

DOI: <https://doi.org/10.32347/2077-3455.2024.70.32-45>

УДК 004, 378, 72.01, 69.059:65.012.12

Білов Владислав Анатолійович,

*аспірант кафедри інформаційних технологій в архітектурі,
Київський національний університет будівництва і архітектури*

bilov_va-2022@knuba.edu.ua

<http://orcid.org/0009-0006-5039-2075>

Левченко Олексій Вікторович,

*кандидат архітектури, доцент,
доцент кафедри інформаційних технологій в архітектурі,
Київський національний університет будівництва і архітектури*

levchenko.ov@knuba.edu.ua

<http://orcid.org/0000-0002-5254-2114>

ВІМ ЯК АНАТОМІЯ ДЛЯ БУДІВЛІ

Анотація: у статті висвітлюється використання інформаційного моделювання будівель (ВІМ) як інноваційний образ «анатомії» будівель, що показує, як ця технологія переосмислює спосіб дослідження, проектування та управління архітектурними проектами. Актуальність цього дослідження полягає у трансформаційному впливі ВІМ на будівельну галузь, адже ця технологія створює деталізовану та активну модель, яка відображає складність та взаємозалежність, притаманні анатомічній будові людини. Створюючи комплексне тривимірне цифрове представлення будівлі, ВІМ дозволяє отримати системне представлення про компоненти, функції та взаємодію елементів будівлі, подібно до того, як анатомічні моделі покращують сприйняття біологічних систем. Метою статті є аналіз того, як інформаційне моделювання будівель (ВІМ) забезпечує деталізоване, системне представлення структури та функцій будівлі, покращуючи процеси проектування, будівництва та управління за допомогою цифрової моделі. Результати цього дослідження свідчать про те, що ВІМ вдосконалює процес проектування та будівництва, підвищуючи рівень візуалізації, координації та комунікації між учасниками проекту. Це полегшує проведення поглибленого аналізу експлуатаційних характеристик будівлі, що дає змогу покращити процес прийняття рішень протягом усього життєвого циклу проекту. Технологія підтримує точне моделювання, виявлення колізій та оцінку витрат, що дозволяє зменшити ризики та оптимізувати розподіл ресурсів. Інтегрування навантажень та впливів, як аспектів експлуатації, до технології ВІМ, дозволяє здійснювати управління та обслуговування будівельного об'єкта, що відображає безперервну природу анатомічних систем. Отримані в результаті цього дослідження висновки наголошують на тому, що ВІМ, як «анатомічний»

підхід, представляє собою зміну парадигми в проєктуванні та управлінні будівлями. Він не тільки забезпечує комплексне функціональне сприйняття будівельних конструкцій, але й суттєво сприяє підвищенню ефективності будівельних проєктів. Використовуючи детальні, інтегровані моделі BIM, будівельна галузь може розвиватися в напрямку сталого та скоординованого розвитку, що створить основу для підвищення якості та продуктивності будівельних проєктів.

Ключові слова: BIM; координація проєктів; будівельна ефективність; цифрова модель; анатомія будівлі; інтеграція даних.

Постановка проблеми. Інформаційне моделювання будівель (BIM) являє собою фундаментальну зміну в способах проєктування, будівництва та управління будівлями. BIM надає цифрове представлення фізичних і функціональних характеристик будівлі, забезпечуючи комплексну і деталізовану модель, яка слугує джерелом інформації протягом усього життєвого циклу будівлі. Концепція BIM як «анатомії» будівлі відображає її роль у створенні поглибленого, цілісного уявлення про структуру, подібно до того, як в анатомії дається детальне розуміння фізичної будови та функцій організму. Ця аналогія підкреслює трансформаційний вплив BIM на будівельну галузь, де детальний та інтегративний характер BIM покращує як проєктування, так і управління будівлями.

Проблема, що лежить в основі вивчення BIM як анатомії будівлі, полягає у виявленні та формулюванні повного обсягу та потенціалу цієї технології. Незважаючи на те, що BIM все активніше впроваджується в будівельну галузь, залишається проблема повного розуміння того, як його деталізовані та узагальнені, пасивні та активні моделі можуть бути використані для покращення різних етапів життєвого циклу будівлі – від початкового проєктування до будівництва та довготривалої експлуатації. Це завдання ускладнюється необхідністю поєднати традиційні будівельні практики з сучасними можливостями, які пропонуються з впровадженням BIM, що вимагає ґрунтовного вивчення того, як комплексна інтеграція даних за BIM-технологією трансформує робочі процеси проєкту, співпрацю між учасниками та процеси прийняття рішень [1].

Актуальність цієї проблеми посилюється зростаючою складністю та масштабами сучасних будівельних проєктів. У міру того, як будівлі стають все більш досконалими та інтегрованими, традиційні методи проєктування та управління стають все більш хибними. BIM вирішує цю проблему, створюючи детальне цифрове представлення в реальному часі, що сприяє ефективнішому плануванню, координації та контролю будівельних робіт. Водночас, всі переваги

ВІМ часто не реалізуються через недостатнє використання його можливостей, інтеграцію з існуючими практиками та подоланням бар'єрів на шляху до його впровадження. У цьому випадку розгляд ВІМ як «анатомії» будівлі не лише висвітлює її роль у вдосконаленні будівельних процесів, але й наголошує на необхідності зміни парадигми в підходах до управління будівельними проектами та їх реалізації.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. В останні роки інформаційне моделювання будівель (Building Information Modeling, ВІМ) стало інструментом, що трансформує будівельну галузь, фундаментально змінюючи способи проєктування, будівництва та управління будівлями. Концептуальні дебати навколо ВІМ часто зосереджуються на тому, чи слід розглядати його як «анатомію будівлі», чи як «анатомію для будівлі». Ця розбіжність висвітлює різні погляди на роль і функції ВІМ у життєвому циклі будівлі [2].

Погляд з точки зору «анатомії будівлі» передбачає, що ВІМ слугує всебічним, детальним представленням фізичних і функціональних характеристик будівлі. Ця позиція підкреслює роль ВІМ у створенні складної, насиченої даними моделі, яка відображає реальні атрибути будівлі, подібно до детальної анатомічної карти. Такі науковці, як Ткаченко О. [3] та Доненко В. [4] вивчали, як детальні параметричні моделі ВІМ сприяють покращенню візуалізації, симуляції та аналізу експлуатаційних характеристик будівлі. Їхні роботи демонструють здатність ВІМ інтегрувати різноманітні джерела даних, створюючи таким чином цілісного цифрового двійника будівлі.

І на противагу цьому, підхід «анатомія будівлі» стверджує, що ВІМ є більше стратегічним інструментом, призначеним для керування та впливу на процес будівництва, а не просто для представлення готової конструкції. Цей підхід зосереджується на тому, як ВІМ можна використовувати як основу або методологію для планування, проєктування та управління будівлями, а не просто для їхнього зображення. Зокрема, Мудрий І. [5] та Чернишев Д. [6] розглядають потенціал ВІМ для впорядкування робочих процесів і покращення прийняття рішень на етапах проєктування та будівництва. Їх дослідження підкреслюють роль ВІМ у сприянні співпраці та координації між учасниками процесу, що слугує основою для ефективної реалізації будівельних проєктів.

Сучасні дослідження надалі вивчають ці подвійні перспективи, намагаючись подолати розрив між репрезентацією та функціональністю. Зокрема, досліджено інтеграцію ВІМ з іншими новими технологіями, такими як доповнена реальність (AR) та штучний інтелект (AI). Так Гаркуша В. та Симонов С. [7] вивчали, як інтеграція ВІМ з доповненою реальністю може покращити будівельні процеси на майданчику, забезпечуючи інтерактивне накладання моделі будівлі в реальному часі. Їхні дослідження підтримують

концепцію «анатомії будівлі», показуючи, як BIM може бути гнучким інструментом, що адаптується до різних етапів життєвого циклу будівлі.

Однак, незважаючи на ці досягнення, залишається кілька невирішених питань. Однією з головних проблем є сумісність BIM-систем на різних платформах і в різному програмному забезпеченні. Дискусійним залишається питання про те, як збалансувати рівень деталізації BIM-моделей з практичною зручністю використання. Детальні моделі забезпечують отримання важливої інформації, але вони також можуть бути ресурсномісткими та складними в управлінні. Ще однією проблемою є потреба у стандартизованих методологіях та структурах, якими можна керуватися при впровадженні BIM. Без сучасних стандартів потенційні переваги BIM можуть бути зведені до мінімуму неузгодженістю та неефективністю.

Метою публікації є дослідження того, як інформаційне моделювання будівель (BIM) забезпечує деталізоване, комплексне представлення структури та функцій будівлі, покращуючи процеси проектування, будівництва та управління за допомогою комплексної цифрової моделі.

Основна частина. Погляд на BIM як на «анатомію» будівлі наголошує на її ролі в забезпеченні детального та всебічного представлення структури. Цей підхід фокусується на створенні точної, тривимірної цифрової моделі, яка відображає складність фізичних і функціональних характеристик будівлі. Аналогічно до того, як анатомічні моделі дають уявлення про складну роботу біологічних систем, BIM надає детальний огляд компонентів, систем та взаємодій будівлі. До переваг цього підходу можна віднести покращену візуалізацію, яка дозволяє чіткіше зрозуміти дизайн і функціональність будівлі. Це також сприяє кращій координації між учасниками процесу, надаючи єдину інтегровану модель, яка підтримує виявлення та вирішення конфліктів. До того ж, таке деталізоване представлення допомагає точніше оцінювати витрати та управляти ресурсами.

Водночас цей підхід має певні обмеження. Створення такої деталізованої моделі може бути тривалим і витратним процесом, що вимагає значних початкових інвестицій у програмне забезпечення, навчання та управління даними. Складність моделі іноді може призвести до перевантаження інформацією, що ускладнює навігацію та ефективно отримання необхідних даних. З іншого боку, якщо розглядати BIM як «анатомію будівлі», то основна увага приділяється її використанню як інструменту для керування та підтримки будівельного процесу, а не просто його представлення. Ця точка зору висвітлює роль BIM у формуванні проектування, будівництва та управлінні будівлями, забезпечуючи основу для інтеграції різних аспектів проекту. Вона наголошує на потенціалі BIM для сприяння співпраці, покращення процесу прийняття рішень

та оптимізації результатів проєкту завдяки використанню моделі як динамічного інструменту протягом усього життєвого циклу проєкту [8].

До переваг цього підходу можна віднести його здатність полегшити поточне управління та обслуговування шляхом інтеграції функціональних та інформаційних аспектів будівлі. Роль BIM в цьому контексті полягає не лише в тому, щоб репрезентувати будівлю, але й слугувати активним інструментом для підвищення ефективності та результативності. Вона підтримує циклічні процеси проєктування, оновлення в реальному часі та краще узгодження з цілями проєкту.

До недоліків можна віднести те, що BIM-моделі можуть бути надто складними, якщо ними не керувати належним чином, що може вплинути на їхню зручність та ефективність. Також використання BIM як керівної системи вимагає високого рівня співпраці та комунікації між усіма учасниками проєкту, що може виявитися непростим завданням (табл. 1).

Таблиця 1

Переваги та недоліки підходів «BIM як анатомія будівлі» та «BIM як анатомія для будівлі» [8 – 9]

Підхід	BIM як анатомія будівлі	BIM як анатомія для будівлі
Переваги	Покращена візуалізація; поліпшена координація між учасниками проєкту; точніша оцінка витрат і управління ресурсами.	Постійне управління та обслуговування; підтримка ітеративного процесу проєктування; реальні оновлення і краще узгодження з цілями проєкту.
Недоліки	Високі початкові витрати на програмне забезпечення, навчання та управління даними; може призвести до перевантаження інформацією.	Моделі можуть стати надмірно складними, що затрудняє їх використання; вимагає високого рівня співпраці та комунікації серед учасників проєкту.

Інформаційне моделювання будівель (BIM) стає все більш популярним як цифровий аналог (цифровий двійник) або «анатомія» будівлі, що відображає складну структуру системи та процесів в цій системі, які складають будівельний проєкт. Як цифрова репрезентація, BIM виходить за рамки простої візуалізації, забезпечуючи комплексну модель, яка охоплює архітектурний дизайн, інженерні мережі та конструктивні елементи. Такий комплексний підхід дозволяє всім сторонам взаємодіяти зі складними компонентами будівлі та їхніми взаємозв'язками протягом усього життєвого циклу – від початкового проєктування до будівництва, експлуатації та виведення з експлуатації.

Роль BIM як цифрової копії будівлі ґрунтується на здатності створювати високодеталізовану та інтерактивну модель, яка відображає фізичні та

функціональні характеристики споруди. Така цифрова репрезентація охоплює не лише геометричні аспекти будівлі, але й просторові взаємозв'язки, географічну інформацію, а також кількість і властивості будівельних компонентів. Моделюючи будівлю у віртуальному середовищі, BIM дозволяє архітекторам, інженерам і будівельникам експериментувати з різними варіантами, прогнозувати потенційні проблеми та оптимізувати експлуатаційні характеристики будівлі ще до початку її будівництва. Можливості прогнозування є надзвичайно важливими для мінімізації помилок, скорочення витрат і забезпечення відповідності кінцевого результату необхідним стандартам та очікуванням клієнта.

Моделювання конструктивних елементів у BIM є важливим аспектом його функції як «анатомії» будівлі. Цей процес полягає в детальному представленні архітектурних особливостей, інженерних мереж і структурних каркасів. Архітектурна модель в рамках BIM охоплює проектування просторів, стін, підлог, дахів та інших елементів, які формують зовнішній вигляд і функціональність будівлі. Вона дозволяє архітекторам візуалізувати взаємодію різних компонентів, забезпечуючи виконання естетичних і практичних вимог.

Інженерні мережі, зокрема електричні, водопостачання та водовідведення, системи опалення, вентиляції та кондиціонування, теж моделюються в BIM. Вони є невід'ємною частиною експлуатації будівлі і повинні бути детально сплановані та скоординовані з архітектурними та конструктивними елементами. BIM дозволяє інтегрувати ці системи в загальний проєкт, забезпечуючи їх ефективне розміщення та відсутність конфлікту з іншими компонентами будівлі. Наприклад, BIM можна використовувати для моделювання потоку повітря через систему опалення, вентиляції та кондиціонування, що допомагає оптимізувати енергоефективність та комфорт користувачів [9].

Структурне моделювання в BIM передбачає представлення опорних елементів будівлі, таких як рами, колони та фундаменти. Ці складові мають ключове значення для стабільності будівлі і повинні бути добре запроектовані, щоб протистояти різним навантаженням, таким як корисні навантаження, вітрові впливи і сейсмічна активність. BIM дозволяє інженерам створити деталізовану структурну модель, яку можна проаналізувати на міцність і стійкість, що гарантує, щоб каркас будівлі був міцним і надійним. Такий аспект BIM має особливе значення в регіонах підвищеної сейсмічної активності та інших стихійних лих, де будівельні норми вимагають, щоб споруди відповідали підвищеним вимогам надійності.

Інтеграція BIM в процеси управління будівельним циклом є значним кроком вперед у будівельній галузі. Традиційно різними фазами життєвого циклу будівлі: проєктуванням, будівництвом та експлуатацією – керували окремо, що

нерідко призводило до неефективності та порушень комунікації. BIM об'єднує ці етапи, створюючи єдину, узгоджену модель, до якої всі учасники можуть мати доступ і оновлювати її протягом усього терміну експлуатації будівлі. Така інтеграція дозволяє приймати обґрунтовані рішення, оскільки дані з одного етапу можуть бути легко перенесені та застосовані на наступному. Наприклад, інформація, зібрана на етапі проєктування, може бути використана для управління будівництвом, в той час як дані, зібрані під час експлуатації, можуть бути використані для технічного обслуговування та майбутніх проєктів.

Одна з головних переваг інтеграції BIM в управління циклом експлуатації – здатність підтримувати управління об'єктом та технічне обслуговування. Після завершення будівництва BIM-модель слугує цифровим репозиторієм компонентів і систем будівлі, забезпечуючи керівників об'єктів важливим інструментом для моніторингу продуктивності, планування технічного обслуговування та модернізації. Ця функція надзвичайно корисна для великих, складних будівель з розгалуженими інженерними системами, де постійне технічне обслуговування має важливе значення для забезпечення безперервної роботи. Надаючи деталізоване та актуальне представлення, BIM допомагає менеджерам об'єктів приймати зважені рішення, скорочуючи час очікування ремонтно-реставраційних робіт та подовжуючи термін експлуатації будівлі.

У таблиці 2, нами коротко описані ключові аспекти BIM як «анатомії» будівлі, підкреслена її роль у моделюванні конструктивних елементів, інтеграції інженерних мереж і підтримці процесів управління експлуатаційним циклом.

Таблиця 2

Ключові аспекти BIM як «анатомії» будівлі [10]

Аспект BIM	Характеристика	Вплив на життєвий цикл будівлі
Електронний аналог будівлі	Деталізована віртуальна модель, що відображає фізичні та функціональні характеристики	Підвищує точність проєктування, зменшує кількість помилок, оптимізує продуктивність
Моделювання конструктивних елементів	Відображення архітектурних особливостей, інженерних мереж та конструкцій	Забезпечує сумісність та ефективність усіх систем будівлі
Управління життєвим циклом	Єдина модель, доступна на всіх етапах проєктування, будівництва та експлуатації	Підтримує прийняття обґрунтованих рішень, покращує управління об'єктом

Зазначимо, що BIM швидко розвивається як трансформаційний інструмент у будівельній галузі, що значно підвищує ефективність та рентабельність різних проєктів, а також покращує їхню якість. Завдяки комплексному цифровому

представленню фізичних і функціональних характеристик будівлі, BIM забезпечує комплексний підхід до проектування, будівництва та експлуатації. Практичне використання BIM у різних будівельних проєктах показало, що він здатен здійснити повну трансформацію традиційних методів будівництва, забезпечуючи важливу оцінку етапів його впровадження.

Прикладом успішного впровадження BIM є розробка One World Trade Center в Нью-Йорку. Складність і масштабність проєкту передбачала необхідність детального планування та координації дій між різними учасниками. BIM використовувався на ранніх стадіях проєктування, що дозволило архітекторам, інженерам і керівникам будівництва ефективно співпрацювати. Використання BIM сприяло створенню віртуальної моделі, яка інтегрувала всі структурні, архітектурні та механічні системи, що дозволило виявити та вирішити суперечності ще до початку будівництва. Такий превентивний підхід значно знизив ризик виникнення вартісних будівельних похибок і переробок, що в кінцевому підсумку дозволило заощадити час і ресурси. Здатність BIM моделювати різні сценарії будівництва допомогла оптимізувати терміни будівництва, що ще більше сприяло економії коштів [11].

Ще одним прикладом, що висвітлює переваги BIM, є проєкт Crossrail в Лондоні, один з найвизначніших інфраструктурних проєктів у Європі. Використання BIM мало ключове значення в управлінні складними аспектами проєкту, який передбачав будівництво нових тунелів, станцій та модернізацію існуючої інфраструктури. BIM дозволило створити детальну 3D-модель всієї залізничної мережі, яка була необхідна для координації діяльності різних підрядників і забезпечення точного узгодження всіх компонентів. Впровадження BIM в цьому проєкті не тільки покращило якість будівництва завдяки підвищенню точності, але й відіграло визначальну роль у зниженні загальних витрат на проєкт. Надаючи комплексну та динамічну модель, BIM дозволила краще приймати рішення та розподіляти ресурси, що призвело до підвищення ефективності будівельних процесів [12].

Ефективність BIM у підвищенні якості будівництва та зниженні витрат ще раз підтверджується його використанням під час реконструкції Сіднейського оперного театру. Культовий характер будівлі вимагав, щоб будь-які ремонтні роботи проводилися з максимальною обережністю і точністю. За допомогою BIM було створено деталізовану цифрову копію споруди, яка відображала кожен елемент архітектури та систем будівлі. Цифрове представлення дозволило проєктній комісії оцінити вплив запропонованих змін у віртуальному середовищі, гарантуючи, що цілісність оригінального проєкту буде збережена. Використання BIM сприяло також кращій координації між різними командами, залученими до реконструкції, зменшуючи ймовірність помилок і затримок. В

результаті проєкт був завершений вчасно і в рамках бюджету, що свідчить про значення BIM в управлінні складними проєктами реновації.

Попри численні переваги BIM, його впровадження в будівельній галузі не позбавлене проблем. Однією з головних проблем є значні початкові інвестиції, необхідні для програмного забезпечення BIM, навчання та інфраструктури. Багатьом малим і середнім будівельним компаніям може бути складно обґрунтувати ці витрати, особливо якщо вони звикли до традиційних методів будівництва. Успішне впровадження BIM також вимагає культурних змін в організаціях, оскільки це вимагає більшої співпраці та обміну інформацією між усіма учасниками процесу. Опір змінам, брак технічної експертизи та необхідність постійного навчання – ці та інші бар'єри, що можуть перешкоджати поширенню BIM, вносять перепони запровадженню стандарту BIM на державному рівні [13].

Інтеграція BIM в існуючі робочі процеси може бути складною, особливо в проєктах із залученням багатьох субпідрядників і постачальників. Для ефективного функціонування BIM важливо, щоб усі сторони використовували сумісне програмне забезпечення та дотримувалися стандартизованих процесів. Невідповідності у форматах даних і протоколах зв'язку можуть призвести до непорозумінь і помилок, що може звести до нуля переваги BIM. Правові та юридичні чинники BIM, такі як права інтелектуальної власності та питання відповідальності, також потребують детального вивчення та управління [14–15].

Попри ці виклики, перспективи BIM у будівельній галузі все ще залишаються досить високими. Постійний розвиток стандартів і протоколів BIM сприяє вирішенню деяких проблем інтеграції, що полегшує компаніям перехід на цю технологію. Все більше визнання переваг BIM у підвищенні якості будівництва, зниженні витрат і вдосконаленні управління проєктами, вірогідно, сприятиме його впровадженню в усій галузі. У міру того, як все більше компаній інвестують в BIM і розвивають необхідну експертизу, ця технологія, як очікується, буде ставати все більш доступною та інтегрованою в повсякденну будівельну практику.

Майбутнє BIM полягає також у його здатності інтегруватися з іншими новими технологіями, такими як штучний інтелект (ШІ), машинне навчання та Інтернет речей (IoT). Завдяки цим технологіям BIM може розширити свої можливості, уможлививши точніші прогнози, моніторинг у реальному часі та автоматизоване прийняття рішень. Наприклад, алгоритми штучного інтелекту можна використовувати для аналізу даних BIM та оптимізації графіків будівництва, а пристрої Інтернету речей можуть надавати інформацію про стан компонентів будівлі в режимі реального часу. Інтеграція цих технологій з BIM може ще більше підвищити ефективність, якість і стійкість будівельних проєктів.

Висновки. BIM став «анатомією» будівлі, оскільки забезпечує комплексне цифрове представлення, яке інтегрує всі аспекти будівельного проєкту. Від моделювання структурних елементів до управління життєвим циклом будівлі, BIM є потужним інструментом для оптимізації проєктування, будівництва та експлуатації.

Практичні приклади застосування BIM у таких будівельних проєктах, як One World Trade Center, Crossrail та Сіднейський оперний театр, свідчать про значні переваги технології у підвищенні якості будівництва та зниженні витрат. Водночас, успішне впровадження BIM вимагає ґрунтовного планування, інвестицій та готовності до впровадження нових методів роботи. Незважаючи на такі проблеми, як високі витрати, технічні обмеження та опір змінам, майбутні перспективи BIM у будівельній галузі залишаються досить оптимістичними, особливо з огляду на те, що ця технологія продовжує розвиватися та інтегруватися з іншими інноваціями.

Список джерел

1. Кулік М. В., Куліш С. О., Іщенко С. С. Впровадження новітніх цифровізованих програмних комплексів на базі BIM-технологій у будівництві України. *Науковий вісник будівництва*. 2020. № 100 (2). С. 301 - 306. DOI: <https://doi.org/10.29295/2311-7257-2020-100-2-301-306>
2. Починок Н., Лупійчук А. Інформаційне моделювання будівництва: фінансово-обліковий аспект. *Світ фінансів*. 2024. № 2 (79). С. 99 - 115. DOI: <https://doi.org/10.35774/sf2024.02.099>
3. Ткаченко О. І., Ткаченко О. А., Цура В. В. Використання BIM-онтологій при інтелектуалізації процесів будівництва об'єктів транспортної інфраструктури. *Водний транспорт*. 2023. № 1 (37). С. 255 - 262. DOI: <https://doi.org/10.33298/2226-8553.2023.1.37.29>
4. Доненко В. І., Іщенко О. Л., Вакулюк Я. Є. BIM-технології як метод оптимізації використання ресурсів в будівельній галузі. *Шляхи підвищення ефективності будівництва в умовах формування ринкових відносин*. 2019. № 41. С. 141 - 147. DOI: <https://doi.org/10.32347/2707-501x.2019.41.141-147>
5. Мудрий І. Б. Перспективи використання технології інформаційного моделювання при розробці проєктів організації будівництва. *Науковий вісник будівництва*. 2020. № 100 (2). С. 132 - 137. DOI: <https://doi.org/10.29295/2311-7257-2020-100-2-132-137>
6. Чернишев Д. О., Дружинін М. А., Малихіна О. М., Предун К. М., Петруха С. В. Формування методичного підґрунтя інвестиційного контролінгу на платформі BIM-технологій: сучасна практика містобудівних інновацій. *Сучасні проблеми*

архітектури та містобудування. 2019. № 55. С. 243 - 260. DOI: <https://doi.org/10.32347/2077-3455.2019.55.%20243-160>

7. Гаркуша В. С., Симонов С. І. Основні принципи зведення та ремонту цивільних будинків із використанням BIM-технологій. *Український журнал будівництва та архітектури*. 2024. № 2. С. 34 - 40. DOI: <https://doi.org/10.30838/J.BPSACEA.2312.260324.34.1040>

8. Вахович І. В., Дем'яненко О. О., Дубінін Д. В. Методичні та практичні підходи і принципи впровадження BIM-технологій у діяльність учасників будівництва. *Ways to Improve Construction Efficiency*. 2023. № 1 (51). С. 290-299. DOI: <https://doi.org/10.32347/2707-501x.2023.51.290-300>

9. Київська К., Лузіна Ю. Перспективи впровадження BIM-технологій у вітчизняній будівельній галузі. *Управління розвитком складних систем*. 2021. № 46. С. 63 - 69. DOI: <https://doi.org/10.32347/2412-9933.2021.46.63-69>

10. Філіппов О. В., Шумак Л. В. BIM-технології інформаційного моделювання будівель на стадії проектування: національний і зарубіжний досвід. *Building production*. 2024. № 75. С. 39-53. DOI: <https://doi.org/10.36750/2524-2555.75.39-53>

11. Мудрий І. Б. Вплив BIM-технологій на розробку технологічних карт будівельних процесів. *Сучасні технології та методи розрахунків у будівництві*. 2021. № 15. С. 41 -46. DOI: [https://doi.org/10.36910/6775-2410-6208-2021-5\(15\)-06](https://doi.org/10.36910/6775-2410-6208-2021-5(15)-06)

12. Андрухов В. М., Матвійчук В. В. Основні засади BIM проектування при розробці конструктивних рішень в Autodesk Revit. *Сучасні технології, матеріали і конструкції в будівництві*. 2020. № 28 (1). С. 18 - 26. DOI: <https://doi.org/10.31649/2311-1429-2020-1-18-26>

13. Грицина Н., Рагулін В. Аналіз сучасних програмних рішень BIM при моделюванні споруд. *Прикладні питання математичного моделювання*. 2020. № 3 (2). С. 133 - 139. DOI: <https://doi.org/10.32782/KNTU2618-0340/2020.3.2-2.12>

14. Ференюк Г. Г., Гах Н. Д., Лісеній О. М., Слюсаренко Ю. С. Впровадження в Україні міжнародного стандарту ISO 16739-1 як термінологічної основи BIM-технологій. *Наука та будівництво*. 2021. № 30 (4). С. 3 - 9. DOI: <https://doi.org/10.33644/2313-6679-15-2021-1>

15. Литвиненко О. Нові вимоги до технічної прийнятності будівельної продукції як складова системи забезпечення якості будівництва. *Ways to Improve Construction Efficiency*. 2021. № 1 (47). С. 108 - 118. DOI: [https://doi.org/10.32347/2707-501x.2021.47\(1\).108-118](https://doi.org/10.32347/2707-501x.2021.47(1).108-118)

References

1. Kulik, M. V., Kulish, S. O., & Ishchenko, S. S. (2020). Implementation of modern digitalized software complexes based on BIM technologies in Ukrainian construction. *Scientific Bulletin of Construction*, 100 (2), 301-306. DOI: <https://doi.org/10.29295/2311-7257-2020-100-2-301-306> (in Ukrainian)
2. Pochynok, N., & Lupiichuk, A. (2024). Building information modeling: Financial and accounting aspect. *World of Finance*, 2 (79), 99-115. DOI: <https://doi.org/10.35774/sf2024.02.099> (in Ukrainian)
3. Tkachenko, O. I., Tkachenko, O. A., & Tsura, V. V. (2023). Use of BIM ontologies in the intellectualization of construction processes of transport infrastructure objects. *Water Transport*, 1 (37), 255-262. DOI: <https://doi.org/10.33298/2226-8553.2023.1.37.29> (in Ukrainian)
4. Donenko, V. I., Ishchenko, O. L., & Vakulyuk, Ya. Ye. (2019). BIM technologies as a method of optimizing resource use in the construction industry. *Ways to Improve Construction Efficiency in the Context of Market Relations Formation*, 41, 141-147. DOI: <https://doi.org/10.32347/2707-501x.2019.41.141-147> (in Ukrainian)
5. Mudryi, I. B. (2020). Prospects for the use of information modeling technology in the development of construction organization projects. *Scientific Bulletin of Construction*, 100 (2), 132-137. DOI: <https://doi.org/10.29295/2311-7257-2020-100-2-132-137> (in Ukrainian)
6. Chernyshov, D. O., Druzhinin, M. A., Malykhina, O. M., Predun, K. M., & Petrukha, S. V. (2019). Formation of methodological foundations of investment controlling on the platform of BIM technologies: Modern practice of urban planning innovations. *Modern Problems of Architecture and Urban Planning*, 55, 243-260. DOI: <https://doi.org/10.32347/2077-3455.2019.55.243-160> (in Ukrainian)
7. Harkusha, V. S., & Symonov, S. I. (2024). Basic principles of construction and repair of civil buildings using BIM technologies. *Ukrainian Journal of Construction and Architecture*, 2, 34-40. DOI: <https://doi.org/10.30838/J.BPSACEA.2312.260324.34.1040> (in Ukrainian)
8. Vakhovych, I. V., Demyanenko, O. O., & Dubinin, D. V. (2023). Methodological and practical approaches and principles for the implementation of BIM technologies in the activities of construction participants. *Ways to Improve Construction Efficiency*, 1 (51), 290-299. DOI: <https://doi.org/10.32347/2707-501x.2023.51.290-300> (in Ukrainian)
9. Kyivska, K., & Luzina, Yu. (2021). Prospects for the implementation of BIM technologies in the domestic construction industry. *Management of Complex Systems Development*, 46, 63-69. DOI: <https://doi.org/10.32347/2412-9933.2021.46.63-69> (in Ukrainian)

10. Filippov, O. V., & Shumak, L. V. (2024). BIM technologies for building information modeling at the design stage: National and foreign experience. *Building Production*, 75, 39-53. DOI: <https://doi.org/10.36750/2524-2555.75.39-53> (in Ukrainian)
11. Mudryi, I. B. (2021). The impact of BIM technologies on the development of technological charts for construction processes. *Modern Technologies and Calculation Methods in Construction*, 15, 41-46. DOI: [https://doi.org/10.36910/6775-2410-6208-2021-5\(15\)-06](https://doi.org/10.36910/6775-2410-6208-2021-5(15)-06) (in Ukrainian)
12. Andrukhov, V. M., & Matviichuk, V. V. (2020). Basic principles of BIM design in the development of structural solutions in Autodesk Revit. *Modern Technologies, Materials, and Constructions in Construction*, 28 (1), 18-26. DOI: <https://doi.org/10.31649/2311-1429-2020-1-18-26> (in Ukrainian)
13. Hrytsyna, N., & Rahulin, V. (2020). Analysis of modern BIM software solutions for modeling structures. *Applied Issues of Mathematical Modeling*, 3 (2), 133-139. DOI: <https://doi.org/10.32782/KNTU2618-0340/2020.3.2-2.12> (in Ukrainian)
14. Fereniuk, H. H., Hakh, N. D., Lisenyi, O. M., & Sliusarenko, Yu. S. (2021). Implementation of the international standard ISO 16739-1 in Ukraine as a terminological basis for BIM technologies. *Science and Construction*, 30(4), 3-9. DOI: <https://doi.org/10.33644/2313-6679-15-2021-1> (in Ukrainian)
15. Lytvynenko, O. (2021). New requirements for the technical acceptability of construction products as a component of the quality assurance system in construction. *Ways to Improve Construction Efficiency*, 1(47), 108-118. DOI: [https://doi.org/10.32347/2707-501x.2021.47\(1\).108-118](https://doi.org/10.32347/2707-501x.2021.47(1).108-118) (in Ukrainian)

Annotation

Vladyslav Bilov, Ph.D student, Department of Information Technologies in Architecture, Kyiv National University of Construction and Architecture.

Oleksii Levchenko, Candidate of Sciences (comparable to the academic degree of Doctor of Philosophy, Ph.D.) of architecture, Associate Professor of the Department of Information Technologies in Architecture, Kyiv National University of Construction and Architecture.

BIM as anatomy for a building

The article highlights the innovative use of Building Information Modeling (BIM) as a metaphorical "anatomy" of buildings, illustrating how this technology redefines the survey, design, and management of architectural projects. The relevance of this study lies in BIM's transformational impact on the construction industry, as it creates a detailed and dynamic model that reflects the complexity and interdependence inherent in human anatomical structures. By providing a comprehensive three-dimensional digital representation of a building, BIM allows for a systematic

understanding of a structure's components, functions, and interactions of its elements, similar to how anatomical models enhance the perception of biological systems. The aim of the article is to analyze how BIM provides a detailed, systematic representation of a building's structure and functions, improving the design, construction, and management processes through an digital model. The results of this study indicate that BIM enhances the design and construction process by improving visualization, coordination, and communication among project stakeholders. It facilitates an in-depth analysis of building performance, enabling better decision-making throughout the project lifecycle. The technology supports accurate modeling, clash detection, and cost estimation, thereby reducing risks and optimizing resource allocation. Integration of loads and impacts, as aspects of operation, to BIM technology allows for ongoing management and maintenance of construction project, reflecting the continuous nature of anatomical systems. The conclusions drawn from this research emphasize that BIM, as an "anatomical" approach, represents a paradigm shift in building design and management. It not only provides a comprehensive functional understanding of building structures but also significantly contributes to increased efficiency in construction projects. By utilizing detailed, integrated BIM models, the construction industry can advance towards more sustainable and coordinated development, which will create a basis for improved quality and performance of construction projects.

Keywords: BIM; project coordination; construction efficiency; digital model; anatomy building; data integration.