сучасного девелопменту, зокрема через необхідність відповідати екологічним вимогам та підвищення вартості енергоносіїв [8]. У статті [9] розглянуто можливості інтеграції будівельного інформаційного моделювання (BIM) та III для забезпечення сталого будівництва. Автори [10] підкреслюють, що BIM дає змогу моделювати енергоспоживання будівлі ще на стадії проектування, тоді як III забезпечує аналіз величезних масивів даних і пропонує оптимальні рішення для підвищення енергоефективності. Це уможливує значно знизити витрати на енергію та зменшити вплив будівлі на навколишнє середовище.

Спільне використання BIM і III у будівництві допомагає досягати високих показників енергоефективності й екологічності, що є важливим кроком у напрямку сталого девелопменту. У дослідженні [11] автори розглядають роль BIM як інструменту для проектування сталих будівель. BIM допомагає оптимізувати конструкцію будівлі, вибір матеріалів і навіть експлуатаційні витрати шляхом інтеграції даних на всіх етапах будівельного процесу. Крім того, у праці розглядається, як BIM може бути використаний для досягнення сертифікації за екологічними стандартами, такими як LEED. BIM є важливим інструментом для сталого будівництва, що уможливує знизити негативний вплив на довкілля та підвищити ефективність управління будівельними проектами.

Аналізуючи наукові праці, можна зробити висновок, що інтеграція технологій, таких як модульне будівництво, штучний інтелект, «розумний будинок» і екологічне будівництво, суттєво змінює підходи до девелопменту нерухомості. III та BIM виступають як інструменти для оптимізації процесів і підвищення енергоефективності, тоді як стійке будівництво й екологічний дизайн є відповіддю на виклики екологічної кризи.

Мета статті

Метою статті є дослідження сучасних тенденцій технологічної інтеграції в будівельній галузі, які стають рушійною силою розвитку інвестиційно-будівельних проєктів. У статті проаналізовано, як інновації, зокрема модульне будівництво, технології «розумного будинку», екологічне будівництво та використання III, переосмислюють девелопмент нерухомості в Україні та світі. Прогнозується, що ці технології матимуть значний вплив на майбутній розвиток будівельної галузі, сприяючи підвищенню ефективності, енергоощадності й екологічності будівель, а також залученню інвестицій у нові проєкти.

Виклад основного матеріалу

Модульне будівництво, також відоме як промислове або збірне будівництво, є процесом зведення будівель із попередньо виготовлених модулів або елементів, які виробляються на заводах, а потім доставляються на місце для складання. Ця методика з'явилася ще на початку XX століття, але справжній прорив відбувся після Другої світової війни. Основною рушійною силою розвитку модульного будівництва в цей період була гостра потреба у швидкому відновленні житлового фонду, особливо в Європі та США, де війна зруйнувала багато будинків та інфраструктури.

Післявоєнна Європа перебувала у стані кризи, особливо у великих містах, де потрібно було забезпечити житлом мільйони людей. Першими до застосування модульних технологій звернулися Великобританія і Німеччина, де уряди активізували програму зведення тимчасових житлових комплексів, використовуючи стандартизовані будівельні компоненти. Одним із найвідоміших прикладів післявоєнного модульного будівництва у Великобританії є «префабріковані будинки» (також відомі як «*prefabs*»). Ці будинки, виготовлені на заводах з металу, деревини та інших матеріалів, могли бути швидко зібрані на місці і забезпечували людей базовим житлом у найкоротші терміни. За короткий час тисячі таких будинків були побудовані по всій Великобританії. Вони коштували значно дешевше і могли бути зведені в десятки разів швидше, ніж традиційні цегляні будинки, що було критично важливим у той час.

У Сполучених Штатах модульне будівництво також стало відповіддю на житлову кризу після війни, зокрема через величезний попит на будинки для ветеранів, які поверталися з фронту. Одним із відомих прикладів у США стало створення Levittown – першого масового передмістя, побудованого компанією Levitt & Sons у 1947 р. Хоча самі будинки не були повністю модульними, компанія впровадила

індустріальні методи виробництва і стандартизацію будівельних компонентів, що уможливило швидко зводити однотипні будинки за низькою ціною. Проект Levittown став символом американської субурбанізації та нового підходу до масового житлового будівництва.

Однією з ключових переваг модульного будівництва в цей період була можливість централізованого виробництва будівельних компонентів у контрольованих умовах заводів, що забезпечувало високу якість матеріалів та зменшення витрат. Крім того, модулі могли транспортуватися на великі відстані і швидко монтуватися на будівельному майданчику. Це допомогло значно скоротити час будівництва, що було важливо для країн, які відновлювалися після війни.

Модульне будівництво мало також значний економічний ефект. Наприклад, у післявоєнній Великобританії витрати на зведення префабрикованого будинку були в середньому на 30 – 50% нижчими порівняно з традиційними методами, що було ключовим фактором для держави, яка мала відбудувати зруйновані міста за обмеженого бюджету. Крім того, швидкість будівництва значно перевищувала традиційні підходи, що уможливило в найкоротші терміни забезпечити житлом тисячі сімей.

Прорив, який стався у цей період, заклав основу для подальшого розвитку модульного будівництва. У наступні десятиліття технологія була вдосконалена, що дало змогу використовувати модульні підходи не лише для тимчасового житла, але й для постійних будинків, офісних будівель та навіть висотних конструкцій. У ХХІ столітті модульне будівництво стало популярним у всьому світі завдяки поєднанню інноваційних матеріалів, екологічних технологій і автоматизації виробничих процесів. Наприклад, у сучасних проєктах, таких як One Central Park в Австралії (2010 – 2013), де застосовувалися готові модулі для прискорення будівництва та скорочення витрат, це дало змогу знизити витрати приблизно на 10 – 20% порівняно з традиційними методами і значно скоротити час зведення будівлі.

Хмарочосне будівництво, яке набуло особливого розвитку на початку ХХ століття в США, є результатом поєднання інженерних інновацій та зростання попиту на комерційну нерухомість у великих містах. Перші хмарочоси, такі як Flatiron Building у Нью-Йорку (1902), стали можливими завдяки винаходу сталевого каркасу та ліфтових систем. Протягом десятиліть хмарочоси символізували економічну могутність країни, і такі сучасні проєкти, як Burj Khalifa в Дубаї (2004 – 2010), є вершиною розвитку цієї технології. Вартість будівництва Burj Khalifa становила близько 1,5 мільярда доларів, що на той час вважалося

величезною сумою, проте його завершення привернуло до Дубая мільйони туристів і значні інвестиції, тим самим повертаючи вкладені кошти через економічні вигоди. Хмарочосне будівництво також стало можливим завдяки сучасним системам енергозбереження та високошвидкісним ліфтам, що значно підвищило ефективність використання простору у вертикальному напрямку.

Органічне будівництво виникло під впливом архітектурних ідей таких архітекторів, як Френк Ллойд Райт. Він став засновником концепції гармонії між будівлею та природним середовищем, що була застосована у його проєктах, наприклад у будинку «Fallingwater» (1936) у США. Ця методика отримала нове життя в сучасних проєктах завдяки поєднанню з екологічними технологіями, як, наприклад, у проєкті Zaha Hadid Galaxy Soho у Китаї (2009 – 2012). Вартість цього проєкту становила 1 мільярд доларів, а його інноваційна органічна форма уможливила створити унікальний простір, що не лише привернуло увагу з естетичної точки зору, а й забезпечило ефективне використання ресурсів. Порівняно з традиційними прямокутними структурами, органічні форми вимагають значно більше інженерних зусиль, однак економічний ефект від таких проєктів включає підвищену привабливість для бізнесу та туристів, що виправдовує збільшені витрати.

Щодо *«розумного міста»*, яке характеризується впровадженням технологій Інтернету речей (IoT) та інтеграцією інформаційних систем для управління інфраструктурою, то цей підхід вперше було випробувано у таких проєктах, як Songdo IBD у Південній Кореї (2003 – 2022). Songdo став одним із перших міст, де було впроваджено повну цифрову інфраструктуру для оптимізації використання енергії, води та транспортних ресурсів. Вартість проєкту перевищила 40 мільярдів доларів, однак технології розумного міста дали змогу скоротити витрати на обслуговування інфраструктури на 30 – 40% порівняно з традиційними містами. Цей проєкт продемонстрував, що інвестиції у розумні технології можуть мати довгостроковий економічний ефект завдяки підвищенню ефективності використання ресурсів.

Екологічне будівництво, також відоме як «зелене» будівництво, почало розвиватися наприкінці ХХ століття у відповідь на глобальні кліматичні зміни. Один із перших великих проєктів у цьому напрямі був Masdar City в Об'єднаних Арабських Еміратах (2006-поточний час). Масдар Сіті був спроектований як місто з нульовим викидом вуглецю, що використовує сонячні панелі та системи відновлюваної енергії для забезпечення своїх потреб. Вартість проєкту оцінюється у 22 мільярди доларів, але очікується, що довгостроковий економічний ефект буде включати скорочення витрат на енергію

та приваблення інвесторів, що робить його унікальним зразком для наслідування в усьому світі. Порівняно з традиційними методами, екологічне будівництво дає змогу зменшити енергоспоживання будівель на 40 – 60%, що особливо важливо в умовах зростаючих цін на енергоносії.

Узагальнюючи, можна сказати, що розвиток кожної з цих будівельних методик був пов'язаний зі змінами в технологіях та економічних умовах. Перші хмарочоси стали можливими завдяки інженерним

новаціям, органічне будівництво впроваджувало концепцію гармонії з природою, а модульне та екологічне будівництво уможливило підвищити ефективність з точки зору витрат і часу. Всі ці підходи мають значний економічний ефект порівняно з наявними на момент їх появи методами будівництва, що пояснюється їхньою інноваційною природою та здатністю адаптуватися до сучасних викликів (таблиця).

Таблиця – Основні параметри реалізації будівельних проектів із застосуванням інноваційних технологій

Назва проекту	Країна	Період	Методика будівництва	Використання нових технологій	Вартість (млн \$)	Джерела фінансування	Забудовники
One Central Park	Австралія	2010 – 2013	Модульне будівництво	Зелені фасади, системи очищення повітря	600	Приватні інвестори, кредити	Frasers Property
Bosco Verticale	Італія	2009 – 2014	Традиційне + інноваційне	Вертикальний сад, енергоефективність	210	Муніципалітет, приватні фонди	Coima SGR, Hines
Burj Khalifa	OAE	2004 – 2010	Сучасне хмарочосне	Вітрові екрани, ліфти високої швидкості	1500	Приватні, урядові фонди	Emaar Properties
The Edge	Нідерланди	2012 – 2015	Стийке будівництво	Інтернет речей, автоматизація офісів	270	Приватні інвестори	OVG Real Estate
Masdar City	OAE	2006 – теперішній час	Екологічне будівництво	Сонячні панелі, енергоефективність	22000	Урядові фонди, приватні інвестори	Mubadala Development
Songdo IBD	Південна Корея	2003 – 2022	Розумне місто	Інтеграція технологій IoT	40000	Державні, приватні фонди	Gale International
Hudson Yards	США	2012 – 2024	Урбаністичне будівництво	Енергоефективність, інтегровані технології	25000	Приватні інвестори, кредити	Related Companies
Marina Bay Sands	Сінгапур	2006 – 2010	Традиційне + інноваційне	Інтеграція розважальних технологій	5700	Приватні інвестори, урядові фонди	Las Vegas Sands
Kingdom Tower	Саудівська Аравія	2013 – 2023	Хмарочосне	Системи захисту від вітру, високошвидкісні ліфти	1300	Приватні інвестори	Jeddah Economic Co.
Battersea Power Station	Велика Британія	2013 – 2021	Реставрація + нове	Збереження історичної спадщини, енергоефективність	9000	Приватні інвестори	Battersea Power Station Development Co.
The Shard	Велика Британія	2009 – 2012	Традиційне + хмарочосне	Системи управління енергією	2400	Приватні інвестори	Sellar Property Group
La Défense Towers	Франція	2010 – 2017	Урбаністичне	Енергоефективність, автоматизація	3000	Приватні інвестори	Vinci, Bouygues
Lujiazui Finance City	Китай	2008 – 2019	Хмарочосне	Розумні будинки, енергоефективність	8000	Державні інвестиції, приватні фонди	China State Construction
Zaha Hadid Galaxy Soho	Китай	2009 – 2012	Органічне будівництво	Інноваційна форма, енергоефективність	1000	Приватні інвестори	Soho China
Uptown Tower	OAE	2017 – 2023	Хмарочосне	Високошвидкісні ліфти, енергоефективність	1500	Приватні інвестори	DMCC

Водночас відомі приклади провалу модульних технологій у будівництві, що стали уроками для галузі [18]. Незважаючи на значні переваги модульного будівництва, пов'язані з економією часу і коштів, деякі проекти не досягли успіху через низку факторів, таких як погана якість матеріалів, недостатнє планування або проблеми з управлінням. Наведемо кілька відомих прикладів провалів у сфері модульного будівництва.

Як уже згадувалося, Велика Британія після Другої світової війни активно впроваджувала модульне будівництво у вигляді префабрикованих будинків для вирішення житлової кризи. Ці будинки виготовлялися з легких матеріалів і швидко зводилися. Однак багато з них не витримали випробування часом через низку якість матеріалів та конструкцій. Переважно вони призначалися для тимчасового використання (до 10 – 15 рр.), але багато таких будинків залишалися в експлуатації значно довше, що призвело до серйозних структурних проблем, таких як корозія металевих каркасів, протікання дахів і загальна зношеність. У результаті, на початку 1960-х рр. уряд був змушений розпочати програму заміни та знесення багатьох таких будівель через їхній аварійний стан.

У США, хоча проект «Pruitt-Igoe Housing Project» не був повністю модульним, він є прикладом масштабного невдалого житлового будівництва, де застосовувалися збірні елементи. Цей проект було побудовано в Сент-Луїсі в 1950-х рр. як частина державної програми з надання доступного житла. Однак через неефективне планування, економічні проблеми та соціальні конфлікти цей проект став символом провалу житлового будівництва. Використання стандартних збірних елементів зробило житловий комплекс одноманітним і непридатним для комфортного життя, а відсутність належного управління призвела до швидкого занепаду будівель. Врешті-решт, у 1972 р. комплекс було знесено після того, як він став не лише економічно невігідним, але й соціально небезпечним.

У післявоєнний період Франція (1960 – 1970-ті рр.) також експериментувала з модульними технологіями, зводячи великі житлові комплекси для робітничого класу. Одним із прикладів багатоповерхових модульних будинків є житлові будинки на околицях Парижа, які будувалися із використанням збірних бетонних блоків. Хоча на початку такі технології забезпечували швидке будівництво, з часом виявилися серйозні недоліки. Через неякісну ізоляцію, погану вентиляцію та низьку якість матеріалів багато будівель стикалися з проблемами вологозахисту, цвілі та загальної деградації. У 1980-х рр. уряд Франції почав масштабну програму реновації цих житлових

масивів, але багато з них були визнані невідповідними для життя.

Житловий комплекс Robin Hood Gardens (Лондон, Великобританія), побудований у 1970-х рр. із застосуванням збірних конструкцій і елементів модульного будівництва, спочатку позиціонувався як прогресивний соціальний житловий проект. Він був розроблений архітекторами Елісон і Пітером Смітсонами та мав забезпечити комфортне житло для мешканців у густозаселеному Лондоні. Однак проект зіткнувся з численними проблемами. Через низьку якість будівельних матеріалів і конструкцій комплекс швидко прийшов у занепад, а антисоціальна поведінка та високий рівень злочинності зробили його непридатним для життя. У 2017 р. було ухвалено рішення про знесення комплексу.

Murray Grove (Лондон) – один із перших багатоповерхових модульних проектів у Великобританії, який був побудований у 1999 р. Він складався з 29 модульних одиниць і був розроблений для швидкого й економічного зведення. Однак проект зіткнувся з технічними й експлуатаційними проблемами, такими як погана звукоізоляція між поверхами, недостатня енергоефективність і складнощі з обслуговуванням інженерних систем. Хоча проект набув певного визнання за інноваційність, він не досяг очікуваного рівня якості, тож надалі подібні проекти вимагали доопрацювання технологій.

Провали модульних технологій переважно пов'язані з кількома ключовими факторами: неякісне планування, використання дешевих матеріалів, погане управління проектами та недооцінка довгострокових потреб будівель. Попри це, модульне будівництво продовжує розвиватися і вдосконалюватися, що допомагає уникати багатьох проблем минулого, але ці приклади є важливими уроками для індустрії.

У США негативний досвід провалу модульних технологій у будівництві було враховано під час розроблення програм соціального житла та відбудови після природних катастроф, які стали відповіддю на численні виклики, пов'язані зі змінами клімату, стихійними лихами та соціальною нерівністю. Після урагану Катрина в 2005 р., який зруйнував багато районів Нового Орлеана, з'явилася потреба у швидкому відновленні житлового фонду. Проект "New Orleans East" реалізовувався з використанням модульного будівництва, що дало змогу звести житло в рекордно короткі терміни. Завдяки цьому проекту було відновлено близько 1,500 житлових одиниць, що забезпечило дах над головою для тисяч людей.

Наступним важливим етапом стала програма відновлення після урагану Сенді в 2012 р., коли багато домівок у Нью-Йорку та Нью-Джерсі були

знищені. У проєкті "Sandy Recovery" використано каркасне будівництво, яке уможливило швидше зводити нові конструкції. Вартість програми склала близько \$2 млрд, зокрема для відновлення 5000 житлових одиниць. З цією метою залучили як державне фінансування, так і приватні інвестиції, що забезпечило сталість проєкту. Програма "Rebuild by Design", започаткована в 2013 р., націлювалася на стійкість інфраструктури до змін клімату. Завдяки інтегрованому проєктуванню, яке враховувало ризики стихійних лих, було реалізовано інноваційні рішення, такі як система збору дощової води та екологічні технології. У цій програмі знову ж таки мова йшла про відновлення житла, яке стало доступним для тисяч людей у постраждалих районах. Загалом було відновлено приблизно 2000 житлових одиниць. Модульне будівництво стало важливою складовою індустрії, особливо в умовах швидкого економічного й урбаністичного зростання. Його розвиток у післявоєнний період продемонстрував здатність цієї технології забезпечувати швидкі й економічно вигідні рішення в умовах кризи, що залишило глибокий слід у будівельній індустрії.

Соціально-відповідальний менеджмент у цих проєктах проявлявся через активну участь місцевих громад у процесі проєктування та будівництва. Для багатьох проєктів створювалися програми професійної підготовки для місцевих жителів, що уможливило не лише забезпечити робочі місця, а й підвищити рівень кваліфікації населення. Крім того, під час реалізації проєктів акцентувалося увагу на екологічній стійкості й енергоефективності, що позитивно вплинуло на довгострокове використання житлових одиниць. Усе це свідчить про те, що програми відбудови та соціального житла в США не лише намагаються вирішити нагальні проблеми, але й формують основи для стійкого розвитку місцевих громад у майбутньому.

Висновки

Адаптогенна організація будівництва – це модель, яка поєднує інновації, інвестиційні підходи й управлінські рішення для створення будівельних процесів, здатних швидко змінюватися відповідно до умов ринку та нових викликів. В умовах сучасних інноваційно-інвестиційних трендів вона передбачає гнучкість і готовність до змін, що стає ключовим фактором успішного розвитку. Цифрова трансформація, включаючи впровадження таких технологій, як BIM, Інтернет речей, штучний інтелект і автоматизація, сприяє покращенню процесів управління й оптимізації будівельних проєктів. Використання новітніх методів фінансування, таких як блокчейн-технології та краудфандинг, дає змогу будівельним компаніям забезпечити стійке фінансування та прозорість операцій. Адаптогенність також вимагає підвищеної уваги до ризиків і непередбачуваних факторів, що досягається через застосування великих даних для прогнозування економічних змін та аналізу ринкових трендів. Екологічна стійкість стає ще одним важливим аспектом, тому використання зелених технологій і впровадження енергоефективних рішень допомагає будівельним організаціям адаптуватися до сучасних вимог сталого розвитку. Водночас увага до людського капіталу, розвиток навичок і компетенцій працівників, зокрема у сфері цифрових технологій, є важливою умовою для успішної адаптації до нових викликів. Адаптогенна організація будується на інтеграції інноваційних підходів та інвестиційних рішень, що допомагає їй не лише зберігати конкурентоспроможність, але й задавати тон у розвитку будівельної галузі в умовах швидкоплинних змін.

Список літератури / References

1. Kyiv School of Economics. (2024). *Russia will pay*. <https://kse.ua/>
2. Government of Ukraine. (2023). *Recovery plan of Ukraine: 2023-2025*. <https://recovery.gov.ua/>
3. Smith, R. (2021). Modular Versus Conventional Construction: An Analysis of Cost and Benefits via a Case Study. *Collaboration and Integration in Construction, Engineering, Management and Technology*. Springer. pp. 101–120. https://doi.org/10.1007/978-3-030-48465-1_101
4. Lawson, R. M., Ogden, R. G., & Goodier, C. I. (2014). *Design in Modular Construction*. CRC Press. 350 p.
5. Chernyshev, D., Ryzhakova, G., Honcharenko, T., Petrenko, H., Chupryna, I., & Reznik, N. (2022, March). Digital administration of the project based on the concept of smart construction. In *International Conference on Business and Technology* (pp. 1316-1331). Cham: Springer International Publishing.
6. Berezutskyi, I., Honcharenko, T., Ryzhakova, G., Tykhonova, O., Pokolenko, V., & Sachenko, I. (2024, May). Methodological Approach for Choosing Type of IT Projects Management. In *2024 IEEE 4th International Conference on Smart Information Systems and Technologies (SIST)* (pp. 14–19). IEEE.
7. Trach, R., Khomenko, O., Trach, Y., Kulikov, O., Druzhyinin, M., Kishchak, N., & Obodianska, O. (2023). Application of fuzzy logic and SNA tools to assessment of communication quality between construction project participants. *Sustainability*, 15 (7), 5653.

8. Trach, R., Ryzhakova, G., Trach, Y., Shpakov, A., & Tyvoniuk, V. (2023). Modeling the Cause-and-Effect Relationships between the Causes of Damage and External Indicators of RC Elements Using ML Tools. *Sustainability*, 15 (6), 5250.
9. Chupryna, I., Ryzhakova, G., Biloshchytskyi, A., Tormosov, R., Gonchar, V., & Chupryna, K. (2022). Designing a toolset for the formalized evaluation and selection of reengineering projects to be implemented at an enterprise. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 1 (13), 115.
10. Ryzhakova, G., Honcharenko, T., Predun, K., Petrukha, N., Malykhina, O., & Khomenko, O. (2023, May). Using of Fuzzy Logic for Risk Assessment of Construction Enterprise Management System. In *2023 IEEE International Conference on Smart Information Systems and Technologies (SIST)* (pp. 208–213). IEEE.
11. Bielienkova, O., Ryzhakova, G., Kulikov, O., Akselrod, R., & Loktionova, Y. (2024). Formation of Organizational Change Management Strategies Based on Fuzzy Set Methods. In *Data-Centric Business and Applications: Modern Trends in Financial and Innovation Data Processes 2023*. Volume 1 (pp. 251–275). Cham: Springer Nature Switzerland.
12. Roman, Akselrod, Andrii, Shpakov, Galyna, Ryzhakova, Tatiana, Honcharenko, & Hanna, Shpakova. (2022). Integration of data flows of the construction project life cycle to create a digital enterprise based on building information modeling. *International Journal of Emerging Technology and Advanced Engineering*, 12 (1), 40–50.
13. Ryzhakova, G., Kishchak, N., Mironov, A., Chupryna, K., Shpakova, H., & Veremeiev, S. (2021). Defining components of the methodological platform for the transformation of the management system of construction companies in the context of digitalization. *Management of development of complex systems*, (48), 95–101.
14. Tormosov, R., Chupryna, I., Ryzhakova, G., Pokolenko, V., Prykhodko, D., & Faizullin, A. (2021, April). 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. In *2021 IEEE International Conference on Smart Information Systems and Technologies (SIST)* (pp. 1–9). IEEE.
15. Ryzhakova, G., Honcharenko, T., Predun, K., Petrukha, N., Malykhina, O., & Khomenko, O. (2023, May). Using of Fuzzy Logic for Risk Assessment of Construction Enterprise Management System. In *2023 IEEE International Conference on Smart Information Systems and Technologies (SIST)* (pp. 208–213). IEEE.
16. Ryzhakova, G., Petrukha, S., Petrukha, N., Krupelnyska, O., & Hudenko, O. (2022). Agro-food value added chains: methodology, technique and architecture. *Financial & Credit Activity: Problems of Theory & Practice*, 4 (45).
17. Marchuk, T., Ryzhakov, D., Ryzhakova, G., & Stetsenko, S. (2017). Identification of the basic elements of the innovationanalytical platform for energy efficiency in project financing. *Investment management and financial innovations*, 14 (4), 12–20.
18. Modular Building Institute. (n.d.). *History of Modular Construction*. Retrieved from https://www.modular.org/HtmlPage.aspx?name=about_history

Стаття надійшла до редколегії 02.09.2024

Druzhynin Maksym

PhD (Eng.), Associate Professor, Doctoral Student at the Department of Management in Construction,
<https://orcid.org/0000-0003-1821-1968>

Kyiv National University of Construction and Architecture, Kyiv

Khomenko Oleksandr

PhD (Economics), Associate Professor, Associate Professor of the Department of Management in Construction,
<https://orcid.org/0000-0002-6242-4736>

Kyiv National University of Construction and Architecture, Kyiv

Ryzhakova Galyna

DSc (Economics), Professor, Head of the department of management in construction,
<https://orcid.org/0000-0002-7875-9768>

Kyiv National University of Construction and Architecture, Kyiv

METHODOLOGICAL CONCEPT AND APPLIED PRINCIPLES OF ADAPTOGENIC CONSTRUCTION ORGANIZATION CONSIDERING MODERN INNOVATIVE AND INVESTMENT TRENDS

Abstract. *The article explores the concept of adaptogenic construction organization, which ensures the ability of construction enterprises and projects to effectively adapt to changes in the external environment under the influence of modern innovative and investment trends. The key characteristics of such organizations are outlined, including digital transformation, the implementation of advanced technologies, ecological sustainability, and innovative management methods with a particular emphasis on modular construction and other types of post-war reconstruction. The development of modular technologies is examined, covering various aspects of this approach, from its economic benefits to ecological and architectural opportunities, which experienced*

a breakthrough after World War II for the rapid and cost-effective restoration of housing stock. Examples of failures in modular construction technologies are provided, serving as practical lessons for the industry. Special attention is paid to flexible management mechanisms and risk minimization, which enhance the competitiveness of construction companies in conditions of market instability and uncertainty. Other innovative methods, such as skyscraper construction, rehabilitation of existing buildings, and the introduction of green technologies, are also explored, as they have become crucial for urban recovery after destruction. The article reviews modern construction standards and ecological management practices, which help Ukraine move toward sustainable development and improve the environmental situation in the construction sector. An analysis of international standards (LEED, BREEAM, ISO 14001, ISO 50001, EDGE, WELL, and others) is conducted, which contribute to increasing sustainability and energy efficiency in modern construction development projects. Examples of the implementation of innovative approaches in the construction of residential and commercial buildings are presented, as well as projects that apply sustainable development principles. The article also emphasizes the need for legislative adaptation and the introduction of new technologies in the construction industry. Successful examples of the rehabilitation of existing buildings, innovative approaches to the creation of public spaces, and the integration of ecological practices into urban environments are highlighted.

Keywords: construction; innovation; investment; management; digitalization; risks; technology; ecology; modularity; sustainability; development; standards

Посилання на публікацію

- APA 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.
- ДСТУ Дружинін М. А., Хоменко О. М., Рижаківа 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, dx.doi.org/10.32347/2412-9933.2024.59.182-190.