

СТАЛИЙ РОЗВИТОК І ЦИФРОВІЗАЦІЯ - ГОЛОВНІ ТЕНДЕНЦІЇ РОЗВИТКУ БУДІВНИЦТВА

У статті розглядаються ключові тенденції трансформації будівельної галузі в контексті сталого розвитку та цифровізації, які виступають домінантними напрямками сучасного економічного, соціального та технічного прогресу. Обґрунтовано, що сталий розвиток у будівництві — це не лише екологічна відповідальність, але й комплексна стратегія довгострокової ефективності, що включає раціональне використання ресурсів, зменшення викидів CO₂, підвищення енергоефективності та врахування соціальних чинників у проектуванні, зведенні й експлуатації об'єктів нерухомості. Автори акцентують увагу на тому, що в умовах зростання екологічних ризиків та жорсткішання нормативного регулювання саме сталий підхід до проектування й будівництва стає конкурентною перевагою для девелоперських компаній.

Цифровізація розглядається як потужний рушій інновацій в будівельній сфері, що забезпечує кардинальну зміну методів планування, реалізації та контролю проєктів. Проаналізовано сучасні цифрові технології, що найактивніше впроваджуються в будівництві: BIM-модельовання (Building Information Modeling), ERP-системи управління ресурсами, цифрові платформи для моніторингу процесів у режимі реального часу, а також системи управління життєвим циклом об'єкта (LCC). Підкреслено, що саме інтеграція цифрових рішень дозволяє оптимізувати витрати, зменшити проєктні ризики, підвищити якість та безпеку об'єктів.

У статті визначено синергетичний ефект поєднання сталого розвитку й цифровізації: цифрові технології виступають інструментом реалізації принципів сталого будівництва, забезпечуючи прозорість, контрольованість і прогнозованість девелоперських процесів. Розглянуто приклади світової практики цифрово-екологічних трансформацій у будівництві, зокрема запровадження цифрових паспортів будівель, цифрового контролю вуглецевого сліду та автоматизованих систем енергоменеджменту.

Зроблено висновок, що перехід будівельної галузі до парадигми сталого розвитку в поєднанні з цифровою трансформацією є не просто трендом, а імперативом для збереження конкурентоспроможності, підвищення

стійкості до зовнішніх загроз та формування нового типу будівельного середовища — екологічно нейтрального, адаптивного та інтелектуального.

Ключові слова: *сталий розвиток, цифровізація, цифрова трансформація, конкурентоспроможність, будівництво, екосистемний підхід, цифрово-екологічні трансформації.*

Вступ. Необхідність дослідження зумовлена глибокими трансформаційними процесами, які відбуваються в будівельній галузі під впливом глобальних викликів і нових стратегічних орієнтирів. Сучасне будівництво перебуває на етапі переходу від традиційних, енергоємних та неекологічних практик до інноваційно-адаптивної моделі, що базується на принципах сталого розвитку та цифрової трансформації.

По-перше, кліматичні зміни, зростаючий тиск екологічних стандартів і міжнародні зобов'язання щодо вуглецевої нейтральності вимагають перегляду методів проєктування, реалізації та експлуатації об'єктів нерухомості. Сталий розвиток, як стратегічний пріоритет, зумовлює необхідність впровадження енергоефективних, ресурсозберігаючих, екологічно збалансованих рішень, які стають обов'язковими як у державному, так і в корпоративному сегменті будівництва.

По-друге, цифровізація відкриває принципово нові можливості для підвищення ефективності, прозорості й контрольованості будівельних процесів. Інструменти BIM-моделювання, ERP-системи, IoT, технології штучного інтелекту та блокчейну змінюють логіку управління проєктами, скорочують витрати, зменшують ризики та покращують якість прийняття рішень. Однак водночас цифрова трансформація породжує і нові виклики — зокрема, пов'язані з кібербезпекою, кваліфікацією персоналу, потребою у стандартизації та нових підходах до інтеграції технологій.

По-третє, в умовах геополітичної нестабільності, економічної турбулентності, воєнних викликів і дефіциту ресурсів, будівельна галузь потребує гнучких і стійких моделей розвитку, які дозволяють забезпечити безперервність діяльності, адаптацію до зовнішніх загроз і конкурентоспроможність на внутрішньому й міжнародному ринках. Дослідження сталого розвитку та цифровізації в контексті сучасних викликів дозволяє сформувати теоретико-прикладну базу для оновлення стратегій будівельних підприємств, механізмів державної політики, а також освітніх і наукових програм.

Таким чином, дана тематика є вкрай актуальною та соціально значущою, оскільки вона поєднує два ключові вектори трансформації галузі — екологічну відповідальність і технологічне оновлення, що у сукупності визначають нову парадигму розвитку будівництва в XXI столітті.

Аналіз досліджень і публікацій. Аналіз літературних джерел свідчить про глибоку трансформацію наукового дискурсу у сфері будівництва, що зосереджується на пошуку рішень для досягнення сталого розвитку та екологічної рівноваги. У роботі Бібік Н. В. [1] представлено екологічне будівництво як інноваційний підхід до формування сталого розвитку України, з акцентом на впровадження природоорієнтованих рішень у міське середовище. Орловський Є.С. [2] висвітлює теоретичні засади становлення екологічного будівництва, розглядаючи його як важливу складову сталого розвитку з позицій екологічної модернізації. Шпакова Г.В. [3] досліджує біосферосумісність як ключовий принцип архітектурного проєктування, вказуючи на потребу нових стратегій у взаємодії з природним середовищем.

Колективна монографія [4] окреслює організаційно-технологічні аспекти інжинірингу в будівництві, що лежать в основі сучасних підходів до управління складними будівельними процесами. Праця Ізмайлової К.В. [5] демонструє зв'язок між проєктними рішеннями та енергоефективністю, обґрунтовуючи необхідність глибшої регресійної оцінки впливу проєктних параметрів на споживання енергії. У роботі Беленкової О.Ю. [6], а також у її монографії [12] і статтях [13], [17], представлено цілісну модель сталого розвитку як основу конкурентоспроможності будівельних підприємств. Автор аналізує галузеві тенденції та пропонує механізми стратегічного управління у змінному середовищі.

Монографії [7], [13], [14] розглядають техніко-економічні параметри об'єктів нерухомості, підкреслюючи зростаюче значення цифрового моделювання та економетричного інструментарію у прийнятті управлінських рішень. У роботах Тугая А.М. та співавторів [8], [9], [10], [11] систематизовано економічні основи будівництва та діяльності будівельних організацій. Праці Stetsenko S.P. [15] Shkuratov O [21], виявляє взаємозв'язок цифрових технологій із організаційно-економічними механізмами адаптації до змін, акцентуючи на ролі гнучких структур.

Посібник Максимова А.С. [16] та праці Гусарової Л.В. і Боліли Н.В. [17] аналізують роль енергоефективності та екологічної безпеки як факторів сталого розвитку на муніципальному рівні та в корпоративному управлінні. Бредіхін В.М. і Вербицька В.І. [18] акцентують увагу на «зелених» інноваціях у будівництві, визначаючи перспективні напрямки розвитку технологій. Важливу увагу приділено впровадженню стандартів енергоефективності в об'єктах невиробничого призначення [19], ідентифікації ключових елементів інноваційних аналітичних платформ для фінансування [20], а також економічним аспектам використання вторинних ресурсів у будівництві [22]. Окреме місце посідає дослідження

системи сертифікації в Україні [23], що відображає перехід до нових підходів оцінки ефективності та сталості будівельних проєктів.

Огляд джерел свідчить про зростаючу інтеграцію цифрових технологій, екологічного підходу та системного бачення у практику управління будівельними проєктами, що формує наукове підґрунтя для подальших міждисциплінарних досліджень у сфері сталого та інноваційного розвитку будівництва.

Постановка задачі. Метою даної статті є аналіз і систематизація теоретичних підходів і практичних рекомендацій щодо впровадження принципів екологічного деvelopeмента і цифровізації в діяльність учасників будівництва.

Основна частина. Вимоги до формування нового будівельного середовища ґрунтуються на поєднанні принципів сталого розвитку, цифрової трансформації та адаптивності до зовнішніх викликів. У сучасних умовах це середовище має виходити за межі традиційного підходу до будівництва і враховувати економічні, соціальні, екологічні та технологічні виміри.

1. Екологічна нейтральність. Нове будівельне середовище має бути орієнтованим на зниження вуглецевого сліду, мінімізацію енергоспоживання, впровадження енергоефективних рішень, використання екологічних матеріалів, а також замкнених циклів ресурсів (ресайклінг, повторне використання).

2. Цифровізація процесів. Всі етапи — від проєктування до експлуатації об'єктів — повинні бути охоплені сучасними цифровими інструментами, такими як BIM-моделювання, цифрові платформи управління, системи моніторингу в реальному часі, інтелектуальні сенсори, технології Інтернету речей (IoT).

3. Адаптивність і гнучкість. Будівельне середовище повинно бути здатним адаптуватися до кліматичних змін, техногенних ризиків, соціальних потреб і нових технологічних вимог. Це передбачає модульність, можливість реконфігурації, швидке оновлення інженерної інфраструктури.

4. Інтелектуалізація об'єктів. Сучасні будівлі мають виконувати не лише функцію житла чи робочого простору, але й бути учасниками цифрової екосистеми: саморегулювати споживання енергії, реагувати на поведінку користувачів, аналізувати дані про своє функціонування.

5. Соціальна орієнтація та інклюзивність. Формування нового середовища повинне враховувати комфорт, безпеку, доступність для різних категорій населення, забезпечення належної якості життя, зокрема за рахунок «розумної» інфраструктури та інтеграції об'єктів у міський простір.

6. Економічна ефективність протягом життєвого циклу. Підхід до будівництва повинен враховувати повний життєвий цикл об'єкта: від проектування до утилізації. Оптимізація витрат у довгостроковій перспективі повинна поєднуватися з екологічною доцільністю.

Оскільки головними тенденціями розвитку будівництва є [6]: «інтеграція України в європейський економічний простір та гармонізація стандартів з ЄС; активне впровадження енергоощадних технологій та розвиток відновлюваної енергетики; реалізація екологічних проєктів із використанням «зелених» технологій і матеріалів; дерегуляція регуляторного середовища у будівництві; а також вплив фінансових, політичних і воєнних криз на економіку та галузь у цілому»

Формування нового будівельного середовища — це багатовекторний процес, який вимагає інтеграції технологічних інновацій, екологічного мислення та стратегічного бачення майбутнього життєвого простору.

Схема на рис.1 ілюструє новий тип будівельного середовища, сформований на перетині двох ключових трендів: сталого розвитку та цифрової трансформації. У центрі композиції розташовано ядро — "Інтелектуальне, екологічно нейтральне та адаптивне середовище" — як цільовий орієнтир для сучасної будівельної галузі. Навколо цього ядра візуалізовані три ключові блоки впливу:

1. Сталий розвиток — містить підблоки:

1. Енергоефективність;
2. Використання відновлюваних ресурсів;
3. Екологічна сертифікація;
4. Зменшення вуглецевого сліду;
5. Стале управління життєвим циклом об'єктів.

2. Цифрова трансформація — представлена такими елементами:

1. BIM-моделювання;
2. Цифрові двійники;
3. Інтернет речей (IoT);
4. Аналітика великих даних;
5. AI-асистоване управління проєктами.

3. Конкурентоспроможність і стійкість — утворює зовнішній контур і підкреслює результати впровадження нової парадигми:

1. Адаптація до ризиків;
2. Прозорість та керованість процесів;
3. Гнучкість в умовах нестабільності;
4. Підвищення цінності для інвесторів;
5. Соціальна прийнятність забудови.

Така будова передає логіку переходу галузі до екосистемного підходу, де екологічні цілі, цифрові технології та економічна безпека об'єднані в інтегровану модель майбутнього будівництва.

Екосистемний підхід у будівництві — це цілісна управлінська та стратегічна концепція, що базується на інтеграції всіх учасників, процесів і ресурсів будівельної галузі в єдину, взаємозалежну систему, орієнтовану на сталість, ефективність, інноваційність і безпеку. Цей підхід розглядає будівництво не як ізольований технологічний процес, а як частину ширшої соціально-економічної, природоохоронної та цифрової екосистеми.



Рис. 1. Вимоги до формування нового будівельного середовища
Складено автором

В основі екосистемного підходу лежить ідея *системної взаємодії* між:

1. девелоперами, підрядниками, постачальниками матеріалів і обладнання;
2. інвесторами, замовниками, органами влади, фінансовими установами;
3. цифровими платформами, технологічними інструментами та інтелектуальними системами управління;
4. навколишнім середовищем, локальними громадами та інфраструктурним середовищем міста.

У такій системі ключовим стає не лише результат (збудований об'єкт), а й процес створення вартості, яка враховує екологічні, соціальні, економічні та технологічні чинники. Цілі екосистемного підходу включають:

1. оптимізацію ресурсів через циркулярну економіку та енергоефективність;

- 2.підвищення прозорості та контрольованості** завдяки цифровим інструментам (BIM, IoT, ERP, AI);
- 3.формування партнерських зв'язків між усіма учасниками проєкту;
- 4.адаптивність до ризиків через сценарне планування та ризик-орієнтовані стратегії;
- 5.екологічну нейтральність та відповідальність перед суспільством.

Таким чином, екосистемний підхід дозволяє будівельним компаніям ефективніше реагувати на виклики сучасності — від змін клімату та цифрової революції до нестабільності ринків і зростання вимог до якості життя. Він стає основою для **нової моделі конкурентоспроможності**, де ключовими перевагами є стійкість, інноваційність та цінність для всіх стейкхолдерів.

Таблиця 1

Вплив цифрових технологій в будівництві на досягнення екологічних ефектів:

Цифрова технологія	Короткий опис	Екологічні ефекти
BIM-модельовання (Building Information Modeling)	Створення цифрової моделі будівлі з інтегрованими даними про матеріали, енергетику та інженерні рішення	- Оптимізація використання матеріалів- Зниження будівельних відходів- Проєктування енергоефективних рішень- Аналіз вуглецевого сліду
ERP-системи (Enterprise Resource Planning)	Комплексне управління ресурсами компанії: фінанси, матеріали, кадри, логістика	- Зменшення перевитрат ресурсів- Контроль логістики з мінімізацією викидів CO ₂ - Оптимізація ланцюгів постачання для скорочення екологічного сліду
Цифрові платформи моніторингу в реальному часі	Системи збору й аналізу даних про будівельні процеси в режимі онлайн	- Контроль енергоспоживання та викидів- Швидке реагування на екологічні відхилення- Попередження нерационального використання ресурсів
Системи управління життєвим циклом (LCC – Life Cycle Costing)	Інструменти оцінки витрат і впливу на довкілля на всіх етапах експлуатації будівлі	- Прийняття рішень на користь сталих матеріалів та технологій- Мінімізація експлуатаційних витрат і енергоспоживання- Довгострокове скорочення вуглецевого сліду

Розроблено автором

Представлена у таблиці 1 інформація демонструє, як ключові сучасні цифрові технології, що активно впроваджуються у сфері будівництва, сприяють досягненню екологічних ефектів і реалізації принципів сталого розвитку.

1. BIM-моделювання (Building Information Modeling) забезпечує створення інтегрованої цифрової моделі об'єкта з урахуванням геометрії, характеристик матеріалів, енерговитрат, що дозволяє зменшити втрати ресурсів, скоротити будівельні відходи та спрогнозувати вуглецевий слід ще на етапі проєктування.

2. ERP-системи управління ресурсами дозволяють ефективно планувати закупівлі, контролювати постачання та витрати ресурсів. Це забезпечує раціональне використання матеріалів і зменшення непродуктивних витрат, а також знижує екологічне навантаження через оптимізацію логістичних процесів.

3. Цифрові платформи для моніторингу в реальному часі надають можливість оперативного контролю за всіма виробничими і технічними параметрами. Це дозволяє швидко реагувати на екологічні ризики, запобігати неефективному споживанню енергії та зменшувати негативний вплив на навколишнє середовище.

4. Системи управління життєвим циклом об'єкта (LCC) орієнтовані на аналіз усіх витрат і екологічних впливів протягом усього періоду існування будівлі — від проєктування до демонтажу. Це сприяє вибору екологічно доцільних рішень і довгостроковому зниженню викидів парникових газів та енергоспоживання.

Використання цифрових технологій не лише покращує ефективність будівельних процесів, але й дає змогу реалізовувати екологічну складову на практиці — від ідеї до завершення життєвого циклу об'єкта. Вони є важливим інструментом у досягненні цілей "зеленого" будівництва. Цифрові технології в будівництві — не лише інструмент підвищення ефективності, а й потужний засіб реалізації екологічної трансформації, що відповідає вимогам сталого розвитку та глобальних "зелених" цілей.

Світова практика цифрово-екологічних трансформацій у будівництві має багато прикладів реалізації в світі на рівні різних країн, маючи багато інструментів і їхніх ефектів.

У таблиці 2 представлено огляд прикладів цифрово-екологічних трансформацій у світовій практиці будівництва**, які демонструють різні підходи до поєднання сталого розвитку та цифровізації.

Зокрема, Нідерланди активно впроваджують цифрові паспорти будівель, які містять повну інформацію про матеріали, енергоефективність і конструкцію споруд. Це забезпечує прозорість, покращує процес демонтажу та сприяє повторному використанню матеріалів.

Таблиця 2

Цифрово-екологічні трансформації в будівництві: приклади світової практики

Країна / Регіон	Інструмент / Ініціатива	Суть трансформації	Очікувані / досягнуті ефекти
Нідерланди	Цифровий паспорт будівель (Digital Building Logbook)	Впровадження обов'язкового цифрового доось будівлі — з повною інформацією про конструктивні елементи, матеріали, енергоефективність і життєвий цикл	Прозорість даних, повторне використання матеріалів, полегшення утилізації
Німеччина	Система автоматизованого енергоменеджменту в будівлях (Smart Building Energy Systems)	Використання сенсорних технологій, AI та IoT для моніторингу й оптимізації енергоспоживання	Зниження споживання енергії до 30%, вуглецева нейтральність
Сінгапур	Цифровий контроль вуглецевого сліду в проєктах Green Mark	Створення цифрових моделей викидів на всіх етапах будівництва; оцінка «зеленості» на основі цифрових індикаторів	Зменшення CO ₂ , підвищення екологічної відповідності інвестпроєктів
Фінляндія	BIM+LCA-платформи для екологічного моделювання	Інтеграція розрахунків життєвого циклу матеріалів (LCA) у BIM-середовище	Ухвалення проєктних рішень з найменшим екологічним впливом
Канада	Цифрові платформи «розумного міста» (Smart Cities) з контролем будівельної інфраструктури	Взаємодія даних із будівель, енергетичних мереж і громадського простору через централізовані цифрові системи	Інтегрована екологічна безпека та міська стійкість
Велика Британія	Вимоги до цифрових паспортів у рамках Net Zero Carbon Buildings	Впровадження цифрових профілів викидів протягом усього життєвого циклу будівель	Прогнозоване досягнення нульових викидів

Розроблено автором

Німеччина використовує автоматизовані системи енергоменеджменту, що базуються на технологіях IoT та штучного інтелекту, дозволяючи суттєво знизити енергоспоживання та викиди вуглецю.

У Сінгапурі реалізовано цифровий контроль вуглецевого сліду, який дозволяє оцінювати вплив будівельних проєктів на довкілля в рамках

системи Green Mark. Фінляндія поєднує BIM-моделювання з аналізом життєвого циклу матеріалів (LCA), що допомагає приймати екологічно обґрунтовані проєктні рішення.

Канада реалізує підхід "розумного міста", де цифрові дані про інфраструктуру будівель інтегруються з іншими міськими системами для досягнення екологічної стійкості.

У свою чергу, Велика Британія запровадила вимоги до цифрових паспортів у контексті переходу до вуглецево нейтрального будівництва, що дозволяє прогнозувати та контролювати викиди на всіх етапах життєвого циклу об'єкта.

Таким чином, таблиця ілюструє, що цифрові технології у поєднанні з принципами сталого розвитку стають ключовими інструментами модернізації будівельної галузі та забезпечення її екологічної безпеки у глобальному контексті.

Висновки. Дослідження підтвердило, що сталий розвиток і цифровізація виступають не лише ключовими трендами, але й системоутворюючими детермінантами трансформації будівельної галузі у XXI столітті. Їхнє поєднання створює нову парадигму формування будівельного середовища, яка заснована на принципах екологічної нейтральності, енергоефективності, гнучкості до зовнішніх викликів і високого рівня управлінської раціональності.

По-перше, інтеграція принципів сталого розвитку змінює стратегічні орієнтири будівельних компаній, змушуючи їх відходити від традиційної моделі максимізації прибутку за рахунок інтенсивного використання ресурсів на користь довгострокового балансу між економічною ефективністю, соціальною відповідальністю та екологічною безпекою. Зокрема, впровадження "зелених" стандартів, розвиток технологій енергоощадного будівництва, підвищення якості життєвого середовища — все це стає складовими конкурентоспроможності девелоперських компаній.

По-друге, цифрова трансформація проникає в усі етапи життєвого циклу будівельного об'єкта — від концепції й проєктування до експлуатації та демонтажу. Такі інструменти, як BIM-технології, цифрові близнюки, автоматизовані системи управління, аналітика великих даних та штучний інтелект, дають змогу досягти якісно нової точності, швидкості й передбачуваності в управлінні будівельними процесами. Крім того, цифровізація виступає основою для побудови ефективної комунікації між учасниками інвестбудівельного циклу та прозорості у реалізації проєктів.

По-третє, синергія між цифровими технологіями та сталими практиками стає основою нового типу будівельного середовища — інтелектуального, адаптивного та орієнтованого на користувача. У центрі

цієї моделі знаходиться не тільки об'єкт будівництва, а й цифрово-підтримувана екосистема взаємодії між людьми, технологіями, простором і довкіллям. Таке середовище здатне оперативнo адаптуватися до змін, мінімізувати витрати ресурсів і водночас створювати комфортні умови для життя і праці.

Таким чином, сталий розвиток і цифровізація в будівництві не є альтернативами, а взаємодоповнюючими процесами, які дозволяють гармонізувати економічні цілі, соціальні очікування та екологічні вимоги. Реалізація цієї інтеграції потребує не лише технологічного оновлення, а й нових підходів до підготовки кадрів, формування стратегічного бачення та розвитку інституційного середовища.

Подальші дослідження варто зосередити на розробці адаптивних моделей управління, які інтегрують цифрові інструменти в систему сталого будівництва, а також на створенні платформ екосистемного типу, що забезпечують гнучку взаємодію між усіма стейкхолдерами індустрії у динамічному середовищі.

Використана література:

1. Бібік Н. В. Екологічне будівництво як інноваційний підхід формування сталого розвитку України. Економіка будівництва і міського господарства, 2014. 10, № 1, С. 23-29.
2. Орловський Є.С. Теоретичні засади та сучасні тенденції становлення екологічного будівництва як чинника сталого розвитку. Економічний простір, 2018. № 140, С. 182-203.
3. Шпакова, Г.В. Стратегіми біосферосумісного будівництва: сучасні проблеми архітекτονіки, економічної політики та розвитку [Текст] / Г.В. Шпакова // Управління розвитком складних систем. – 2019. – № 39. – С. 202 – 208; [dx.doi.org/10.6084/m9.figshare.11970042](https://doi.org/10.6084/m9.figshare.11970042).
4. Organizational and technological model engineering in the construction industry : collective monograph / P. Ye. Hryhorovskiy et. al. Lviv - Toruń : Liha - Pres, 2019. 128 p.
5. Измайлова К.В. Регресивна модель впливу проектних рішень на енергоефективність будівлі. Шляхи підвищення ефективності будівництва в умовах формування ринкових відносин. 2020. № 44. С. 108–115.
6. Беленкова О.Ю. Тенденції розвитку будівельної галузі як чинники формування стратегічної конкурентоспроможності будівельних підприємств. Будівельне виробництво. 2014. Вип. 57. С. 24–30.
7. Technical and economic aspects of real estate properties: collective monograph / Nikolaiev V.P. et. al. Lviv-Toruń: Liha-Pres, 2019. 124 p.
8. Тугай А.М., Шилов Е.Й., Гойко А.Ф. Економіка будівельної організації:—К.: Міленіум, 2002. —224 с.

9. Тугай А.М., Шилов Е.Й., Гойко А.Ф. Економіка,будівництва. –К, 2003. –224 с.
10. Рогожин П.С., Гойко А.Ф. Економіка будівельних організацій. – К.: Видавничий дім «Скарби», 2001. –448 с.
11. Гойко А.Ф., Измайлова К.В., Куликов П.М. Економіка будівництва.К.КНУБА, 2014. 140 с.
12. Бєсенкова О.Ю. Стратегія та механізми забезпечення конкурентоспроможності будівельних підприємств на основі моделі сталого розвитку: монографія. Київ: Ліра-К, 2020. 512 с.
13. Сорокіна Л.В., Стеценко С.П., Гойко А.Ф. та інші. Економетричний інструментарій управління фінансовою безпекою будівельного підприємства: монографія / за наук. ред. д.е.н., проф. Л.В. Сорокіної. Київ: КНУБА, 2017. 404 с.
14. Лівінський О.М. Економіка будівництва: навч. посібник. Київ: «Видавництво Людмила», 2019. 224 с.
15. Stetsenko, S.P., (2021) The interrelation of digital technologies and organizational and economic mechanisms in construction: adaptation to change management. International Review, 2021, Special Issues, No. 1, Part I, p. 21-31
16. Максимов А.С., та інші. Енергоефективність в муніципальному секторі: навч. посіб. для посадових осіб місцевого самоврядування. Асоціація міст України в рамках Проекту USAID ДІАЛОГ, 2015. 184 с.
17. Гусарова Л. В., Боліла Н. В. Б Екологічний компонент економічної безпеки як чинник сталого розвитку підприємств будівництва. Науковий погляд: економіка та управління. - 2020. - №2 (68). - С. 121 – 124.
18. Бредіхін В. М., Вербицька В. І. Напрямки розвитку «зелених» інновацій та технологій в будівництві. Комунальне господарство міст. 2019. Вип. 153. С. 69–74.
19. Максимов А.С., Довганюк В.М., Вахович І.В., Цифра Т.Ю. Техніко-економічне обґрунтування заходів з підвищення енергоефективності об'єктів невикористаного призначення. «Зелена» економіка – шлях до сталого розвитку: зб. матеріалів. К., 2013. 113–117.
20. Marchuk T., Ryzhakov D., Ryzhakova G., Stetsenko S. Identification of the basic elements of the innovation analytical platform for energy efficiency in project financing. Investment management and financial innovations, 2017 14(4), pp. 12-20.
21. Shkuratov O., Baka V., Levytskyi V. Cryptocurrency development trends and blockchain technologies opportunities. Тези доповідей восьмої міжнародної науково-практичної конференції «Управління розвитком технологій». К. : КНУБА, 2021. – С13-14.
22. Вахович І.В., Терещенко Л.В., Цифра Т.Ю., Редькін Ю.О. Економічна ефективність використання вторинних ресурсів в будівництві.

Шляхи підвищення ефективності будівництва в умовах формування ринкових відносин, 2012. Вип.28, ч.2. С. 125-131.

23. Цифра Т. Ю., Деркач Є. В. Система сертифікації – нові реалії України. Енергоефективність у будівництві та архітектурі. 2016. Вип. 8. С. 403-408

References:

1. Bibik N. V. Ekolohichne budivnytstvo yak innovatsiyni pidkhid formuvannia staloho rozvytku Ukrainy. Ekonomika budivnytstva i miskoho hospodarstva, 2014. 10, № 1, S. 23-29.

2. Orlovskiy Ye.S. Teoretychni zasady ta suchasni tendentsii stanovlennia ekolohichnoho budivnytstva yak chynnyka staloho rozvytku. Ekonomichnyi prostir, 2018. № 140, S. 182-203.

3. Shpakova, H.V. Stratahemy biosferosumisnoho budivnytstva: suchasni problemy arkhitektoniky, ekonomichnoipolityky ta rozvytku [Tekst] / H.V. Shpakova // Upravlinnia rozvytkom skladnykh system. – 2019. – № 39. – S. 202 – 208; dx.doi.org/10.6084/m9.figshare.11970042.

4. Organizational and technological model engineering in the construction industry : collective monograph / P. Ye. Hryhorovskiy et. al. Lviv - Toruń : Liha - Pres, 2019. 128 p.

5. Izmailova K.V. Rehresyvnna model vplyvu proektnykh rishen na enerhoefektyvnist budivli. Shliakhy pidvyshchennia efektyvnosti budivnytstva v umovakh formuvannia rynkovykh vidnosyn. 2020. № 44. S. 108–115.

6. Bieliukova O.Iu. Tendentsii rozvytku budivelnnoi haluzi yak chynnyky formuvannia stratehichnoi konkurentospromozhnosti budivelnnykh pidpriemstv. Budivnele vyrobnytstvo. 2014. Vyp. 57. S. 24–30.

7. Technical and economic aspects of real estate properties: collective monograph / Nikolaiev V.P. et. al. Lviv-Toruń: Liha-Pres, 2019. 124 p.

8. Tuhai A.M., Shylov E.I., Hoiko A.F. Ekonomika budivelnnoi orhanizatsii:–K.: Milenium, 2002. –224 s.

9. Tuhai A.M., Shylov E.I., Hoiko A.F. Ekonomika,budivnytstva. –K, 2003. –224 s.

10. Rohozhyn P.S., Hoiko A.F. Ekonomika budivelnnykh orhanizatsii. –K.: Vydavnychiy dim «Skarby», 2001. –448 s.

11. Hoiko A.F., Izmailova K.V., Kulykov P.M. Ekonomika budivnytstva.K.KNUBA, 2014. 140 s.

12. Bieliukova O.Iu. Stratehiia ta mekhanizmy zabezpechennia konkurentospromozhnosti budivelnnykh pidpriemstv na osnovi modeli staloho rozvytku: monohrafiia. Kyiv: Lira-K, 2020. 512 s.

13. Sorokina L.V., Stetsenko S.P., Hoiko A.F. ta inshi. Ekonometrychni instrumentarii upravlinnia finansovoiu bezpekoiu budivelnoho pidpriemstva: monohrafiia / za nauk. red. d.e.n., prof. L.V. Sorokinoy. Kyiv: KNUBA, 2017. 404 s.

14. Livinskyi O.M. *Ekonomika budivnytstva: navch. posibnyk*. Kyiv: «Vydavnytstvo Liudmyla», 2019. 224 s.
15. Stetsenko, S.P., (2021) The interrelation of digital technologies and organizational and economic mechanisms in construction: adaptation to change management. *International Review*, 2021, Special Issues, No. 1, Part I, p. 21-31
16. Maksymov A.S., ta inshi. *Enerhoefektyvnist v munitsypalnomu sektori: navch. posib. dlia posadovykh osib mistsevoho samovriaduvannia. Asotsiatsiia mist Ukrainy v ramkakh Proektu USAID DIALOH*, 2015. 184 s.
17. Husarova L. V., Bolila N. V. B Ekolohichnyi komponent ekonomichnoi bezpeky yak chynnyk staloho rozvytku pidpriemstv budivnytstva. *Naukovyi pohliad: ekonomika ta upravlinnia*. - 2020. - №2 (68). - S. 121 – 124.
18. Bredikhin V. M., Verbytska V. I. *Napriamky rozvytku «zelenykh» innovatsii ta tekhnolohii v budivnytstvi. Komunalne hospodarstvo mist*. 2019. Vyp. 153. S. 69–74.
19. Maksymov A.S., Dovhaniuk V.M., Vakhovych I.V., Tsyfra T.Iu. Tekhniko-ekonomichne obgruntuvannia zakhodiv z pidvyshchennia enerhoefektyvnosti ob'ektiv nevyrobnychoho pryznachennia. «Zelena» ekonomyka – shliakh do staloho rozvytku: zb. materialiv. K., 2013. 113–117.
20. Marchuk T., Ryzhakov D., Ryzhakova G., Stetsenko S. Identification of the basic elements of the innovation analytical platform for energy efficiency in project financing. *Investment management and financial innovations*, 2017 14(4), pp. 12-20.
21. Vakhovych I.V., Tereshchenko L.V., Tsyfra T.Iu., Redkin Yu.O. Ekonomichna efektyvnist vykorystannia vtorynnykh resursiv v budivnytstvi. Shliakhy pidvyshchennia efektyvnosti budivnytstva v umovakh formuvannia rynkovykh vidnosyn, 2012. Vyp.28, ch.2. S. 125-131.
22. Tsyfra T. Yu., Derkach Ye. V. *Systema sertyfikatsii – novi realii Ukrainy. Enerhoefektyvnist u budivnytstvi ta arkhitekturi*. 2016. Vyp. 8. S. 403-408

Skakun V.

Sustainable development and digitalization - the main trends in construction development

The article examines the key trends in the transformation of the construction industry in the context of sustainable development and digitalization, which are the dominant directions of modern economic, social and technological progress. It is substantiated that sustainable development in construction is not only environmental responsibility, but also a comprehensive strategy of long-term efficiency, which includes the rational use of resources, reducing CO₂ emissions, increasing energy efficiency and taking into account social factors in the design, construction and operation of real estate. The

authors emphasize that in the context of growing environmental risks and tightening regulatory regulation, it is a sustainable approach to design and construction that becomes a competitive advantage for development companies.

Digitalization is considered a powerful driver of innovation in the construction sector, which provides a fundamental change in the methods of planning, implementation and control of projects. The modern digital technologies that are most actively implemented in construction are analyzed: BIM modeling (Building Information Modeling), ERP resource management systems, digital platforms for real-time process monitoring, as well as object life cycle management systems (LCC). It is emphasized that it is the integration of digital solutions that allows you to optimize costs, reduce project risks, and improve the quality and safety of objects.

The article identifies the synergistic effect of combining sustainable development and digitalization: digital technologies act as a tool for implementing the principles of sustainable construction, ensuring transparency, controllability, and predictability of development processes. Examples of world practice of digital-ecological transformations in construction are considered, in particular, the introduction of digital building passports, digital carbon footprint control, and automated energy management systems.

It is concluded that the transition of the construction industry to a sustainable development paradigm combined with digital transformation is not just a trend, but an imperative for maintaining competitiveness, increasing resilience to external threats, and forming a new type of construction environment — environmentally neutral, adaptive, and intelligent.

Keywords: sustainable development, digitalization, digital transformation, competitiveness, construction, ecosystem approach, digital-ecological transformations.

Посилання на статтю

АРА: Skakun, V. (2022). Stalyi rozvytok i tsyfrovizatsiia - holovni tendentsii rozvytku budivnytstva. [Sustainable development and digitalization - the main trends in construction development]. *Shliakhy pidvyshchennia efektyvnosti budivnytstva v umovakh formuvannia rynkovykh vidnosyn*, 49(2), 94-108.

ДСТУ: Скакун В.А. Сталий розвиток і цифровізація - головні тенденції розвитку будівництва [Текст]// В.А. Скакун. / *Шляхи підвищення ефективності будівництва в умовах формування ринкових відносин*. 2022. № 49(2). С. 94 -108.