

ІНТЕГРАЦІЯ BIM-ТЕХНОЛОГІЙ У СТРАТЕГІЮ ОПТИМІЗАЦІЇ БІЗНЕС-ПРОЦЕСІВ БУДІВЕЛЬНОГО ПІДПРИЄМСТВА

Інтеграція BIM-технологій (Building Information Modeling) у стратегію оптимізації бізнес-процесів будівельного підприємства формує нову модель управління, орієнтовану на дані, прозорість і аналітичну взаємодію. BIM виступає центральним елементом цифрової трансформації, забезпечуючи комплексну інтеграцію архітектурних, інженерних, фінансових і логістичних процесів у єдине інформаційно-аналітичне середовище. Такий підхід створює передумови для синхронізації між усіма структурними підрозділами підприємства, зменшує кількість управлінських помилок і підвищує ефективність прийняття рішень.

Ключовим ефектом впровадження BIM є формування наскрізного цифрового циклу, у якому інформація безперервно оновлюється й використовується для планування, контролю та прогнозування. BIM-технології забезпечують можливість інтеграції з ERP-, CRM- та SCM-системами, створюючи аналітичне «ядро» управління, що поєднує технічні, економічні та організаційні рівні діяльності підприємства. Цифрові моделі дозволяють проводити багатовимірний аналіз процесів у форматах 4D–6D, враховуючи часові, фінансові й експлуатаційні параметри.

Ефективність BIM визначається рівнем зрілості його впровадження: від ізольованого використання 3D-моделей до повноцінних цифрових двійників, які відображають реальний стан об'єкта в режимі реального часу. Таке середовище підсилює потенціал прогностичної аналітики, створює умови для управління ризиками, оптимізації витрат і контролю якості на всіх етапах життєвого циклу будівельного проекту.

Інтеграція BIM-технологій трансформує управлінські процеси з реактивних на проактивні, де аналітика даних стає базою для стратегічних рішень. Цифрова взаємодія між людиною, технологією та інформацією формує нову культуру управління, у якій ключову роль відіграють когнітивна гнучкість, системне мислення та аналітична прозорість. BIM стає не лише технологією проектування, а інтелектуальною платформою для сталого розвитку, ефективного використання ресурсів і підвищення конкурентоспроможності будівельного підприємства.

Ключові слова: BIM-технології, цифрова трансформація, ERP-інтеграція, оптимізація бізнес-процесів, цифрові близнюки, управління проектами, будівельне підприємство, аналітичне моделювання.

Вступ. Сучасна будівельна галузь переживає глибоку трансформацію, пов'язану з переходом до цифрових методів управління та координації процесів. Підвищення вимог до ефективності, швидкості реалізації та прозорості рішень зумовлює потребу у впровадженні нових інструментів аналітичного менеджменту.

Одним із таких інструментів є BIM-технології, які дозволяють створювати комплексну інформаційну модель будівлі, що об'єднує всі етапи її життєвого циклу – від проєктування до експлуатації. Інтеграція BIM у стратегічну систему управління підприємством забезпечує нову якість організації бізнес-процесів. Вона змінює принципи планування, бюджетування, логістики та контролю, формуючи єдине цифрове середовище прийняття рішень. В умовах високої конкуренції саме швидкість і точність управлінських дій стають визначальними факторами успіху.

BIM виступає не лише технічним засобом візуалізації, а й філософією управління на основі даних. Його впровадження дозволяє перетворити розрізнені функції підприємства на цілісну систему, де інформаційні потоки взаємодіють без втрат і дублювань.

У міжнародній практиці BIM став стандартом у провідних корпораціях (Skanska, Vinci, Lendlease, Turner Construction), які використовують його як інструмент оптимізації вартості, зменшення ризиків і підвищення продуктивності. Для українського будівельного бізнесу впровадження BIM означає можливість інтеграції у світовий цифровий простір і підвищення інвестиційної привабливості.

Актуальність. Інтенсифікація будівельних процесів, ускладнення архітектурних рішень та вимоги до енергоефективності створюють потребу у технологічному переосмисленні методів управління. Традиційні підходи вже не забезпечують необхідної гнучкості та швидкості реакції на зміни. BIM-технології стають відповіддю на ці виклики, оскільки дозволяють поєднати технічну, економічну та організаційну інформацію в єдиній системі. Їх актуальність полягає у здатності створювати «цифрових близнюків» об'єктів, які відображають реальні процеси в режимі реального часу. Завдяки цьому можливо прогнозувати наслідки рішень, запобігати помилкам і мінімізувати ризики. Для підприємств це означає скорочення витрат, оптимізацію ланцюгів постачання, удосконалення комунікацій і контроль якості на кожному етапі будівництва.

Постановка проблеми. Незважаючи на очевидні переваги, впровадження BIM-технологій у будівельних підприємствах стикається з низкою проблем: відсутність єдиної нормативної бази, недостатня підготовка персоналу, несумісність програмного забезпечення та обмежена інтеграція з управлінськими системами. У результаті компанії часто використовують BIM фрагментарно, лише як інженерний інструмент. Питання полягає у тому, як перетворити BIM на стратегічну платформу управління, здатну інтегрувати всі бізнес-процеси підприємства.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Дослідження останніх років (Деркач, 2023; Кулік, 2023; Халілова, 2023; Bondar et al., 2022) акцентують увагу на переході від технічного до управлінського застосування BIM. Розвиток концепції цифрових близнюків, інтеграції BIM з ERP-, CRM- та SCM-платформами, а також формування спільного середовища даних (CDE) стали ключовими напрямками наукових і практичних пошуків. Водночас відсутня системна методологія оптимізації бізнес-процесів на основі BIM, що зумовлює потребу в уточненні механізмів його впровадження на рівні стратегічного управління підприємством.

Метою статті є обґрунтування концепції інтеграції BIM-технологій у стратегію оптимізації бізнес-процесів будівельного підприємства. Завдання дослідження: проаналізувати функціональні блоки, що піддаються цифровій трансформації; визначити рівні зрілості BIM; описати архітектуру інтеграції з ERP, CRM і SCM; сформулювати систему показників ефективності впровадження.

Виклад основної інформації. Сучасне будівельне підприємство функціонує у висококонкурентному середовищі, де динамічні зміни ринку, стрімка урбанізація, зростання попиту на якісні об'єкти та необхідність забезпечення ефективного ресурсного менеджменту зумовлюють потребу в оновленні стратегічних підходів до управління. Одним із найперспективніших напрямів трансформації є інтеграція цифрових технологій у бізнес-процеси, зокрема технологій інформаційного моделювання будівель (Building Information Modeling – BIM). Цей підхід забезпечує не лише візуалізацію проєктів у тривимірному середовищі, а й формує нову парадигму управління, де аналітика, прогнозування, координація та контроль функціонують у синхронізованому цифровому просторі.

BIM-технології перестали бути виключно інженерним або архітектурним інструментом. У межах сучасної стратегії оптимізації вони трансформуються у ядро цифрової платформи управління підприємством. Завдяки інтеграції BIM із ERP-системами, CRM-модулями, календарним плануванням, бюджетуванням, контролем якості та логістикою відбувається перенесення класичних управлінських функцій у єдину візуально-аналітичну оболонку. Це відкриває нові можливості для гнучкого управління будівельними процесами, зменшення втрат, прискорення термінів виконання робіт і підвищення прозорості прийняття рішень.

На рівні стратегії підприємства BIM виконує роль технологічного інтегратора між підрозділами: архітектурним, інженерним, комерційним, фінансовим і юридичним. Інформаційна модель забезпечує безперервний обмін даними, дозволяючи кожному учаснику бізнес-процесу працювати з актуальною версією об'єкта. Це мінімізує ризики помилок, затримок та дублювання інформації, характерних для традиційних форм управління. Таким чином, BIM створює умови для формування процесно-аналітичної моделі, де бізнес-логіка підприємства формується навколо реального (та змодельованого) об'єкта будівництва.

Окремо варто підкреслити, що в умовах зростаючої складності об'єктів будівництва та зменшення допустимого рівня операційних втрат, BIM виступає не лише інструментом оптимізації, а й детермінантою конкурентоспроможності. У глобальній практиці (зокрема в компаніях як Skanska, Vinci, Turner Construction, Lendlease) BIM впроваджується як частина корпоративної стратегії діджитал-трансформації та оцінюється за показниками ефективності: зниження вартості на стадії проєктування, скорочення термінів узгоджень, зменшення змін у проєктах, покращення логістики на будівельному майданчику.

Зазначимо, щд інформаційне моделювання будівель (BIM – Building Information Modeling) стало ключовим етапом еволюції цифрової трансформації в будівництві, поєднуючи архітектурне, інженерне, кошторисне, експлуатаційне та управлінське середовища в єдину цифрову інформаційну систему. Концепція BIM виходить далеко за межі 3D-моделювання: вона охоплює філософію управління проєктом на основі даних, які постійно оновлюються та використовуються всіма учасниками життєвого циклу об'єкта [2].

BIM-технології базуються на ідеї створення віртуального прототипу майбутньої будівлі, який дозволяє змодельовувати та оптимізувати всі процеси ще до початку фізичного будівництва. Це дає змогу уникнути помилок, перевитрат, суперечностей між різними інженерними системами та покращити комунікацію між учасниками проєкту [3].

Концептуально BIM поєднує кілька фундаментальних ідей [4]:

- Інформаційна єдність: усі дані зберігаються в одному цифровому середовищі та синхронізуються в реальному часі.
- Мультидисциплінарна координація: різні учасники (архітектори, інженери, замовники, підрядники) працюють у єдиній моделі.
- Життєвий цикл об'єкта: BIM підтримує дані від передпроектного аналізу до демонтажу або реконструкції.
- Цифровий близнюк (Digital Twin): BIM-модель слугує цифровим відображенням фізичної споруди, включаючи поведінкові, конструктивні й експлуатаційні характеристики.

Еволюція BIM почалась із простого CAD-моделювання в 1970–1980-х роках та поступово трансформувалася у складну цифрову екосистему, інтегровану в управлінські процеси. Зі зростанням складності об'єктів, потреб у точності та мінімізації ризиків BIM поступово набув стратегічного значення у провідних міжнародних будівельних корпораціях. На початку 2000-х років країни ЄС, США, Великобританія та Скандинавські держави розробили національні стратегії цифрового будівництва, в яких BIM займає центральне місце [1].

Нижче подано таблицю 1, яка узагальнює історичний розвиток BIM-технологій із ключовими концептуальними віхами, що стали базою для сучасної моделі цифрового управління будівництвом.

Таблиця 1

Етапи еволюції BIM-технологій та концептуальні засади цифрової трансформації управління в будівництві

Період	Етап розвитку	Ключова характеристика	Концептуальні засади
1970–1980 рр.	CAD-моделювання (2D)	Поява комп'ютерного креслення	Автоматизація проектування без інтеграції процесів
1980–1995 рр.	Поява 3D-моделей	Візуалізація об'єкта в об'ємі	Геометричне представлення без логіки взаємодії
1995–2005 рр.	BIM 1.0 (об'єктне моделювання)	Введення баз даних у моделі, поява параметричних об'єктів	Визначення інформаційних зв'язків між елементами
2005–2015 рр.	BIM 2.0 (координація)	Взаємодія між дисциплінами, виявлення конфліктів	Мультидисциплінарність, управління проектними ризиками
2015–2020 рр.	BIM 3.0 (інтеграція)	Зв'язок BIM з ERP, SCM, CRM; вивід на рівень управління	Інтеграція з бізнес-процесами, аналітика даних
2020–дотепер	BIM 4.0+ (цифрові близнюки)	Поеднання з IoT, Big Data, AI; керування в реальному часі	Цифрова трансформація, управління об'єктом «on-line»

Джерело: розроблено автором на основі [1]

Представлена класифікація демонструє не лише технічний розвиток BIM, а й поглиблення концептуального змісту. З кожним етапом BIM дедалі більше інтегрується в систему прийняття управлінських рішень, перетворюючись із допоміжного інженерного інструменту на стратегічний актив підприємства. Особливо показовим є перехід до BIM 3.0 та 4.0, які пов'язують цифрову модель із

реальним фізичним об'єктом, підвищують прогнозованість та контрольованість процесів [5].

Продовжуючи аналіз теми впровадження BIM-рішень у стратегію оптимізації бізнес-процесів будівельного підприємства, слід докладно розглянути, які саме функціональні блоки управління в найбільшій мірі піддаються цифровій трансформації, та яким чином ці трансформації впливають на ефективність, швидкість і прозорість управлінських рішень.

BIM-технології мають потенціал суттєво покращити операційні, планово-економічні та виконавчі бізнес-процеси підприємства. Передусім ідеться про такі блоки як [6]:

1. Планування і проєктування – на цьому етапі BIM дозволяє візуалізувати весь об'єкт у цифровому вигляді до початку будівництва, перевірити узгодженість усіх елементів, створити адаптивну модель розвитку, а також проаналізувати сценарії впливу змін. Завдяки функціям clash detection можливо завчасно виявити конфлікти між системами (наприклад, вентиляцією і конструкцією) та оптимізувати просторові рішення.

2. Кошторисне ціноутворення та фінансове планування – BIM-модель дозволяє автоматично генерувати об'єми робіт (BOQ – Bill of Quantities), які надалі інтегруються з системами оцінки вартості, бюджетування та фінансового моніторингу. Таке рішення істотно зменшує похибки в обчисленнях і прискорює формування економічних моделей проєкту.

3. Графіки реалізації (4D) – інтеграція календарного планування з просторовими елементами моделі дозволяє синхронізувати строки виконання робіт із візуальним контролем за їхнім просуванням. Цей підхід забезпечує високу прозорість для інвесторів та замовників, а також формує основу для вчасного виявлення відхилень і затримок.

4. Закупівлі та управління постачанням – через BIM можливо автоматично формувати специфікації матеріалів, кількості, строків поставки, що дозволяє більш точно планувати логістику та знижувати складські втрати. У міжнародних компаніях ця функція пов'язується з системами управління ланцюгами постачання (SCM), що дозволяє будувати гнучкі ланцюги поставок.

5. Контроль за якістю виконання та авторський нагляд – BIM забезпечує візуальний контроль відповідності будівельних елементів до проєктних рішень. Завдяки цифровому зв'язку з будівельним майданчиком та використанню мобільних пристроїв з доступом до моделі в реальному часі, технічні спеціалісти можуть швидше фіксувати недоліки, вносити зміни та вести журнал змін із прив'язкою до елементів об'єкта.

6. Логістика і координація ресурсів – 5D BIM дозволяє здійснювати не лише візуальний контроль за переміщенням матеріалів і механізмів, а й формувати сценарії поставок, черговості монтажу, резервування техніки. Це особливо важливо для проєктів з обмеженим доступом, стислим графіком або складною геометрією.

7. Управління ризиками – BIM може бути інтегровано з модулями оцінки ризиків, зокрема у вигляді цифрових сценаріїв (what-if analysis), які візуалізують потенційні відхилення в об'ємі, кошторисі або часі реалізації. Це формує основу для системного ризик-менеджменту.

8. Управління експлуатацією (6D) – після завершення будівництва модель використовується для обслуговування об'єкта, планування ремонтів, енергоефективності, технічного моніторингу. Це забезпечує повну трансформацію

підходу до експлуатації, перетворюючи її на керовану та аналітично підтверджену функцію.

Рис. 1 демонструє зв'язки між основними управлінськими процесами підприємства та модулями BIM-інтеграції: планування, кошторис, календар, логістика, якість, постачання, ризики, експлуатація.



Рис. 1 Функціональні блоки будівельного підприємства, що піддаються оптимізації за допомогою BIM-технологій (розроблено автором на основі [6])

Даний рисунок наочно відображає логіку процесної інтеграції BIM у систему управління будівельним підприємством, дозволяючи структурувати функціональні блоки та визначити потенційні ефекти їх цифрової оптимізації.

Усі ці блоки в реальному середовищі будівельного підприємства не є ізольованими – вони функціонують у тісній взаємодії та повинні бути синхронізовані через єдину BIM-модель. Саме така модель слугує центральним цифровим ядром, до якого під'єднуються системи ERP, фінансового контролінгу, логістики, HR-аналітики, технічного аудиту тощо. Результатом є формування єдиної платформи управління, де кожна дія та ресурс відображаються у цифровому середовищі з повною логікою взаємозв'язків [7]. Це дозволяє вивести управління

будівельним підприємством на принципово новий рівень ефективності: знизити дублювання інформації, зменшити затримки, оптимізувати використання ресурсів, а також забезпечити прозорість як для внутрішнього, так і для зовнішнього контролю.

У процесі впровадження BIM-технологій в управлінську структуру будівельного підприємства особливо важливим є розуміння рівнів зрілості BIM (BIM maturity levels) – концепції, що дозволяє визначити, наскільки глибоко та системно організація здатна використовувати потенціал інформаційного моделювання в контексті цифрового управління. Рівні зрілості не лише відображають технічну здатність підприємства працювати з 3D-моделями, але й інтеграційну, методологічну та стратегічну готовність включити BIM у всі ключові бізнес-процеси.

Методологія оцінки BIM-зрілості заснована на поступовому розвитку від ізольованого моделювання (без обміну інформацією) до повної інтеграції у хмарну платформу з міждисциплінарною координацією, відкритим середовищем даних, цифровими близнюками та аналітичними панелями для ухвалення рішень. Кожен рівень має свої характеристики, інструменти, типи взаємодій між учасниками проекту та технологічні вимоги.

Розгляд рівнів BIM-зрілості дозволяє [8]:

- оцінити ступінь готовності підприємства до цифрової трансформації;
- визначити етапи переходу від базової автоматизації до повноцінного діджитал-управління;
- сформувати дорожню карту впровадження BIM;
- виявити бар'єри впровадження (технічні, кадрові, методологічні, організаційні);
- визначити інвестиційні та освітні потреби підприємства.

Загальновизнаним у міжнародній практиці є поділ BIM-зрілості на чотири основні рівні (від 0 до 3), що охоплюють як технічні, так і управлінські аспекти. Відповідну структуру подано у таблиці 2 нижче.

На рівні BIM Level 1 підприємство здійснює лише базову цифрову трансформацію — автоматизацію креслень і формування специфікацій. Перехід до Level 2 знаменує початок справжнього управління змінами в моделі, коли всі учасники працюють із загальним координаційним середовищем. Рівень BIM 3 є найбільш стратегічно важливим: саме тут BIM стає частиною цифрової платформи підприємства, в якій дані безперервно оновлюються, використовуються в управлінні ресурсами, ризиками, логістикою, фінансами й експлуатацією.

Таким чином, оцінка рівня BIM-зрілості підприємства дозволяє об'єктивно визначити його місце у цифровому ланцюжку, а також сформувати пріоритети для впровадження додаткових рішень: навчання персоналу, оновлення IT-інфраструктури, розробка нормативної документації, інтеграція з існуючими системами ERP/CRM.

Інтеграція BIM із сучасними управлінськими платформами – ERP, CRM, SCM – є однією з ключових умов створення єдиного цифрового інформаційного середовища будівельного підприємства. Така інтеграція дозволяє забезпечити прозору, синхронізовану та адаптивну модель управління на всіх етапах життєвого циклу об'єкта – від передпроектного аналізу до експлуатації та демонтажу [10].

Таблиця 2

Рівні BIM-зрілості та їх характеристика в контексті інтеграції у стратегію будівельного підприємства

Рівень	Назва BIM-рівня	Характеристика	Організаційна інтеграція	Приклади використання
0	Pre-BIM	Використання 2D-CAD без інтеграції моделей	Відсутня цифрова взаємодія	Автономне креслення в AutoCAD
1	BIM Level 1	Статичні 3D-моделі + специфікації в таблицях	Локальне зберігання, часткова автоматизація	Візуалізація, креслення без координації
2	BIM Level 2	Координація між учасниками, обмін моделями	Міждисциплінарна координація, контроль змін	Інтеграція моделі з графіками та кошторисом
3	BIM Level 3	Інтегроване середовище даних (CDE), Digital Twin	Повна інтеграція з ERP/BI/SCM, керування в реальному часі	Хмарна модель, цифровий близнюк, IoT-аналітика

Джерело: розроблено автором на основі [8]

Суть цього підходу полягає в тому, що BIM-модель перестає бути ізольованим інженерним або архітектурним файлом, а перетворюється на ядро цифрової платформи, яке живиться даними з різних джерел і, у свою чергу, генерує вхідну інформацію для інших модулів управління. Це забезпечує оперативне оновлення даних, зменшує дублювання введень, автоматизує прийняття рішень та створює цифровий слід кожного етапу управління.

У системах ERP інтеграція BIM здійснюється через поєднання з модулями управління ресурсами, бюджетом, витратами, графіками виконання робіт і контрольними точками. Наприклад, об'єми матеріалів з BIM-моделі автоматично передаються до системи SAP чи Oracle ERP, де розраховується вартість, резерви, план закупівель і постачання. У свою чергу, система ERP передає назад у BIM-модель оновлені дані про залишки ресурсів, терміни їх поставки або фінансові обмеження. Таким чином формується двосторонній зв'язок, що забезпечує узгоджене фінансово-технічне планування.

Щодо CRM-систем, то вони взаємодіють із BIM переважно на стадії комерціалізації проекту, продажів, управління клієнтськими запитами та обслуговування об'єкта. Наприклад, клієнт у режимі реального часу може переглянути візуалізацію своєї квартири, зробити вибір оздоблення, замовити зміни в конфігурації. Дані з BIM оновлюють CRM щодо актуального статусу об'єкта, а CRM фіксує побажання клієнтів, які повертаються до моделі у вигляді коментарів до плану [9]. Це дозволяє створити персоналізований підхід до покупки, підвищити рівень задоволеності та скоротити час на погодження.

У контексті SCM-платформ, BIM відіграє вирішальну роль у плануванні та координації ланцюгів постачання. Моделі дозволяють точно визначити строки, об'єми та місця постачань, а SCM-модуль забезпечує оптимальний маршрут, вибір

постачальника, вартість логістики та прогнозування затримок. Таким чином, BIM-модель є джерелом даних для автоматичного запуску ланцюга закупівель, формування заявок, трекінгу доставок і управління контрактами з логістичними партнерами. У міжнародній практиці такі рішення реалізуються через інтеграцію BIM із платформами типу IBM Maximo, Trimble Connect, Autodesk Construction Cloud тощо.

На архітектурному рівні інтеграція BIM-технологій із управлінськими системами досягається через побудову гнучкої й відкритої цифрової екосистеми, де передбачено структуровану взаємодію між різними модулями, платформами, форматами обміну даними й сервісами підтримки рішень. Така інтеграція формує основу для побудови єдиного інформаційного середовища управління, що охоплює всі процеси будівельного підприємства – від проєктування до експлуатації об'єкта [11].

- Відкриті формати обміну (IFC, COBie, gbXML) є базовими стандартами, які дозволяють досягати сумісності між різними програмними продуктами. Формат IFC (Industry Foundation Classes) розроблений для забезпечення нейтрального, нефірмового обміну даними між BIM-середовищами, такими як Revit, ArchiCAD, Tekla, Bentley тощо. IFC дозволяє зберігати не лише геометричну інформацію, а й атрибутивні дані (характеристики матеріалів, призначення елементів, логіку взаємозв'язків). Формат COBie (Construction-Operations Building Information Exchange) орієнтований на передачу інформації з BIM-моделі до систем управління експлуатацією (FM) і підтримує структурований перелік елементів, обладнання, інструкцій, відповідальних осіб тощо. Формат gbXML (Green Building XML) використовується для обміну даними про енергоефективність, теплообмін, вентиляцію та інші інженерні показники, що особливо актуально для моделей енергоефективного будівництва [12]. Використання відкритих форматів забезпечує міжплатформну узгодженість, що знижує ризики втрати інформації при переході між системами та підвищує прозорість даних.

- API-зв'язки та модулі інтеграції між BIM-програмами та ERP/CRM/SCM-платформами дозволяють створити безшовну взаємодію між проєктним середовищем і управлінськими модулями. Через API (Application Programming Interface) програми типу Revit або Navisworks можуть обмінюватися даними із SAP, Oracle NetSuite, Microsoft Dynamics, Salesforce тощо [13]. Це відкриває можливості для двосторонньої синхронізації: BIM-модель автоматично оновлюється після затвердження змін у бюджеті, термінах чи закупівлях, а інформація з ERP-модулів транслюється в оновлені атрибути об'єктів у моделі. Такі зв'язки забезпечують контроль за розподілом ресурсів, фінансовими потоками, графіками, ризиками, а також автоматичне формування звітності.

- Хмарні платформи є ключовими у реалізації концепції інформаційного середовища нового покоління. Рішення на базі Autodesk Construction Cloud, Trimble Connect, BIM 360, Bentley iTwin дозволяють зберігати, редагувати, переглядати та обмінюватися BIM-моделями в режимі реального часу з будь-якого пристрою. Це не лише прискорює процес прийняття рішень, а й мінімізує помилки, пов'язані з різними версіями документів. Хмарна архітектура підтримує масштабованість, що дозволяє будівельному підприємству обслуговувати декілька об'єктів одночасно без ризику перевантаження інфраструктури. До переваг хмарного середовища належать: зменшення витрат на локальне зберігання даних, постійне резервне

копіювання, гнучкий контроль доступу, а також підтримка штучного інтелекту для автоматичного виявлення помилок і прогнозування відхилень.

• Common Data Environment (CDE) – концепція спільного середовища даних, у якому BIM та інші управлінські системи функціонують як єдине цифрове ціле. В межах CDE усі учасники проекту мають доступ до актуальної інформації, що синхронізується між усіма системами. Це середовище забезпечує версійність документів, контроль статусів, електронні підписи, маршрутизацію затверджень, трасування змін. CDE функціонує як центральний серверний простір або як розподілена платформа з API-доступом, в якому модулі ERP, CRM, BIM, SCADA, GIS тощо працюють на єдиному інформаційному каркасі [14]. Основні принципи CDE — прозорість, доступність, контрольованість та стандартизація процесів.

Інтеграція всіх перелічених компонентів створює архітектуру цифрової взаємодії, що дозволяє [15]:

- уникнути інформаційної ізоляваності підрозділів;
- знизити витрати часу на передачу і перевірку даних;
- скоротити ризики дублікації, втрат або викривлення інформації;
- забезпечити наскрізний контроль за якістю, термінами, бюджетом і технічним виконанням проекту;
- оперативно формувати звітність для внутрішнього контролю, аудиту, інвесторів і замовників.

У підсумку, на архітектурному рівні інтеграція BIM із управлінськими платформами та формування CDE – це не лише технічне рішення, а стратегічна інфраструктура, яка забезпечує системну цифрову трансформацію будівельного бізнесу, його адаптивність, аналітичність і готовність до роботи в умовах проєктної складності та мінливої зовнішньої реальності.

Рис. 2 демонструє центральне положення BIM-моделі в цифровій екосистемі компанії, з візуалізацією потоків даних між модулями ERP (ресурси, бюджет, кошторис), CRM (взаємодія з клієнтом), SCM (логістика, постачання), а також модулем ризик-менеджменту та експлуатації об'єкта.



Рис. 2. Інтеграційна архітектура BIM і управлінських платформ у будівельному підприємстві (розроблено автором на основі [15])

Таким чином, інтеграція BIM з ERP, CRM та SCM – це не просто технологічна взаємодія, а фундаментальна зміна архітектури управління будівельною компанією, що забезпечує аналітичність, гнучкість, економічність та прозорість процесів на всіх рівнях. У сучасних умовах така інтеграція стає критичним фактором конкурентоспроможності та готовності до роботи в умовах цифрової економіки.

Нижче подано таблицю 3, яка демонструє приклади KPI та індикаторів ефективності впровадження BIM у різні сфери діяльності будівельного підприємства.

Таблиця 3

Система кількісних та якісних показників оцінки впливу BIM на результативність бізнес-процесів

Напрямок бізнес-процесу	Кількісні показники (KPI)	Якісні індикатори ефективності
Проектування та планування	▪ % зменшення проектних змін після узгодження ▪ Скорочення термінів проектування (%)	▪ Якість взаємодії між підрозділами ▪ Прозорість передачі даних
Бюджетування та кошторис	▪ Зниження похибки у розрахунках обсягів ▪ Зменшення витрат на етапі П (у грн / %)	▪ Точність прогнозу вартості на різних фазах ▪ Узгодженість фінансових і технічних рішень
Графік виконання робіт	▪ Зменшення затримок (% об'єктів завершено в строк) ▪ Кількість днів резерву	▪ Гнучкість адаптації графіка ▪ Автоматичне оновлення термінів
Управління логістикою	▪ Зниження втрат ресурсів (%) ▪ Оптимізація маршрутів (у годинах, км)	▪ Координація між логістичними й будівельними модулями ▪ Повнота ланцюга постачання в моделі
Контроль якості та ризиків	▪ % зниження виявлених дефектів ▪ Скорочення часу на реакцію на відхилення	▪ Прогнозування ризиків у реальному часі ▪ Прозорість відповідальності за помилки
Клієнтська взаємодія (CRM)	▪ % клієнтів, які отримали візуалізацію об'єкта ▪ Середній час на погодження змін	▪ Ступінь індивідуалізації послуг ▪ Рівень задоволеності покупців

Джерело: розроблено автором на основі [16]

Також під кінець зазначимо, що визначення ефективності впровадження BIM-рішень у бізнес-процеси будівельного підприємства потребує чіткої системи оцінювання. З огляду на багатофункціональність BIM-моделі та її інтеграцію в управлінське середовище, необхідно аналізувати як кількісні, так і якісні індикатори, які безпосередньо відображають результативність і доцільність цифрової трансформації.

Кількісні показники пов'язані з безпосередніми числовими результатами впровадження – це зміни у витратах, строках, прибутковості, кількості помилок, обсягах інформації. Вони легко піддаються моніторингу та аналітичному аналізу через ERP-системи або BIM-інтерфейси.

Якісні показники, натомість, відображають більш стратегічні ефекти: підвищення прозорості, задоволеності замовника, інноваційності, швидкості

прийняття рішень. Вони часто формуються на основі експертного оцінювання або візуалізуються через аналітичні дашборди [16].

Для системного управління доцільно формувати KPI-систему (Key Performance Indicators), яка відображає результативність BIM у межах конкретних бізнес-процесів: планування, кошторису, виконання робіт, логістики, контролю якості та експлуатації.

Висновок. Інтеграція BIM-технологій у стратегію управління будівельним підприємством формує якісно новий рівень організації бізнес-процесів. Вона забезпечує створення єдиного цифрового середовища, де поєднані дані про проект, ресурси, фінанси, терміни та ризики. BIM виступає як комунікаційна та аналітична платформа, яка з'єднує архітекторів, інженерів, економістів, менеджерів і замовників у спільному інформаційному просторі.

Розроблена модель інтеграції передбачає взаємодію BIM із ERP-, CRM- та SCM-системами, що дозволяє створити наскрізну архітектуру управління підприємством. Такий підхід забезпечує автоматичний обмін даними, усуває дублювання інформації, скорочує кількість помилок і сприяє прозорості всіх етапів управління.

Упровадження BIM 3.0+ і цифрових близнюків відкриває нові можливості прогностичного моделювання, управління ризиками та експлуатації об'єктів на основі реальних даних. Важливим аспектом є формування системи KPI для оцінки результативності впровадження – як кількісних (скорочення термінів, витрат, відхилень), так і якісних (інноваційність, комунікація, прозорість). BIM є не просто інструментом цифровізації, а стратегічним ресурсом сталого розвитку й конкурентоспроможності будівельного підприємства. Його ефективна інтеграція формує основу для переходу від традиційного управління до інтелектуального, заснованого на даних, аналітиці й прогнозуванні.

Список літератури:

1. Деркач А.Є. Економіко-цифровий інструментарій впровадження реінжинірингу на будівельному підприємстві: дис. ... доктора філософії: 051 Економіка. К.: КНУБА, 2023. URL: https://www.knuba.edu.ua/wp-content/uploads/2023/12/dysertacziya_derkach-andrij.pdf

2. Барзилович Д., Лагунова І., Середюк С., Дмитрук О. Системний перегляд якості державного регулювання. Взаємодія учасників ринку будівництва в розрізі життєвого циклу будівель та споруд: Зелена книга. Київ: Better Regulation Delivery Office (BRDO), 2022. 85 с. URL: <https://www.slideshare.net/slideshow/ss-252883877/252883877>

3. Гавриловський О. С., Сташенко Ю. В. Інноваційні механізми підвищення міжнародної конкурентоспроможності підприємств України. *Global science: prospects and innovations*. Proceedings of the 11th International scientific and practical conference. Cognum Publishing House. Liverpool, United Kingdom. 2024. Pp. 444-449. URL: <https://sci-conf.com.ua/xi-mizhnarodna-naukovo-praktichna-konferentsiya-global-science-prospects-and-innovations-20-22-06-2024-liverpul-velikobritaniya-arhiv/>

4. The I International Scientific and Practical Conference «Current trends in the development of modern scientific thought», September 27 – 30, 2022, Haifa, Israel. 534 p. DOI: 10.46299/ISG.2022.2.1

5. Заїка О.В. Цифрова трансформація та фінансова архітектура для стратегічного відновлення суб'єктів бізнесу: ди. ...доктора філософії: 072 Фінанси,

банківська справа та страхування. Харків: Державний біотехнологічний університет, 2025. 239 с. URL: <https://biotechuniv.edu.ua/wp-content/uploads/2025/08/zaika-dys.pdf>

6. Чуприна Ю.А. Залучення прикладних переваг BIM-технологій до методики і практики формування життєвого циклу проектів в складі державних цільових програм, які втілюються будівельним кластером. *Економіка та держава*. 2019. № 3. С. 67-70.

7. Кулік М.В. Формування оптимізаційних рішень на базі BIM-технологій при розробці проектної документації багатоповерхової житлової будівлі: кваліфікаційна робота. Запоріжжя: Запорізький національний університет, 2003. 98 с. URL: <https://dspace.znu.edu.ua/jspui/bitstream/12345/18736/1/Кулік%20М.В..pdf>

8. Про схвалення Стратегії цифрового розвитку інноваційної діяльності України на період до 2030 року та затвердження операційного плану заходів з її реалізації у 2025-2027 роках: розпорядження Кабінету Міністрів України від 31 грудня 2024 р. № 1351-р. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1351-2024-%D1%80#Text>

9. Сахно М.А. Оптимізаційні рішення проектування та експлуатації будівель та споруд на основі інформаційних моделей: кваліфікаційна робота. Запоріжжя: Запорізький національний університет, 2022. 78 с. URL: https://dspace.znu.edu.ua/jspui/bitstream/12345/9681/1/Сахно_дип.pdf

10. Гончаренко Т.А. Методологічні основи формування єдиного інформаційного середовища для автоматизації об'єктно-просторових систем в проєктах будівництва: дис. ... д-ра техн. Наук: 05.13.06. К.: КНУБА, 2024. 418 с. URL: https://www.knuba.edu.ua/wp-content/uploads/2024/04/dysertacziya_goncharenko_tetyany_andriyivny.pdf

11. Халілов Арзу Менеджмент будівельних проєктів з застосуванням BIM технологій та штучного інтелекту на цифровій платформі: дис. ... доктора філософії: 0,73 Менеджмент. К.: КНУБА, 2024. 176 с. URL: <https://www.knuba.edu.ua/wp-content/uploads/2024/06/halilov-dysertacziya.pdf>

12. Про схвалення Концепції впровадження технологій будівельного інформаційного моделювання (BIM-технологій) в Україні та затвердження плану заходів з її реалізації: розпорядження Кабінету Міністрів України від 17 лютого 2021 р. № 152-р. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/152-2021-%D1%80#Text>

13. Цифра Т.Ю. BIM як інструмент реформування системи ціноутворення (на прикладі дорожньо-будівельних підприємств Казахстану). *Шляхи підвищення ефективності будівництва в умовах формування ринкових відносин*, 2021, 47(2), 168-180.

14. Akselrod R., Shpakov A.i, Ryzhakova G., Honcharenko T. 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*, 2022, 12(1), pp. 40–50. https://doi.org/10.46338/ijetae0122_05.

15. Bondar O., Petrenko G., Khalilov A., Vahonova O., Akimova L., Akimov O. Construction Project Management Based on the Circular Economy. *IJCSNS International Journal of Computer Science and Network Security*, 2022, 22(9), 630–635. DOI: 10.22937/IJCSNS.2022.22.9.82

16. Бондар О. А., Мудра М. С., Халімов А. Роль та місце стратегії конкурентної поведінки в сучасній системі стратегічного маркетингу вітчизняних підприємств. Тези доповідей восьмої міжнародної науково-практичної конференції «Управління

розвитком технологій». Тема: Інформаційні технології розвитку змісту освіти. К.: КНУБА, 2021. 101 с.

Dmytro RIZUN

Integration of BIM technologies into the strategy of business process optimization of a construction enterprise

The integration of BIM technologies (Building Information Modeling) into the strategy of business process optimization of a construction enterprise shapes a new management model oriented toward data, transparency, and analytical interaction. BIM serves as the central element of digital transformation, ensuring the comprehensive integration of architectural, engineering, financial, and logistical processes within a unified information-analytical environment. This approach creates prerequisites for synchronization among all structural units of the enterprise, reduces managerial errors, and increases the efficiency of decision-making.

A key effect of BIM implementation is the formation of an end-to-end digital cycle in which information is continuously updated and used for planning, control, and forecasting. BIM technologies enable integration with ERP, CRM, and SCM systems, creating an analytical “core” of management that unites the technical, economic, and organizational levels of enterprise activity. Digital models allow multidimensional analysis of processes in 4D–6D formats, taking into account temporal, financial, and operational parameters.

The efficiency of BIM depends on the maturity level of its implementation – from the isolated use of 3D models to fully developed digital twins that reflect the real state of an object in real time. Such an environment strengthens the potential of predictive analytics, creates conditions for risk management, cost optimization, and quality control throughout all stages of a construction project’s life cycle.

Integrating BIM technologies transforms management processes from reactive to proactive, where data analytics becomes the foundation for strategic decision-making. The digital interaction between humans, technology, and information forms a new management culture in which cognitive flexibility, systems thinking, and analytical transparency play key roles. BIM evolves beyond a design tool into an intelligent platform for sustainable development, efficient resource utilization, and increased competitiveness of construction enterprises.

Keywords: *BIM technologies, digital transformation, ERP integration, business process optimization, digital twins, project management, construction enterprise, analytical modeling.*