

Економіко-цифрові моделі управління будівельними підприємствами

Онофрійчук Олег Петрович¹

Опубліковано	Секція	УДК
25.12.2025	Економіка	69.003:005.1:004.9

DOI: <https://doi.org/10.5281/zenodo.18102355>

Анотація. У статті обґрунтовано підхід до інтеграції технологічних і організаційних рішень у цілісну конструкцію, що перетворює дані на вимірювані результати щодо вартості, строків, продуктивності та ризиків протягом життєвого циклу об'єкта. На основі критичного огляду джерел сформульовано авторське трактування та показано відмінність від фрагментарної IT-інструменталізації. Систематизовано внесок BIM, Lean Construction, AI, Industry 4.0 і платформної взаємодії, запропоновано п'ять контурів інтеграції (дані й процеси; план-факт і KPI; аналітико-прогнозний шар; інтеграція та автоматизація; координація стейкхолдерів), а також п'ять етапів формування від стандартизації даних до екосистемного масштабування. Практична цінність полягає у можливості структурувати дорожню карту трансформації та підбирати метрики контролінгу для оцінювання ефектів.

Ключові слова: будівельні підприємства, економіко цифрова модель, BIM, цифрова трансформація, управління, платформна взаємодія; координація стейкхолдерів.

Economic-Digital Management Models of Construction Enterprises

Annotation. This paper conceptualises an integrated managerial construct through which digital data and technologies are converted into measurable performance outcomes in construction enterprises—cost, time, productivity and risk—across the asset life cycle. Instead of treating BIM, Lean Construction, AI and Industry 4.0 as isolated tools, the study synthesises international and Ukrainian research to formalise the notion of an economic-digital management model and to distinguish it from fragmented IT instrumentalisation. The methodological basis is a structured literature synthesis and comparative interpretation of how the reviewed approaches describe data governance, process control, decision support and stakeholder coordination.

The results show that an integrated model emerges only when five complementary loops are aligned. (1) A data-and-process loop establishes a BIM-based core, common data environment and rules for information quality, responsibilities and updates. (2) An efficiency and control loop links the digital core to plan-fact management, Lean practices and KPI-based controlling to ensure transparency and measurable economic effects. (3) An analytics and forecasting loop applies AI for prediction, optimisation and risk/quality/safety decision support, conditional on sufficient data maturity and well-defined managerial tasks. (4) An operational integration and automation loop (Industry 4.0 logic) enables interoperability and end-to-end information flows among planning, execution, supply and accounting, shortening control cycles and reducing transaction costs. (5) A platform and ecosystem loop scales the

¹ кандидат економічних наук, доцент, ПВНЗ «Міжнародний економіко-гуманітарний університет імені академіка Степана Дем'янчука», м. Рівне, ORCID: <https://orcid.org/0009-0008-3458-7926>.

model beyond the firm by coordinating stakeholders through shared digital rules, compatible processes and data exchange.

A five-stage formation pathway is proposed, moving from local digital initiatives to data standardisation, plan–fact and controlling integration, AI-enabled foresight, and ecosystem-level scaling. The paper contributes a clear boundary between an integrated economic–digital model and a set of applications, and offers a roadmap for transformation governance, including standards, routines and metrics for value creation.

Keywords: construction enterprises; economic–digital model; Building Information Modeling (BIM); digital transformation; management; platform-based interaction; stakeholder coordination.

Вступ

Будівельна галузь перебуває під одночасним впливом двох ключових викликів: прискореної цифрової трансформації та посилення вимог до економічної ефективності й сталості результатів. У цих умовах конкурентоспроможність будівельних підприємств визначається не стільки наявністю окремих цифрових інструментів, скільки здатністю інтегрувати їх у систему управління — перетворити дані, моделі та алгоритми на механізм планування, контролю й підвищення продуктивності. Додатково глобальний контекст сталого розвитку актуалізує потребу в управлінських рішеннях, що забезпечують вимірювану ресурсну ефективність і підтримують циркулярні підходи.

Проблема полягає в тому, що цифровізація в будівельних компаніях часто реалізується фрагментарно без цілісної економіко-управлінської логіки та без належної оцінки економічного ефекту цифрових інвестицій. Хоча дослідження демонструють потенціал інтеграційних рішень (BIM+Lean для зменшення втрат і підвищення керованості виконання, AI — для підтримки управлінських рішень), у практиці залишається невизначеним, які саме економіко-цифрові моделі управління існують, у чому їх сутність та як вони формуються.

Отже, зв'язок означеної проблеми з важливими науковими й практичними завданнями полягає в необхідності: систематизувати економіко-цифрові моделі управління будівельними підприємствами, визначити їхні ключові складові та логіку формування, а також створити підґрунтя для обґрунтованого вибору моделей під конкретні умови діяльності підприємств.

Останні дослідження з проблематики економіко-цифрових моделей управління будівельними підприємствами розвиваються у трьох взаємопов'язаних напрямках: (1) BIM як базова цифрова платформа управління інформацією та процесами; (2) інтеграція BIM із підходами підвищення операційної ефективності (Lean, планування та контроль); (3) розширення управлінських критеріїв у бік цифрової трансформації, штучного інтелекту та сталості. Фундамент для цифрового контуру закладено у "BIM Handbook", де BIM трактується як інструмент координації учасників, управління змінами та підвищення прозорості життєвого циклу об'єкта, що прямо впливає на витрати, строки й якість [1]. Концептуалізацію BIM як системи доставки цінності та рамки зрілості запропоновано у фреймворку В. Sussar, який описує рівні розвитку та ролі стейкхолдерів, формуючи основу для моделювання управління цифровими активами в будівництві [2].

Подальший розвиток проблеми пов'язаний із поєднанням BIM та Lean-логіки, де дослідження взаємодії Lean і BIM доводить, що цифрові моделі посилюють керованість потоків робіт і зменшують втрати за умови інтеграції технології з управлінськими регламентами [3]. Практико-орієнтоване продовження цього підходу представлено в роботі Schimanski та співавт., які запропонували BIM-орієнтовану систему планування і

контролю виробництва для Lean Construction, зміщуючи акцент із цифрового проектування на цифрове управління виконанням [6]. Паралельно огляди з цифровізації та автоматизації в логіці Industry 4.0 узагальнюють наслідки для операційних систем підприємств (перебудова процесів, вимоги до компетенцій, управління змінами та продуктивністю) [5]. У межах АЕС-індустрії зростає роль AI, що підтверджується scientometric-аналізом напрямів застосування штучного інтелекту (прогнозування, контроль якості, безпека, управління проектами), а також прикладними оглядами технологій для підтримки управлінських рішень [4; 10].

Українські дослідження зосереджують увагу на специфіці впровадження цифрових моделей у реальних умовах: ідентифікують бар'єри та можливості цифрової трансформації будівельних і проектних підприємств [8], пропонують методичні підходи до оцінювання рівня цифровізації (індикаторна база) [7], а також узагальнюють виклики і передумови поширення BIM в Україні [11]. Додатково акцент на стратегічній необхідності цифрової трансформації для учасників будівельного процесу та територіального розвитку підсилює макrorівневий контекст формування управлінських моделей [15], тоді як концепт цифрової екосистеми девелопменту фіксує перехід до мережових/платформних форм координації [15]. Водночас глобальні джерела задають вимір сталості: звіт UNEP окреслює масштаби екологічного впливу сектору та необхідність вимірюваного управління декарбонізацією [12], а підхід циркулярної економіки у побудованому середовищі пропонує рамку управління матеріальними потоками й життєвим циклом як економічним ресурсом [14].

Попри помітний прогрес у дослідженнях цифровізації будівництва, у літературі зберігається методологічна прогалина, пов'язана насамперед із недостатньою систематизацією та формалізацією економіко-цифрових моделей управління як окремого класу управлінських конструкцій. У зв'язку з цим означена стаття спрямована на узагальнення й структурування існуючих економіко-цифрових моделей, уточнення їх змісту, логіки формування та ключових компонентів як підґрунтя для подальшого порівняльного аналізу й практичного застосування в управлінні будівельними підприємствами.

Метою даної статті є систематизувати та концептуально узагальнити економіко-цифрові моделі управління будівельними підприємствами, розкрити їх сутність, логіку формування та ключові складові елементи як підґрунтя для подальшого наукового аналізу й практичного застосування.

Для досягнення поставленої мети визначено такі завдання статті:

Уточнити зміст поняття «економіко-цифрова модель управління будівельним підприємством» та окреслити його відмінність від окремих цифрових інструментів і технологій.

Систематизувати наукові підходи до цифровізації управління в будівництві (BIM, Lean Construction, AI, Industry 4.0, платформні рішення) та визначити їх внесок у формування економіко-цифрових моделей.

Визначити етапи формування економіко-цифрових моделей — від цифрової інструменталізації та стандартизації даних до інтеграції контурів планування-контролю, KPI та переходу до екосистемної координації.

Обґрунтувати структуру ключових компонентів економіко-цифрової моделі та визначити роль кожного компонента в створенні економічної цінності.

Результати

Цифрова трансформація будівельних підприємств еволюціонувала від впровадження окремих IT-рішень до побудови цілісних моделей управління, де цифрові дані безпосередньо «працюють» на економічні результати (вартість, строки,

продуктивність, ризику). Саме тому в центрі дослідження опиняється не перелік технологій, а логіка їх інтеграції в управлінську систему, здатну формувати й вимірювати економічну цінність у межах життєвого циклу об'єкта. У прикріплених публікаціях BIM подається як інноваційна інформаційно-аналітична база/середовище координації дій учасників будівництва, що потребує організаційної стратегії, ролей (зокрема BIM-менеджера) та інтеграції з управлінськими контурами підприємства.

В сучасній літературі поняття «економіко-цифрова модель» здебільшого не подається як усталена пряма дефініція, його зміст розкривається через суміжні категорії та концепти — зокрема BIM-фреймворки й середовища даних, інтеграційні підходи BIM+Lean (планування–контроль), підходи цифрової трансформації та цифрових бізнес-моделей, а також концепцію цифрової екосистеми девелопменту. У таблиці 1 узагальнено, як саме зазначені підходи інтерпретують ключові характеристики того змісту, який у межах цього дослідження формалізується як економіко-цифрова модель управління.

Таблиця 1

Інтерпретації змісту економіко-цифрової моделі управління будівельним підприємством у сучасних наукових джерелах

Автор	Інтерпретація змісту економіко-цифрової моделі
Eastman et al. [1]	Акцент на даних, узгодженості інформації та управлінні на основі моделі протягом життєвого циклу
Succar [2]	BIM трактується як широка доменна рамка знань і практик; “модельність” полягає у впорядкуванні компонентів, меж і стадій впровадження
Sacks et al. [3]	BIM і Lean — різні парадигми, але їхня інтеграція дає синергетичний ефект для процесів (планування, усунення втрат, прозорість)
Darko et al. [4]	AI подається як інструментальний шар (аналітика/прогнозування/оптимізація), який підсилює управлінські рішення
Oesterreich & Teuteberg [5]	Цифровізація трактується як системний зсув у процесах і організації під впливом I4.0 (дані, автоматизація, інтеграція)
Schimanski et al. [6]	“Модель” постає як система планування-контролю виробництва/будівництва на основі BIM з інтеграцією управлінських технік
Бондаренко [7]	Показано, що BIM-технологія може бути основою повної цифровізації (від операцій до бізнес-моделі), а також потрібні підходи до оцінки рівня цифровізації
Дубінін [8]	Цифровізація описується через бар'єри (кадри/компетенції/організація) та можливості — важливо для реалістичності “моделі” як впроваджуваної системи
Bielenkova et al. [14]	Наголос на стратегічній необхідності цифрової трансформації для учасників процесу

Джерело: узагальнено автором на основі [1-8,14]

У контексті сучасних досліджень цифровізації будівництва (BIM, Lean Construction, AI, Industry 4.0) доцільно трактувати економіко-цифрову модель управління будівельним підприємством як формалізовану управлінську конструкцію, що поєднує (1) єдину архітектуру даних і процесів (інформаційна модель/спільна база даних та правила її ведення), (2) контур економічного управління (планування–контроль, бюджетування/кошторис, управління строками, KPI та порівняння «план–факт»), (3) організаційні ролі та регламенти (відповідальності, стандарти, сумісність інформаційних потоків, цифрові компетентності персоналу), і (4) механізм створення та вимірювання цінності через прозорість, керованість витрат/термінів/якості на всьому життєвому циклі об'єкта. Саме тому BIM у літературі розкривається не лише як ПЗ чи 3D-

модель, а як інтегрований процес координації учасників і управління життєвим циклом із функцією «єдиного інформаційно-аналітичного центру» [1; 2; 14], а практики Lean+BIM конкретизують, яким чином цифрова модель стає опорою для планування та контролю виконання робіт і усунення втрат [3; 6]. Змістовна відмінність економіко-цифрової моделі від «набору інструментів» полягає в тому, що інструменти (наприклад, хмарні платформи, середовища спільної роботи, 5D-функціонал керування вартістю та часом) забезпечують окремі операційні можливості, тоді як модель задає цілісну логіку управління: як дані структуруються, як вони трансформуються у рішення, як вимірюється ефект і як узгоджується взаємодія стейкхолдерів у проєкті та підприємстві загалом.

Додатково, дослідження цифрової трансформації будівельних і проєктних підприємств підкреслюють, що ключовими обмеженнями є не «наявність ПЗ», а вартість переходу, сумісність, стандарти, організаційна структура, компетентності та корпоративна культура — тобто чинники, які й повинна враховувати економіко-цифрова модель як управлінська система, а не як перелік технологій [8; 7]

Економіко-цифрова модель управління будівельним підприємством розуміється як інтегрована рамка, у якій платформні рішення забезпечують «цифровий контур даних», контролінг і KPI — «економічний контур результативності», а цифрова трансформація (включно з AI-рішеннями) — «контур підсилення управлінських рішень і координації», що у сукупності створює вимірювану економічну цінність і керованість на рівні підприємства, а не лише окремого проєкту.

У науковій літературі цифровізація управління в будівництві описується як багаторівневий процес, у якому технологічні рішення набувають управлінського змісту лише за умови їх інституціоналізації у вигляді стандартів даних, регламентів взаємодії, управлінських контурів планування-контролю та метрик ефективності. З огляду на це доцільно систематизувати провідні підходи не за критерієм «яка технологія використовується», а за тим, яку управлінсько-економічну функцію вона забезпечує в межах економіко-цифрової моделі підприємства: формування єдиного інформаційного простору, підвищення операційної ефективності, підсилення прийняття рішень, автоматизація та інтеграція операційних систем, а також масштабування взаємодії в екосистемі стейкхолдерів [1–6; 8; 14]. У цьому контексті кожен із підходів (BIM, Lean, AI, Industry 4.0, платформність) виступає не альтернативою, а комплементарним шаром моделі, що відповідає за певний контур управління й створення економічної цінності.

По-перше, BIM-підхід формує базовий «цифровий контур» економіко-цифрової моделі, оскільки забезпечує структурування, накопичення та узгодження даних, необхідних для управління об'єктом і процесами протягом життєвого циклу. У «BIM Handbook» BIM розкривається як управлінсько-інформаційний підхід, який підвищує прозорість взаємодії, керованість змін і узгодженість рішень між функціями підприємства та учасниками проєкту, тим самим створюючи передумови для економічних ефектів через зниження помилок, переробок і невизначеності [1]. Фреймворк V. Sussar доповнює це бачення, переводячи BIM у площину системної моделі впровадження: через компоненти, межі, рівні зрілості та логіку доставки цінності для стейкхолдерів [2]. Отже, внесок BIM у формування економіко-цифрових моделей полягає в створенні єдиного інформаційного фундаменту, без якого неможливо стабільно інтегрувати планування, контроль, бюджетування та аналітику в реальному часі.

По-друге, Lean Construction задає «управлінсько-економічний контур» моделі, орієнтований на підвищення продуктивності через усунення втрат, стабілізацію потоків робіт і покращення координації. У дослідженнях підкреслюється, що Lean і BIM мають різну природу (Lean — управлінська філософія процесів, BIM — інформаційно-технологічна основа), однак саме їх інтеграція забезпечує синергетичний ефект, оскільки цифрова модель стає «носієм» даних для точнішого планування, контролю

виконання і виявлення відхилень [3]. Практичний розвиток цієї інтеграції представлено в роботі Schimanski та співавт., де запропоновано BIM-орієнтовану систему планування й контролю виробництва для Lean Construction, що демонструє перехід від використання BIM як інструменту координації до використання BIM як основи управління виконанням та управлінського контролінгу [6]. Таким чином, Lean у складі економіко-цифрової моделі виконує роль “економічного механізму” — переводить цифрові дані в управлінські рішення, які безпосередньо впливають на витрати, строки та продуктивність.

По-третє, штучний інтелект (AI) у АЕС формує «аналітико-прогнозний контур» економіко-цифрової моделі, який розширює можливості управління за рахунок аналізу великих масивів даних, виявлення закономірностей, прогнозування ризиків і оптимізації альтернатив. Scientometric-аналіз підкреслює швидке зростання досліджень AI у будівництві та концентрацію застосувань у завданнях прогнозування, контролю якості, безпеки, планування та управління проектами, що свідчить про інституціоналізацію AI як окремого напрямку підтримки управлінських рішень [4]. На прикладному рівні показано, що AI-рішення розглядаються як технологічний шар, який може бути інтегрований із цифровими інструментами будівництва для підвищення обґрунтованості рішень, однак потребує якісних даних і зрозумілих управлінських задач, сформульованих у межах моделі [9]. Внесок AI полягає в переході від описового використання даних (що сталося) до прогнозного та оптимізаційного управління (що станеться і як діяти), що підвищує економічну результативність цифрових інвестицій за рахунок зменшення невизначеності.

По-четверте, підхід Industry 4.0 (діджиталізація та автоматизація) задає «контур інтеграції операційних систем» і пояснює, як цифрові технології змінюють організацію, процеси та логіку створення цінності на рівні підприємства. Систематичний огляд Oesterreich і Teuteberg підкреслює, що цифровізація та автоматизація спричиняють не лише технологічні зміни, а й організаційні трансформації — у компетенціях, архітектурі управління, інтеграції інформаційних систем та управлінні змінами [5]. Для будівельних підприємств це означає необхідність переходу від локальних цифрових рішень до інтегрованих контурів даних і управління, де BIM/платформи, управлінський облік, планування ресурсів і контроль виконання поєднуються в єдину операційну систему. В українських дослідженнях додатково підкреслюється, що саме організаційні та кадрові бар'єри часто визначають межі цифрової трансформації, що робить важливими питання готовності та інституційної підтримки впровадження моделей [8].

По-п'яте, платформні рішення та екосистемний підхід формують «контур координації стейкхолдерів», оскільки будівництво за своєю природою є багатосторонньою взаємодією замовників, проєктувальників, підрядників, постачальників та регуляторних акторів. Цифрова трансформація в такому середовищі потребує не лише внутрішньої оптимізації підприємства, а й узгодження правил обміну даними, сумісності процесів і цифрових ролей між учасниками. Саме тому в сучасних роботах з'являється концепція цифрової екосистеми в будівельному девелопменті, яка описує управлінські імперативи трансформації через мережеву координацію, цифрові взаємодії та платформну логіку організації спільної діяльності [12]. Стратегічний вимір цієї координації підсилюється тезою про цифрову трансформацію як імператив формування стратегій учасників будівельного процесу, що розширює економіко-цифрову модель від рівня операцій до рівня стратегічного позиціонування й розвитку [14,15].

Узагальнюючи, систематизація підходів дозволяє розглядати економіко-цифрову модель управління будівельним підприємством як інтеграцію п'яти взаємодоповнювальних контурів: BIM (дані й процеси), Lean (ефективність і контроль), AI (аналітика та прогнозування), Industry 4.0 (інтеграція операційної системи й

автоматизація) та платформно-екосистемна логіка (координація стейкхолдерів) (рис.1). Саме синхронізація цих контурів забезпечує перехід від фрагментарної цифровізації до моделі, у якій цифрові дані перетворюються на управлінські рішення з вимірюваним економічним ефектом, а впровадження стає керованим процесом організаційної трансформації.

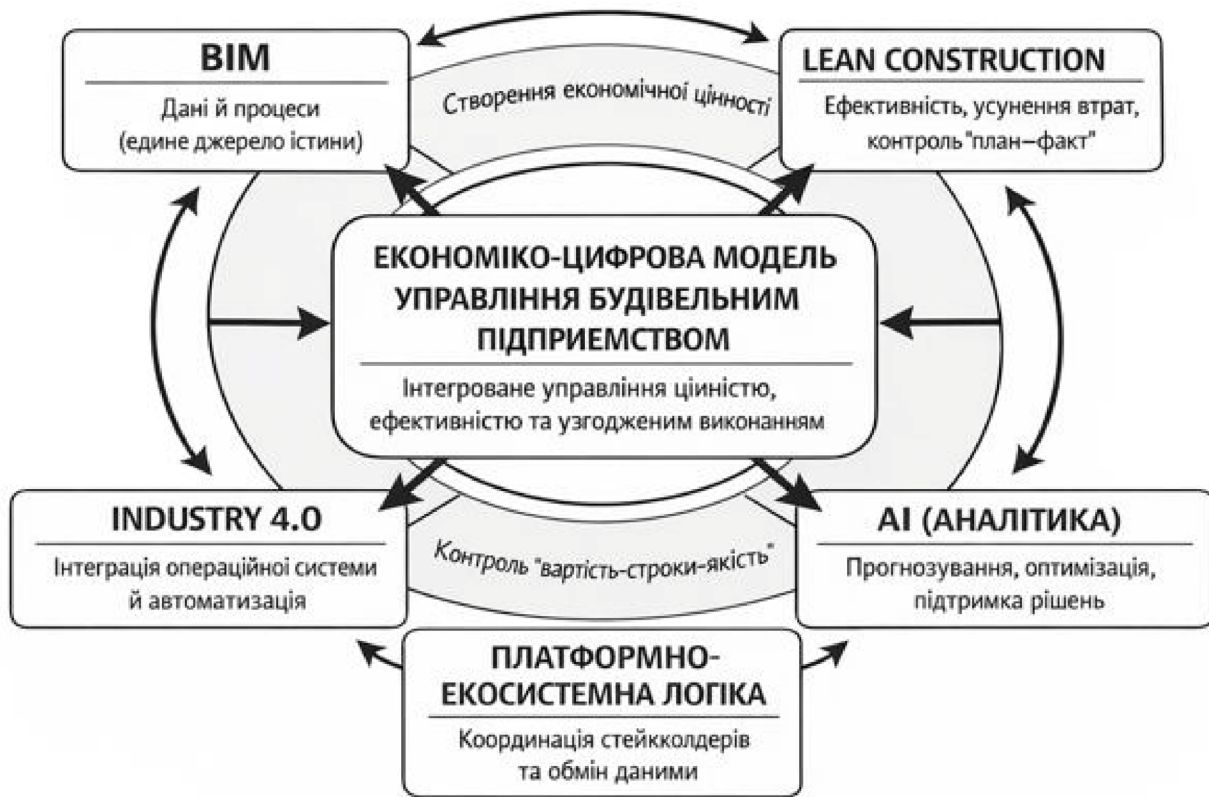


Рис. 1. Контури економіко-цифрової моделі управління будівельним підприємством

Джерело: сформовано автором

Формування економіко-цифрової моделі управління доцільно розглядати як послідовну еволюцію управлінської системи підприємства, у межах якої цифрові технології поступово переходять із рівня локальної автоматизації до рівня інтегрованого контурного управління, що створює вимірювану економічну цінність і забезпечує узгоджену взаємодію учасників будівельного процесу. Така логіка узгоджується з розумінням BIM як не лише інструменту моделювання, а насамперед підходу до організації даних і процесів протягом життєвого циклу об'єкта [1], із фреймворком BIM-зрілості та структурування впровадження [2], а також із підходами Industry 4.0, де акцент робиться на інтеграції операційних систем і трансформації організації, а не на фрагментарних цифрових рішеннях [5]. В українському контексті додатково підкреслюється вплив бар'єрів (кадрових, організаційних, технологічних), що вимагає проектування етапів не як "технічної інструкції", а як керованої програми трансформації [8; 10].

Для забезпечення цілісності та керованості цифрової трансформації будівельного підприємства економіко-цифрову модель доцільно розглядати як поетапно сформовану систему, у межах якої цифрові рішення послідовно переходять від локального інструментального застосування до інтегрованого контурного управління, орієнтованого на створення вимірюваної економічної цінності. У таблиці 2 узагальнено ключові етапи такого формування, їх зміст та очікувані управлінсько-економічні ефекти,

що дозволяє структуровано відобразити логіку еволюції моделі — від цифрової інструменталізації та стандартизації даних до аналітико-прогнозного підсилення і платформно-екосистемної координації.

Таблиця 2

Етапи формування економіко-цифрової моделі управління будівельним підприємством

Етап	Зміст	Очікуваний управлінсько-економічний ефект
Етап 1 Цифрова інструменталізація та ініціалізація змін	Впровадження окремих цифрових рішень для керованості процесів: проектування, кошторисування, календарне планування, документообіг, комунікації	Скорочення ручної праці, підвищення швидкості обробки інформації, часткова прозорість процесів
Етап 2 Стандартизація даних і формування єдиного інформаційного простору	Перехід від “ПЗ” до правил даних: структури, класифікатори, вимоги до якості інформації, регламенти внесення/оновлення, відповідальності; закріплення ролей (напр., ВІМ-менеджер), розвиток компетентностей	Узгодженість даних і рішень, зниження транзакційних витрат координації, підвищення керованості змін, формування “єдиного джерела істини”
Етап 3 Інтеграція ВІМ із управлінням виконанням і економічним контролем	Вбудовування ВІМ-даних у контури управління “план–факт”: календарні плани, ресурси, витрати, виконання, відхилення; інтеграція Lean-практик; формування КРІ як інструмента оперативного контролінгу; застосування методик оцінки цифровізації	Вимірюваність ефекту цифровізації, підвищення продуктивності, скорочення витрат, посилення дисципліни виконання, підвищення точності планування і контролю
Етап 4 Аналітико-прогнозне підсилення	Перехід від описового управління до прогнозного й оптимізаційного: прогнозування відхилень, оптимізація рішень, контроль ризиків, якості та безпеки; постановка управлінських задач під дані	Зменшення невизначеності, підвищення точності управлінських рішень, раннє виявлення ризиків, оптимізація ресурсів і строків
Етап 5 Платформно-екосистемна координація та масштабування моделі	Вихід за межі підприємства: узгоджені цифрові правила обміну даними, сумісні процеси, координація стейкхолдерів на платформній основі; інституційне закріплення на рівні стратегій; інтеграція вимог сталості/ресурсної ефективності	Підвищення узгодженості взаємодій у ланцюгу створення цінності, зниження транзакційних витрат, масштабування ефектів цифровізації, підтримка сталості та прозорості

Джерело: узагальнено автором на основі [6-8, 13-15]

Представлена етапність демонструє, що результативність економіко-цифрової моделі не визначається самим фактом упровадження окремих технологій, а залежить від послідовної інтеграції даних, процесів і управлінських контурів у єдину систему планування–контролю та прийняття рішень. Критичним рубежем виступає перехід від створення ВІМ-ядра до його інтеграції з Lean-практиками, КРІ та контролінгом, що забезпечує вимірюваність ефектів цифровізації і переведення її у площину економічного управління. Подальше підсилення моделі через AI розширює можливості прогнозування

та оптимізації, однак потребує зрілої бази даних, сформованої на попередніх етапах. Завершальний етап — платформно-екосистемна координація — фіксує перехід від внутрішньої оптимізації підприємства до масштабування ефектів у межах взаємодії зі стейкхолдерами та зовнішніх вимог сталості, що формує підґрунтя для стратегічного закріплення економіко-цифрової моделі.

Економіко-цифрова модель управління будівельним підприємством доцільно трактувати як інтегровану архітектуру, у якій кожен компонент виконує чітко визначену функцію в ланцюгу створення цінності: від формування достовірної інформаційної бази до перетворення даних у управлінські рішення, контроль результативності та координацію взаємодій зі стейкхолдерами. Така структура має бути побудована за принципом комплементарності: окремі контури (BIM, Lean, AI, Industry 4.0, платформно-екосистемна логіка) не дублюють один одного, а утворюють взаємопов'язану систему, де «цифровий» рівень забезпечує функціонування «економічного» рівня. У цьому сенсі BIM виступає інфраструктурою даних і процесів, Lean — механізмом операційної ефективності та контролю, AI — аналітичним підсилювачем управлінських рішень, Industry 4.0 — контуром інтеграції операційних систем і автоматизації, тоді як платформно-екосистемна логіка забезпечує узгодження правил взаємодії та обміну даними між учасниками будівельного процесу. Відповідно, структура моделі повинна містити не лише технологічні модулі, а й управлінські регламенти, показники, ролі та процедури, що «інституціоналізують» цифрові рішення, роблячи їх відтворюваним механізмом створення економічної цінності.

Таблиця 3

Ключові компоненти економіко-цифрової моделі управління будівельним підприємством

Компонент економіко-цифрової моделі	Управлінська роль	Економічна цінність	Ключові умови результативності
1. Дані та процеси (BIM-ядро)	Формує єдиний інформаційний простір; забезпечує узгодженість проєктних і виробничих рішень; створює основу прозорого управління змінами протягом життєвого циклу	Зниження помилок і переробок; підвищення точності ресурсного та календарного планування; скорочення часу ухвалення рішень завдяки якості та доступності даних	Потребує стандартизації даних, закріплення ролей і відповідальностей, розвитку компетенцій персоналу; без цього BIM-ядро не працює як управлінська інфраструктура
2. Контур операційної ефективності та контролю (Lean + план-факт + KPI)	Перетворює дані на механізм управління продуктивністю: планування і контроль виконання; виявлення відхилень; усунення втрат; підвищення надійності потоків	Скорочення витрат і втрат; підвищення продуктивності; підсилення дисципліни виконання; можливість вимірювати ефект цифровізації через KPI в оперативному режимі	Потрібна реальна інтеграція з BIM-даними та управлінськими регламентами; KPI мають бути пов'язані з управлінськими діями, інакше ефект стає формальним

3. Аналітико-прогнозний контур (AI та data-driven управління)	Підсилює управлінські рішення через прогнозування, оптимізацію та інтелектуальний аналіз даних; підтримує вибір альтернатив у плануванні ресурсів, строків і витрат; попереджає ризики та відхилення	Зменшення невизначеності та вартості управлінських помилок; підвищення якості рішень; перехід до проактивного управління (попередження замість реагування)	Ефективність залежить від якості даних і чіткої постановки управлінських задач; AI є інтегрованим шаром моделі, а не автономною заміною управління
4. Контур інтеграції операційної системи та автоматизації (Industry 4.0)	Інтегрує розрізнені системи й потоки даних у єдину операційну архітектуру; забезпечує безперервну циркуляцію даних між плануванням, виконанням, контролем, постачанням і обліком; автоматизує ключові процеси	Зростання продуктивності; скорочення внутрішніх транзакційних витрат координації; прискорення управлінських циклів; підвищення відтворюваності та стандартності процесів	Вимагає організаційної готовності, управління змінами та подолання бар'єрів інтеграції; інакше автоматизація лишається фрагментарною
5. Платформно-екосистемний контур (координація стейкхолдерів)	Масштабує модель за межами підприємства; встановлює правила цифрової взаємодії та обміну даними; узгоджує процеси; координує рішення між учасниками проекту та ширшої екосистеми девелопменту	Зниження транзакційних витрат взаємодії; зменшення конфліктів інтересів; підвищення узгодженості виконання у ланцюгу створення цінності; підтримка прозорості та сталості	Потребує узгодження стандартів і процесів між учасниками та вирівнювання цифрової зрілості партнерів; зовнішні вимоги сталості підсилюють необхідність цього контуру

Джерело: розроблено автором

Узагальнені в таблиці 3 компоненти підтверджують, що економіко-цифрова модель управління будівельним підприємством формується як цілісна система, у якій технологічні контури набувають управлінського змісту лише за умови їх інтеграції в єдину архітектуру даних, процесів і контролінгу. BIM-ядро забезпечує базову прозорість і узгодженість інформації, Lean/план-факт/KPI перетворюють дані на механізм вимірюваного управління ефективністю, AI підсилює прогнозування та оптимізацію рішень, Industry 4.0 забезпечує системну інтеграцію й автоматизацію операцій, а

платформно-екосистемний контур масштабує управлінські ефекти через координацію стейкхолдерів. Отже, економічна цінність моделі виникає не від окремих цифрових інструментів, а від їх комплементарного поєднання, інституціоналізованого через стандарти, ролі, регламенти та показники результативності.

Висновки

У межах дослідження досягнуто поставленої мети — концептуально обґрунтовано підхід до розкриття сутності економіко-цифрових моделей управління будівельними підприємствами як інтегрованих управлінських конструкцій, що поєднують цифрову інфраструктуру даних із механізмами економічного контролю та координації взаємодій учасників будівельного процесу. Отримані результати дають підстави стверджувати, що економіко-цифрова модель є якісно відмінною від набору окремих цифрових інструментів: її визначальною ознакою виступає системна інтеграція даних, процесів, контурів планування–контролю та управлінських регламентів, завдяки чому цифрові технології перетворюються на відтворюваний механізм створення економічної цінності та підвищення керованості діяльності.

Уточнено зміст поняття «економіко-цифрова модель управління будівельним підприємством» як інтегрованої архітектури управління, в якій цифрові рішення не лише забезпечують інформаційну підтримку, а формують основу для вимірюваного управління ефективністю, ризиками та результативністю. Встановлено, що в сучасному науковому дискурсі зміст, який у межах цієї статті формалізується як економіко-цифрова модель, найчастіше описується через суміжні концепції (інформаційне середовище даних, інтеграція BIM і Lean, аналітико-прогнозні підходи, трансформація операційних систем, цифрові екосистеми), що підтверджує актуальність систематизації та узагальнення таких підходів на рівні єдиної моделі.

Систематизовано наукові підходи до цифровізації управління в будівництві та показано їх комплементарний внесок у формування економіко-цифрових моделей. Обґрунтовано, що BIM формує ядро даних і процесів та забезпечує узгодженість управлінської інформації; Lean-логіка разом із контуром «план–факт» і KPI трансформує цифрові дані в механізми контролінгу та управління продуктивністю; AI забезпечує аналітико-прогнозне підсилення рішень і перехід до проактивного управління; Industry 4.0 інтегрує операційні системи та автоматизує процеси; платформно-екосистемна логіка розширює модель на рівень координації стейкхолдерів і масштабування ефектів у межах ланцюга створення цінності.

Визначено етапи формування економіко-цифрових моделей як послідовний перехід від цифрової інструменталізації до інституціоналізованої інтегрованої системи управління. Запропонована етапність демонструє, що ключовим рубежем є перехід від стандартизації даних і створення BIM-ядра до інтеграції цифрових рішень із контуром економічного контролю (планування–контроль, Lean, KPI), оскільки саме на цьому рівні цифровізація набуває вимірюваної управлінсько-економічної результативності. Подальші етапи — аналітико-прогнозне підсилення та платформно-екосистемна координація — забезпечують підвищення зрілості моделі, її стійкості і здатність масштабувати ефекти за межі підприємства.

Обґрунтовано структуру економіко-цифрової моделі як інтеграцію п'яти взаємодоповнювальних контурів, кожен з яких виконує власну функцію у створенні економічної цінності, але максимальний ефект досягається лише за умови їх комплементарного поєднання. Доведено, що економічна цінність моделі формується через зниження транзакційних витрат координації, зростання продуктивності та точності планування, скорочення втрат і помилок, підвищення якості управлінських рішень і перехід до узгодженої взаємодії учасників будівельного процесу.

Перспективи подальших досліджень доцільно пов'язати з розробленням прикладного інструментарію кількісного оцінювання зрілості та результативності економіко-цифрових моделей на рівні будівельного підприємства й проекту, зокрема через систему інтегрованих показників ефективності та методи порівняльного аналізу. Окремим напрямом є емпірична валідація запропонованої структури й етапності на основі кейсів будівельних підприємств різного профілю та масштабу, а також моделювання причинно-наслідкових зв'язків між інтеграцією контурів і фінансово-економічними результатами. Додаткової уваги потребують питання управління змінами, компетенцій та інституційних бар'єрів цифрової трансформації, а також дослідження платформно-екосистемних механізмів координації стейкхолдерів у проектах відбудови та модернізації, де ефект цифровізації проявляється на рівні всієї мережі взаємодії.

Список використаних джерел

1. Eastman C. M., Teicholz P., Sacks R., Liston K. BIM Handbook: A Guide to Building Information Modeling for Owners, Managers, Designers, Engineers and Contractors. 2nd ed. Hoboken: Wiley, 2011.
2. Succar B. Building information modelling framework: A research and delivery foundation for industry stakeholders. *Automation in Construction*. 2009. 18(3). P. 357–375. DOI: 10.1016/j.autcon.2008.10.003.
3. Sacks R., Koskela L., Dave B. A., Owen R. Interaction of lean and building information modeling in construction. *Journal of Construction Engineering and Management*. 2010. 136(9). P. 968–980. DOI: 10.1061/(ASCE)CO.1943-7862.0000203.
4. Darko, A., Chan, A. P. C., Adabre, M. A., Edwards, D. J., Hosseini, M. R., & Ameyaw, E. E. (2020). Artificial intelligence in the AEC industry: Scientometric analysis and visualization of research activities. *Automation in Construction*, 112, 103081. <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2020.103081>
5. Oesterreich T. D., Teuteberg F. Understanding the implications of digitization and automation in the context of Industry 4.0: A systematic literature review. *Computers in Industry*. 2016. Vol. 83. P. 121–139. DOI: 10.1016/j.compind.2016.09.001. URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0166361516301944>
6. Schimanski C. P., Pasetti Monizza G., Marcher C., Matt D. T. Development of a BIM-based production planning and control system for Lean Construction through advancement and integration of existing management techniques. *Frontiers of Engineering Management*. 2021. Vol. 8, No. 3. P. 429—441. <https://doi.org/10.1007/s42524-020-0105-5>
7. Бондаренко Д. В. Методичний підхід до оцінки цифровізації підприємств будівельної галузі. *Бізнес Інформ*. 2024. № 6. С. 93—103. <https://doi.org/10.32983/2222-4459-2024-6-93-103>
8. Дубінін Д. В. Цифрова трансформація українських будівельних та проектних підприємств: перешкоди та можливості. *Управління розвитком складних систем*. 2023. № 56. С. 131—137. <https://doi.org/10.32347/2412-9933.2023.56.131-137>
9. Kyivska K., Tsiutsiura S. Implementation of artificial intelligence in the construction industry and analysis of existing technologies. *Technology Audit and Production Reserves*. 2021. Vol. 2, No. 2(58). P. 12—15. <https://doi.org/10.15587/2706-5448.2021.229532>
10. Гудима Л. О. BIM-Technologies in Construction: Modern Challenges for Ukraine. *Бізнес Інформ*. 2024. № 2. С. 97—104. URL: <https://www.business-inform.net/export-pdf/business-inform-2024-2-0-pages-97-104.pdf> (дата звернення: 29.12.2025).
11. Global Alliance for Buildings and Construction. *Global Status Report for Buildings and Construction 2022*. Nairobi: United Nations Environment Programme, 2022. 80 p.

12. Arup; Ellen MacArthur Foundation. *The Circular Economy in the Built Environment*. London: Arup, 2016. URL: <https://www.arup.com/globalassets/downloads/insights/circular-economy-in-the-built-environment.pdf>
13. Krychevs'ka Y., Ryzhakova G., Shpakov A., Pokolenko V., Prykhodko D. Digital ecosystem in construction development: conceptual-theoretical aspects of transformation and management imperatives // *Management of Development of Complex Systems*. 2024. № 60. P. 174–182. DOI: <https://doi.org/10.32347/2412-9933.2024.60.174-182>.
14. Bielenkova O., Dubinin D., Kalashnikov D. Digital transformation of construction and territory development as an imperative for the formation of strategies for construction process participants // *Urban Planning and Territorial Development*. 2022. № 81. P. 13–22. DOI: <https://doi.org/10.32347/2076-815x.2022.81>.
15. Калінін О. В., Гончар В. В. Public-private partnership as a tool for crisis management in the construction industry // *Ways to Improve Construction Efficiency*. 2024. Vol. 53, No. 1. P. 163–173. DOI: [https://doi.org/10.32347/2707-501x.2024.53\(1\).163-173](https://doi.org/10.32347/2707-501x.2024.53(1).163-173)