

<sup>1</sup> **О.В. Філіппов**, аспірант кафедри організація і управління будівництвом, ORCID ID: 0000-0002-4601-1966;

<sup>2</sup> **Л.В. Шумак**, аспірантка кафедри економіка будівництва, ORCID ID: 0000-0002-5738-5744

<sup>1,2</sup> Київський національний університет будівництва і архітектури, Київ, Україна

## ВІМ-ТЕХНОЛОГІЇ ІНФОРМАЦІЙНОГО МОДЕЛЮВАННЯ БУДІВЕЛЬ НА СТАДІЇ ПРОЕКТУВАННЯ. НАЦІОНАЛЬНИЙ І ЗАРУБІЖНИЙ ДОСВІД

**Анотація.** Процес цифрової трансформації організацій активно розвивається у всіх галузях, у тому числі й у будівельній індустрії, зокрема у проектуванні. Цей процес зачіпає та змінює не тільки продукцію, яку виробляють проектні та будівельні компанії, а й потребує повномасштабного реінжинірингу внутрішніх процесів підприємства за рахунок впровадження спеціалізованих цифрових продуктів. Однією з ключових тенденцій в Україні та міжнародній будівельній галузі є впровадження технологій інформаційного моделювання (ВІМ-технологій) якнайшвидше. Сьогодні вже неможливо уявити сучасне проектування та будівництво без використання ВІМ. Нині рівень проникнення технологій інформаційного моделювання в Україні суттєво нижчий, ніж у країнах-лідерах з використанням ВІМ-технологій. У статті розглянуто ключові особливості вітчизняного та міжнародного досвіду застосування технологій інформаційного моделювання та виділено переваги ВІМ-технологій на різних етапах життєвого циклу проекту. Досліджено особливості українського досвіду у галузі реалізації технологій ВІМ. Виявлено причини проблем при впровадженні ВІМ-технологій та реалізації цих технологій у практиці українських та зарубіжних проектних підприємств, сформульовано ключові фактори, що впливають на рівень поширення цих технологій в Україні та за кордоном. Визначено якісні та кількісні вигоди від впровадження ВІМ-технологій у проектних компаніях. Зроблено висновки про перспективи розвитку інформаційних технологій у нашій країні та за кордоном.

**Ключові слова:** ВІМ-технології, інновації, технології інформаційного моделювання, будівництво та проектування, життєвий цикл проекту, цифровізація, ціноутворення, система кошторисних нормативів, аналіз витрат, учасники ринку, учасники будівництва, управління витратами, digital-skills, оптимізація бізнес-процесів, цифрова економіка, зниження витрат, організаціїно-фінансові параметри будівництва, цифрова трансформація будівництва, ВІМ-модель, цифрове підприємство, цифрове будівництво, технології штучного інтелекту.

### Вступ

Постановка проблеми, її актуальність. Сьогодні у світі інформаційні технології проникли у всі сфери бізнесу. У будівельній галузі системи автоматизованого моделювання замінила технологія інформаційного моделювання будівель, відома як ВІМ від англійської аббревіатури ВІМ (Building Information Modeling). Інформаційне моделювання будівель (ВІМ) – це технологія інформаційного моделювання в архітектурі. ВІМ-модель – це інформаційне середовище, в якому пов'язані дані різних спеціалістів. Архітектор створює 3D-модель будівлі. Конструктори додають до неї результати розрахунків. Далі підключаються проектувальники інженерних систем, потім кошторисники. На виході виходить автоматично отриманий кошторис, заснований на плані - факт аналізу моделі та обсягу робіт. Сьогодні від проектних та будівельних підприємств все частіше потрібно надавати Замовникам ВІМ-моделі, розроблені за допомогою спеціалізованого програмного забезпечення (ПЗ). Насамперед, це стосується великих замовлень, де точність розрахунків та наочне уявлення результатів мають вирішальне значення. Крім того, уряд нашої країни робить позитивні кроки щодо впровадження ВІМ-моделювання у будівельну галузь. Архітектори ХХІ століття не потребують креслярського паперу-ватману та креслярської туші. Щоб отримати роботу у престижній проектній компанії та в майбутньому стати затребуваним спеціалістом на проектному ринку, студенти

професійних навчальних закладів вже на першому курсі починають вивчати основи автоматизованого проектування. У цій статті йдеться про застосування технології архітектурного моделювання ВІМ у будівництві на етапі проектування та розкривається секрет її популярності. ВІМ – це спосіб проектування будинків, основними особливостями якого є: 1. створення тривимірної моделі (3D моделі); 2. об'єднання всієї наявної інформації про майбутню споруду в єдине ціле (рисунок 1).

**Аналіз сучасної вітчизняної та зарубіжної літератури з питань ВІМ-технологій.** Проблема ВІМ-моделювання у галузі будівельного проектування вітчизняні та зарубіжні вчені займаються протягом багатьох років [1-18, 37, 38]. Американський архітектор Чак Істмен, у середині минулого століття, в одній зі своїх робіт уперше використав поняття "інформаційні моделі". Це поняття набуло розвитку в Європі та США до кінця 1980-х років. Сучасний термін "Building information modeling" ("інформаційне моделювання будівель") є результатом поєднання англійської (Product Information Model) та американської (Building Product Model) термінів. У 1986 році у науковій роботі Роберта Ейша (Robert Eisch) з'явилася робота, в якій були сформульовані основні засади нового підходу. Основна ідея вченого полягала у тому, щоб автоматизувати процес створення будівельних макетів. Вся необхідна інформація: кошториси, бази даних та тимчасові розрахунки, об'єднувалася в одну комп'ютерну 3D-модель. Роберт Ейш

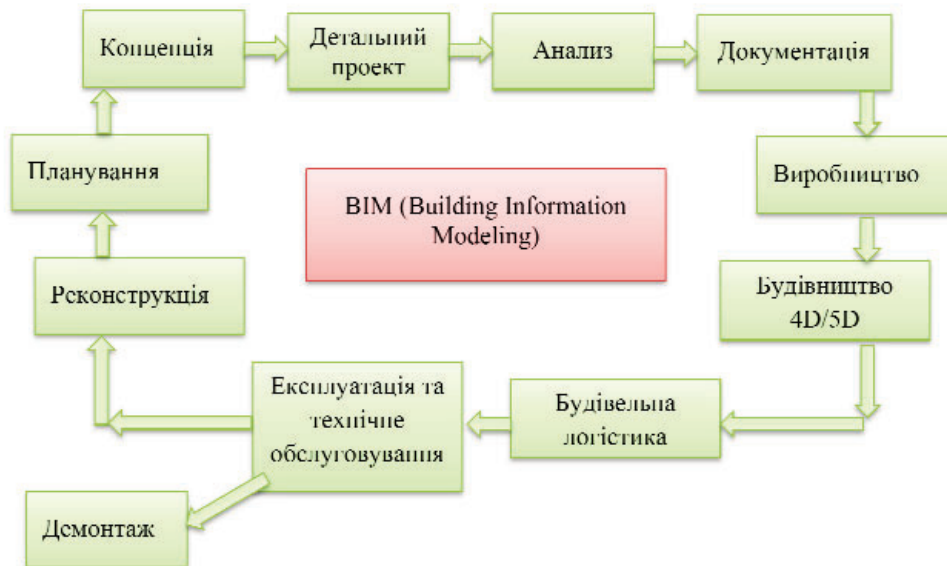


Рис. 1 Поняття BIM технології у будівництві (Авторська розробка)

використав цю теорію при реконструкції лондонського аеропорту Хітроу, наочно продемонструвавши її практичну цінність. Це була перша спроба впровадження системи моделювання будівель BIM у світовій будівельній галузі. Фахівцями у всіх країнах вона почала активно використовуватись з 2002 року [24-36, 39].

#### Виклад основного матеріалу

Єдиного загальноприйнятого визначення поки що не існує. Одні розуміють BIM-модель будівлі як готовий проект, інші як процес створення конструкції, треті – заперечують. Якщо уявити суть цього поняття через його основні ознаки, це комп'ютерна модель будівлі, в якій скоординована вся необхідна інформація про нього. При зміні одного параметра відбувається те саме з іншими параметрами. Якщо збільшити розмір об'єкта, програма покаже, як ваші дії вплинуть на схему електричної мережі. Створення такого проекту дозволяє оцінити внутрішній та зовнішній вигляд будівлі, зрозуміти витрати на будівництво, матеріали, робочу силу, обладнання, яке використовуватиметься, та як організувати процес всього будівництва. Це зручна та корисна форма, яка дозволяє врахувати всі нюанси та уникнути помилок при реалізації проекту. Спектр її застосування дуже широкий: 1) точна оцінка та планування витрат; 2) контроль за ходом робіт; 3) оцінка використаних матеріалів; 4) розрахунок майбутніх експлуатаційних характеристик; 5) узгодження будівель як об'єктів комерційної діяльності; 6) нагляд за ремонтом, переобладнанням, реставрацією та посиленням старих будівель; 7) порядок експлуатації; 8) знесення [1-7].

Інформаційне моделювання BIM-проектів дозволяє простежити життя будівлі від його закладки до знесення. Будівництво – трудомісткий процес, що вимагає участі великої кількості спеціалістів різних професій; BIM-проекування дозволяє представити їхню роботу як єдине ціле, прорахувати та ув'язати всі можливі варіанти розвитку подій, заздалегідь переконатися у відсутності помилок на стадії про-

екту, які можуть відгукнутися у майбутньому.

З інформаційними моделями працюють імениті архітектори та відомі будівельні компанії. У 2006 році під час будівництва Музею сучасного мистецтва в Колорадо за проектом Данієля Лібескінда виявилось можливим у кілька разів прискорити роботи та значно знизити витрати. Музей відкрився на рік раніше за термін, заощадивши скарбниці 400 тис. дол. США. У 2008 році один з найбільших і кращих архітекторів сучасності, лауреат Прітцкерівської премії 1989 року Френк Гері (Frank Owen Gehry, справжнє ім'я Ефраїм Оуен Гольдберг, англ. Ephraim Owen Goldberg), що стояв біля витоків музики школи у Майамі [45,46].

За останні кілька десятиліть інформаційне моделювання будівель перетворилося з "майбутнього" на "справжнє" світової будівельної індустрії. Проектувальники та Архітектори використовують BIM як основний інструмент. (Таблиця 1)

BIM – це підхід, який охоплює весь життєвий цикл будівлі. Починаючи з етапу проектування та активно застосовуючись у процесі експлуатації, реконструкції та навіть знесення, проектування в системі BIM – це нове життя для кожного проектного підприємства, яке вже ніколи не буде колишнім. Вибір програми має здійснюватися залежно від завдань, пріоритетів, цілей проектною компанією та бізнес-процесів, що вибудовуються у кожному проектному підприємстві. Універсальної системи немає. Є завдання та розділи, які проектним фірмам потрібно вирішувати та під які потрібно проектувати, та програми потрібно вибирати відповідні. Перехід на BIM – це не те, що можна вирішити придбанням програми. Якщо керівник компанії вважає, що перехід на BIM означає покупку та встановлення нової ліцензійної програми для проектування, ситуація дещо інша. Деякі проектні фірми гордо заявляють, що перейшли на BIM, але продовжують виконувати проекти з використанням старого програмного забезпечення. При цьому BIM-модель створюється виключно для того, щоб замовити готовий проект. Так, всі напрацювання можна експортувати зі старого про-

Використання BIM технологій у світовому проектуванні та будівництві

№ п/п	У якій країні застосовувалося інформаційне моделювання будівель	Найменування об'єкта. Використання BIM під час проектування
1	Великобританія	Перший інфраструктурний проект (Paddington), у якому використовується інформаційне моделювання – Crossrail – найбільший будівельний проект у Європі. Перша за останні 30 років повномасштабна лінія метро, яка буде збудована у Лондоні. За розрахунками, лінія перевезитиме понад 72 000 пасажирів на годину і дозволить майже вдвічі скоротити час, необхідний для поїздки з однієї частини міста до іншої. BIM: 1) забезпечує прозорість усіх процесів; 2) дозволяє знизити ризик втрати інформації на всіх етапах – від укладання контракту до завершення будівництва; 3) допоміг точніше визначити просторові взаємозв'язки між компонентами великого проекту та зменшити конфлікти між окремими командами. 3D-моделі містять найточнішу інформацію та надані операторам поїздів, що дозволило їм обслуговувати свої ділянки.
2	Сполучені Штати Америки	Комунальний центр міжнародного аеропорту Окленд. Технологія BIM відіграла ключову роль у проектуванні. Необхідно було створити єдиний проект для складного електророзподільного та механічного обладнання. Функціонування всього аеропорту залежить від ефективності комунального центру. Проектувальники використовувала програму Autodesk BIM 360 Glue, що допомогло їм приймати більш обґрунтовані рішення та створювати точні візуалізації (важливо для всіх учасників проектування). BIM 360 Glue дозволило оптимізувати робочий процес загалом та процес прийняття рішень зокрема: 3D-модель допомогла субпідрядникам швидко виявити та обговорити проблеми, завдяки чому робота над проектом просувалася швидше.
3	Сполучені Штати Америки	Виноробня Silver Oak Winery (виноробня "Срібний дуб"). За допомогою BIM була реконструйована після пожежі і через рік отримала платиновий сертифікат Leadership in Energy and Environmental Design (LEED). Після реконструкції виноробня вступила до програми аудиту; результати річного періодичного аудиту підтвердили, що виноробня відповідає вимогам щодо нульових викидів, споживання енергії та води. Електроенергію виноробня "Срібний дуб" отримує також від 2595300 – ватних сонячних батарей, встановлених на даху будівлі. До початку будівництва було виявлено багато проблем цього проекту, що дозволило заощадити значний час та кошти на переробку. Думка Девід Дункан, генерального директора Silver Oak Winery: 1) BIM дозволив компанії заощадити сотні тисяч доларів; 2) BIM дозволив випробувати різні типи ізоляції. Для теплоізоляції кампусу виноробні використовувалися перероблені джинси Levi's. Можливість моделювання різних варіантів дозволила проектній групі порівняти теплові характеристики джинсової тканини зі скловолокном та

Використання BIM технологій у світовому проектуванні та будівництві

		пінополістиролом. Субпідрядник використовував BIM 360 під час проведення техніко-економічних випробувань конструкцій; BIM полегшив узгодження будівельної документації із проектною моделлю.
4	Таїланд	<p>Торговий центр WHIZDOM у Бангкоку.</p> <p>Проектна компанія Magnolia Quality Development Corporation Limited (MQDC) використовувала BIM для аналізу конструкції та енергоспоживання. Для зведення сучасної будівлі з низьким енергоспоживанням інформаційне моделювання допомогло: 1) змінити масивність будівлі; 2) визначити оптимальну орієнтацію конструкції; 3) розрахувати інші чинники. Ініціативу президента MQDC щодо використання інформаційного моделювання проектувальники не відразу прийняли, оскільки фахівці не були знайомі з даною технологією та вважали запровадження нової програми передчасним та економічно неефективним рішенням. Але адміністрація поступово впроваджувала BIM, і незабаром колектив почав розуміти переваги цього інструменту. У модель BIM 360 завантажувалась кожна деталь будівельного процесу. Таким чином, при проектуванні були враховані всі елементи, такі як труби, стіни та електричні кабелі. Замовник отримав 3D-модель майбутньої будівлі, що дозволило йому отримати повніше уявлення про результати будівництва, ніж, якби він бачив 2D-креслення.</p>
5	Норвегія	<p>Офісна будівля нафтової компанії Statoil.</p> <p>У плані нагадує хештег: п'ять однакових блоків, поставлених один на одного, розташовані таким чином, щоб у будинок проникало максимум денного світла, і відкривався найкращий вид на фіорд. BIM допоміг проектувальникам вкластися у встановлений термін, оскільки вирішальним фактором у цьому проекті був час, а архітектори і будівельники мали всього 20 місяців з моменту початку робіт до їх завершення. До будівлі пред'являлися жорсткі вимоги, і ці завдання було вирішено за допомогою засобів інформаційного моделювання: 1) він мав бути багатофункціональним, екологічним та сучасним; 2) офісні приміщення мали легко трансформуватися з великих конференц-залів у відкриті простори.</p>
6	Норвегія	<p>Консольний бетонний міст Рандсельва.</p> <p>Розташований поблизу міста Хенефосс, за 50 км від Осло. Довжина мосту 634м. Основний проліт мосту складає 200м. Він спирається на шість опор заввишки від 5 до 42м. 70% елементів мосту ґрунтуються на параметричному проектуванні: у BIM було спроектовано 200 тисяч арматурних стрижнів та 250 тросів постнатягу. За допомогою BIM проектні компанії із чотирьох різних країн змогли працювати над проектом дистанційно. Замовник проекту, Норвезьке дорожнє управління, виступає за роботу з технологією BIM, стверджуючи, що така робота потребує менше коригувань, ніж 2D-креслення. Інформаційне моделювання допомогло швидше виявити невідповідності та зрозуміти обсяг робіт на об'єкті, оскільки міст відрізняється складною та тонкою геометрією. Поєднання важкої арматури та анкерного кріплення кабелю</p>

Використання BIM технологій у світовому проектуванні та будівництві

		пінополістиролом. Субпідрядник використовував BIM 360 під час проведення техніко-економічних випробувань конструкцій; BIM полегшив узгодження будівельної документації із проектною моделлю.
4	Таїланд	Торговий центр WHIZDOM у Бангкоку. Проектна компанія Magnolia Quality Development Corporation Limited (MQDC) використовувала BIM для аналізу конструкції та енергоспоживання. Для зведення сучасної будівлі з низьким енергоспоживанням інформаційне моделювання допомогло: 1) змінити масивність будівлі; 2) визначити оптимальну орієнтацію конструкції; 3) розрахувати інші чинники. Ініціативу президента MQDC щодо використання інформаційного моделювання проектувальники не відразу прийняли, оскільки фахівці не були знайомі з даною технологією та вважали запровадження нової програми передчасним та економічно неефективним рішенням. Але адміністрація поступово впроваджувала BIM, і незабаром колектив почав розуміти переваги цього інструменту. У модель BIM 360 завантажувалась кожна деталь будівельного процесу. Таким чином, при проектуванні були враховані всі елементи, такі як труби, стіни та електричні кабелі. Замовник отримав 3D-модель майбутньої будівлі, що дозволило йому отримати повніше уявлення про результати будівництва, ніж, якби він бачив 2D-креслення.
5	Норвегія	Офісна будівля нафтової компанії Statoil. У плані нагадує хештег: п'ять однакових блоків, поставлених один на одного, розташовані таким чином, щоб у будинок проникало максимум денного світла, і відкривався найкращий вид на фіорд. BIM допоміг проектувальникам вкластися у встановлений термін, оскільки вирішальним фактором у цьому проекті був час, а архітектори і будівельники мали всього 20 місяців з моменту початку робіт до їх завершення. До будівлі пред'являлися жорсткі вимоги, і ці завдання було вирішено за допомогою засобів інформаційного моделювання: 1) він мав бути багатофункціональним, екологічним та сучасним; 2) офісні приміщення мали легко трансформуватися з великих конференц-залів у відкриті простори.
6	Норвегія	Консольний бетонний міст Рандсельва. Розташований поблизу міста Хенефосс, за 50 км від Осло. Довжина мосту 634м. Основний проліт мосту складає 200м. Він спирається на шість опор заввишки від 5 до 42м. 70% елементів мосту ґрунтуються на параметричному проектуванні: у BIM було спроектовано 200 тисяч арматурних стрижнів та 250 тросів постнатягу. За допомогою BIM проектні компанії із чотирьох різних країн змогли працювати над проектом дистанційно. Замовник проекту, Норвезьке дорожнє управління, виступає за роботу з технологією BIM, стверджуючи, що така робота потребує менше коригувань, ніж 2D-креслення. Інформаційне моделювання допомогло швидше виявити невідповідності та зрозуміти обсяг робіт на об'єкті, оскільки міст відрізняється складною та тонкою геометрією. Поєднання важкої арматури та анкерного кріплення кабелю

Використання BIM технологій у світовому проектуванні та будівництві

		ускладнювало проект у багатьох ділянках. Для будівництва мосту потрібно було виконати 200 етапів заливки. При методі створення відомості згинання стрижнів вручну для кожного етапу, зайняло б багато часу і помилки були б неминучими. Весь процес армування було змодельовано та промарковано по стадіях заливання. Підрядник зміг автоматично витягти списки згинання стрижнів з експортного файлу IFC. Це дозволило швидко усунути помилки.
7	Китай	Шанхайський Діснейленд. Щоб придумати цікавий дизайн з елементами занурення при будівництві використовувався BIM. Використання BIM допомогло авторам проекту (працювало кілька команд) реалізувати його. Фахівці використали хмарні засоби спільної роботи. Це дозволило оперативно обговорювати доцільність, вартість та терміни реалізації проекту. BIM використовувався для об'єднання багатьох елементів проекту в одну 3D-модель. Кожна команда відповідала за свою частину та завантажувала створені компоненти на повну модель. Потім експерти разом з іншими учасниками проекту могли проаналізувати нестиковки та знайти альтернативні варіанти. Щоб зробити вигляд Зачарованого замку максимально схожим на замок із фільмів, після того, як основний проект будівлі було завершено, дизайнери додали до 3D-моделі елементи.
8	Китай	Спіралеподібний хмарочос у Шанхаї (Шанхайська вежа). Башта стоїть поряд з двома іншими висотними будинками в Шанхаї. Її висота 632м. Входить до десятки найвищих будівель у світі за версією Ради з висотних будівель та міського середовища (CTBUH - Council on Tall Building sand Urban Habitat). У будівлі 127 поверхів, де розташовані офіси класу "A", конгрес-центр, розважальні центри, розкішний готель, культурні об'єкти та магазини. Від China Green Building вежа отримала 3-зірковий рейтинг та платиновий сертифікат LEED® Platinum від Ради з екологічного будівництва США. Спіральна вежа відома у всьому світі. BIM став основним інструментом Gensler під час проектування. Фахівці Gensler від початку роботи над проектом використовували BIM, програми Revit Architecture, Structure і MEP. Співробітники могли працювати паралельно завдяки програмному забезпеченню Autodesk Navisworks Manage. Інформаційне моделювання будівлі допомогло вежі повертатись на 120 градусів. В результаті проектувальники мінімізували вплив тайфунів на конструкцію та знизили енергоспоживання на 21%.

*(Авторська розробка)*

грамного забезпечення до нової програми. У цьому автоматизуються все процеси проектування, які можна описати правилами. При переході на BIM можна виділити кілька етапів: 1-й етап – Прийняти рішення наслідувати нову технологію, економити час, автоматизувати всі процеси, які можуть бути алгоритмізовані, та викоринити людський фактор. 2-й етап – Розробити внутрішні регламенти. Непросто запроваджувати нові там, де старі погано працювали. Упорядкування бізнес-процесів прискорить викори-

стання. 3-й етап – Вибрати програму для BIM-технології – існують чудові програми, такі як Renga, Revit, ArchiCAD, Alplan, Tekla і т.д., кожна з яких має свої переваги та особливості. 4-й етап – Навчання. Воно може проводитись як у режимі офлайн, так і онлайн. Далі-впровадження та супровід. "Пілотний" проект – тимчасовий проект, призначений для перевірки життєздатності унікального запропонованого рішення. Тимчасовий проект – для нього встановлено дату завершення. А рішення унікальне – результати вико-

нання проекту мають бути відмінними від усіх інших запропонованих рішень [40, 42-44].

В Україні технологія BIM у проектуванні тільки починає освоюватися, і перші кроки на шляху до практики тільки робляться. Однак потенціал застосування 3D-моделювання в будівництві вже неодноразово підтверджено на практиці в усьому світі: при будівництві хмарочоса One Island East у Гонконгу у 2008 році при створенні інформаційної моделі було виявлено понад 2000 технічних помилок. Впровадження BIM-технології дозволило заощадити 40 млн. доларів США у процесі будівництва.

При впровадженні BIM необхідний комплексний підхід, який потребує зміни технології проектування, організації процесу проектування та психології проектувальника, а чи не зміни комп'ютерних програм. За оцінкою можливості здійснення комплексного підходу щодо впровадження BIM-технологій можна зробити висновки: 1. BIM-технологія в кінцевому підсумку дозволить заощадити кошти, а держава ініціюватиме її впровадження. Чим на грамотніших і кваліфікованих підприємствах здійснюватиметься цей процес, тим більш конкурентоспроможними вони будуть на ринку реалізації інвестиційно-будівельних проектів. Необхідна нова організація відносин між усіма учасниками реалізації інвестиційно-будівельних проектів, і для кожного з них робота у BIM є вигідною. 2. Найкращі результати дає комплексний підхід поетапної реалізації, у якому зацікавлені як інвестор, і майбутній власник будівлі. У процесі просування технології державні замовлення відіграють велику роль. BIM слід впроваджувати

поетапно, починаючи з найслабших ланок компанії. Назва "BIM" не гарантує успіху, оскільки необхідно змінити психологію та технологію проектування. Необхідно спиратися на ініціативу співробітників, які готові перейти на нову технологію. Різні категорії співробітників по-різному ставляться до інновацій, тому підтримки ефективності компанії необхідно спиратися з їхньої ініціативи. 3. Продуктивність праці знижується при першому впровадженні BIM. Впровадження BIM-технологій, як і будь-якої іншої інновації, потребує інвестицій. Повинна змінитись сама організація проектування. Потрібні внутрішні кадрові зміни, необхідно залучити або навчити нових фахівців з BIM-менеджменту [40, 42, 44].

У таблиці 2 надано комплексний підхід впровадження BIM-технологій у проектні підприємства: розглянуто прогнози впровадження BIM-технологій у проектні компанії.

Переваги для BIM-проектувальників. Створення планів будівель є найбюджетнішим етапом будівництва. Вкладені в нього кошти становлять лише 5% від загальної вартості будівництва. Однак про рахунки Проектувальника, наприклад, упущення дрібних деталей або недогляд, можуть призвести до збільшення кошторисної вартості. Помилки, допущені на етапі проектування, можуть відгукнутися не лише на етапі будівництва, а й у процесі експлуатації. До них відносяться обвалення стель, іскріння проводки та руйнування даху під дією вітру.

Одним із найбільших світових постачальників рішень для CAD/CAM проектування на даний момент є Компанія ZWSOFT (ZWCAD Software Co.,

Таблиця 2

Прогнози впровадження BIM-технологій у проектні підприємства

<p>Прогноз 1</p> <p>Впровадження BIM власними силами проектної компанії</p>	<p>Здійснює керівництво</p>	<p>Призначає спеціаліста, відповідального за технологію BIM та її впровадження. Поточне проектне навантаження на цього фахівця не буде знято</p>	<p>Призначений фахівець</p>	<p>Зразковий перелік заходів-робіт:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- занурення в інформаційне моделювання;</li> <li>- Вибір тривимірної САПР(CAD або CADD: аббревіатура від Computer-Aided DesignSystem) та освоєння методів проектування у 3D CAD;</li> <li>- створення методик для покращення існуючих процесів креслення;</li> <li>- розробка організаційних стандартів створення ПСД;</li> <li>- практичне застосування технології. Спочатку на власній тематиці.</li> </ul> <p>У той же час, фахівець продовжує нести повну відповідальність за проектування.</p>
<p>Прогноз 2</p> <p>Комплексний підхід до впровадження BIM-технологій</p>	<p>Здійснює керівництво</p>	<p>В організаційній структурі виділяє функціональні підрозділи, у тому числі відповідальні за всі етапи BIM – від 3D-моделі проекту до кошторису. Ці фахівці проходять разове навчання та стажування у спеціалізованих ангажованих компаніях. Решта фахівці проектного підприємства проходять навчання в поточному графіку.</p>	<p>Організаційний підрозділ з контролю BIM</p>	<p>Зразковий перелік заходів-робіт:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- занурення в галузь компетенції кожного спеціаліста (або групи спеціалістів);</li> <li>- Розробка просторової (3D) моделі об'єкта, що будується, з прив'язкою до календарно-мережевого графіку проекту (4D);</li> <li>- візуальна деталізація вартості проекту (5D);</li> <li>- Систематизація інформації про конструкцію самого об'єкта та всіх технічних систем, які будуть встановлені на об'єкті (6D).</li> </ul>

Прогнози впровадження BIM-технологій у проектні підприємства

Прогноз 3	Залучення стороннього підприємства	Здійснює керівництво	Представляє потребу впровадження технології BIM перед власником проектної компанії. Отримує схвалення та приступає до виконання робіт. Знаходить чи просто запрошує системних інтеграторів, постачальників програмного забезпечення та проектних рішень. Строк виконання та обсяг запропонованих робіт визначаються договором.	Компанія з впровадження	Зразковий перелік заходів-робіт. - вивчення та ознайомлення з існуючими бізнес-процесами проектного підприємства; - розробка організаційних стандартів на проектну документацію (ПСД) у вдосконаленому форматі; - обґрунтування вибору та впровадження 3D CAD, його розгортання або приведення існуючих моделей 3D CAD у відповідність до організаційних стандартів; - створення робочої групи з експертів усіх спеціальностей, що беруть участь у роботах з впровадження, та вибір об'єктів для "пілотного проекту". Навчання робочої групи основним інструментам 3D CAD; - Реалізація "пілотного" проекту.
Результати за прогнозами					
Прогноз 1	Впровадження BIM власними силами проектної компанії	- Створено тривимірні моделі об'єктів у єдиному полі. - відбувається розробка стандартів проектної компанії, що переходить від двовимірного проектування до тривимірного проектування. - Стандарти на площинне проектування можуть бути відсутніми, але це рідкість. - У кращому разі технологією тривимірного проектування володіє лише одна дисципліна. - До технології BIM ми не дійшли навіть у рамках однієї дисципліни. - Керівництво не залучено до робочого процесу. - Немає звільнення від поточної проектної діяльності. - Робота завжди починається у найбільш знайомій дисципліні.			
Прогноз 2	Комплексний підхід до впровадження BIM-технологій	Проектне підприємство отримує основу для впровадження BIM: фахівців, які розуміють концепцію BIM, та готові організувати навчання персоналу та організацію робочих місць: - для розробки просторових (3D) моделей об'єктів, що будуються, пов'язаних з календарно-мережевими графіками проектів (4D); - для розробки візуальної деталізації вартості проекту (5D); - Для систематизації інформації, як про сам проект об'єкта, так і про всі технічні системи, встановлені на об'єкті (6D).			
Прогноз 3	Залучення стороннього підприємства	- Для існуючих технологій плоского проектування створено стандарти проектних компаній. - Основні прийоми тривимірного проектування відпрацьовуються як за групової роботи, і при міждисциплінарному взаємодії дисциплін. Насамперед, глибина та обсяг опрацювання, визначаються термінами виконання робіт, обраним об'єктом та грамотністю команди (робочої групи). Для Замовників: - група фахівців підготовлених, готових поділитися своїми знаннями та досвідом з колегами; - Для кваліфікованих Підрядників – рекомендації щодо зміни кадрових та організаційно-рольових функцій процесу проектування стосовно особливостей продукції Замовника та з урахуванням 3D CAD; - Можливість розвитку та масштабування робіт за бажання.			



Прогнози впровадження BIM-технологій у проектні підприємства

Труднощі та помилки	
Прогноз 1	<p>Впровадження BIM власними силами проектною компанією</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Керівництво не бере участі у робочому процесі.</li> <li>- Ніколи немає звільнення від поточної проектної діяльності.</li> <li>- З найбільш знайомих дисциплін завжди розпочинається робота.</li> <li>- Всі інші дисципліни залишаються в його компетенції.</li> <li>- Не наділені достатніми повноваженнями призначені, але не звільнені спеціалісти.</li> <li>- Призначені фахівці не завжди мають бачення, необхідне для міждисциплінарної роботи, організаторські здібності та системний підхід.</li> <li>- Масштабам поставленого завдання не відповідають зусилля, що витрачаються.</li> </ul> <p>Висновки.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Отримано одну складову проектної моделі.</li> <li>- 3D-проекткування в рамках однієї спеціалізації було продумано, але технологія BIM не була ініційована.</li> </ul> <p>Такий прогноз можливий лише для невеликого проектного підприємства з обмеженим фінансуванням, яке спеціалізується на виробництві одного розділу проектно-кошторисної документації.</p>
Прогноз 2	<p>Комплексний підхід до впровадження BIM-технологій</p> <p>Помилки можуть виникати через неправильний, невдалий вибір керівників напрямків, вплив людського фактора.</p> <p>Висновки.</p> <p>Завдяки уточненню та розмежуванню кордонів відповідальності за всі етапи BIM та навчанням із залученням консалтингових послуг паралельно з гарною організаційною роботою впровадження BIM у практику організації відбувається набагато швидше, ніж під час опори на штатних чи найманих фахівців.</p> <p>Корпоративні переваги:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- скорочення термінів узгодження проектів до п'яти разів.</li> <li>- Оптимізація графіка виконання робіт.</li> <li>- підвищення ефективності витрачання ресурсів.</li> <li>- формування єдиного розуміння всіма учасниками деталей реалізації проекту.</li> <li>- Підвищення якості прийнятих управлінських рішень за рахунок доступу до повної, якісної та своєчасної інформації щодо проекту в єдиному інформаційному середовищі.</li> <li>- підвищення якості комунікацій на проекті між учасниками проекту.</li> <li>- Можливість накопичення та використання великого обсягу інформації про об'єкт у єдиному інформаційному середовищі.</li> </ul>
Прогноз 3	<p>Залучення стороннього підприємства</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Керівництво контролює процес виконання операційної діяльності за допомогою фінансових та інших звітів, але не по суті отриманих результатів.</li> <li>- Фахівці рівня ГППу до роботи не залучаються.</li> <li>- Дуже складно пояснити необхідність проведення попередніх робіт (обстежень) чи додаткових робіт (архівування).</li> <li>- Співробітники робочої групи відволікаються на поточну роботу.</li> <li>- Взаємини між компаніями Замовник-Підрядник в основному орієнтовані на навчання та реалізацію одного "пілотного" проекту. На практиці один об'єкт виявився недостатнім для побудови 3D-технології, не говорячи вже про BIM-технологію.</li> </ul> <p>Висновки.</p> <p>Успіх у цьому прогнозі близький до очікувань, але з ідеальний. Цей прогноз найбільш коректний для проектних фірм, що займаються проектуванням комплексів цивільного будівництва, але не оптимальний для багатопрофільних проектувальників, проектних підприємств, що проектують універсальні промислові об'єкти, або фірми повного циклу "проекткування-будівництво-експлуатація".</p>

(Авторська розробка)

Ltd), створена в 1998 році. Основними програмними продуктами ZWSOFT (ZWCAD Software Co., Ltd) є: 1. ZWCAD – система автоматизованого 2D/3D проектування. 2. ZW3D – універсальне CAD/CAM рішення. Компанія ZWSOFT провела опитування серед будівельних компаній. Аналіз отриманих даних показав, більшість проектних підприємств вважають витрати на 20% нормативної величиною вартості. За фактичними бухгалтерськими звітами, отриманими від проектних фірм, реальна цифра більш ніж удвічі вища: на кожне окреме замовлення витрачається на 50% більше грошей, ніж планувалося. Працюючи з інженерними мережами найчастіше проблеми виникають: неправильно розраховують кількість необхідного матеріалу чи забувають просвердлити необхідні отвори. Результати спільної роботи архітекторів, конструкторів та інженерів є незадовільними, оскільки вони рідко спілкуються один з одним. 2D-креслення не вирішують цієї проблеми, оскільки не розраховані на використання в реальному будівництві [10, 11, 14, 17].

BIM програми автоматично виявляють навіть невеликі дефекти на етапі проектування. На відміну від традиційних методів САПР, дефекти виявляються лише у процесі будівництва нового будинку чи за його заселенні. Зводяться до мінімуму непередбачені витрати. Фахівці бачать зміни, які їх колеги вносять, записують їх і відстежують, як нові параметри впливну на їхню зону контролю. В одному будинку можуть одночасно працювати люди різних професій, а також кілька компаній. Це дуже зручно, коли плануються великі загальноміські проекти чи мережеві торгові об'єкти. Програми BIM та технології інформаційного проектування також забезпечують безперебійну та злагоджену роботу на будівельних майданчиках: 1) чітко розподіляється робота між бригадами; 2) мінімізуються помилки у графіках закупівель матеріалів та обладнання. 3) керівники можуть легко управляти грошовими потоками. 4) крадіжка виключена. 5) усі витрати відстежуються, всі ціни фіксуються. 6) усі співробітники можуть переглядати комерційні пропозиції та фінансові звіти. Єдиним серйозним недоліком цього є те, що його важко освоїти. З недовірою ставляться до інновацій архітектори старої школи, навіть якщо вони модернізують і прискорюють роботу. Деякі користувачі стверджують, що програмне забезпечення для інформаційного моделювання "глючить" і дає збої. Однак це витрати техніки, а не самої технології. При виборі ліцензійної версії від компанії ZWSOFT, проекти втілюються в життя легко і швидко [1, 4, 8, 9].

Сьогодні на ринку BIM-програм представлений широкий спектр рішень, що дозволяють проектувати у 3D-форматі та використовувати їх на всіх етапах будівництва. Найбільш популярними програмами BIM-проектування в Україні є AutoCAD Architecture, Revit та Allplan Architecture. Компанія Autodesk розробила AutoCAD Architecture – один з найбільш відомих програмних продуктів, що спеціалізується на архітектурному проектуванні, що володіє широкими функціональними можливостями для створення різних архітектурних елементів, таких як стіни, вікна, двері, сходи та балкони. Крім того, у ньому можна створювати 2D-креслення та обмінюватися даними з іншими BIM-додатками. Компанія

Autodesk розробила ще одну BIM-систему - Revit - програма, призначена для проектування будівель, споруд та об'єктів інфраструктури, що дозволяє користувачам створювати проекти, що включають як архітектурні, так і інженерні рішення. Крім того, програма дозволяє моделювати об'єкти у 3D-форматі, створювати специфікації та розрахунки, координувати проекти між різними учасниками. Компанія Nemetschek розробила BIM-додаток – Allplan Architecture. Призначена програма для створення проектів будівель та споруд будь-якої складності. Для створення 3D-моделей будівель та виконання розрахунків, а також можливість створення детальних креслень та специфікацій програма Allplan Architecture має великий набір інструментів. Важливо, на всіх етапах будівництва та управління проектом всі ці програми можуть бути інтегровані з програмою Dedal CPMS, що дозволяє використовувати отриману під час проектування інформацію. В українській дійсності використання технології BIM у будівництві пов'язане з такими завданнями на великих виробничих об'єктах: 1) аналізувати стан будівель та інженерних систем; 2) легко планувати та розраховувати ремонт та заміну обладнання; 3) ефективно та оперативно реагувати на аварійні ситуації. Усього існує і доступно п'ять рівнів деталізації: 1) попереднє проектування; 2) розробка загальних технічних рішень; 3) детальне опрацювання проекту; 4) підготовка (розробка) робочої документації; 5) розробка виконавчої документації. BIM-проект, залежно від потреб Замовника, може бути поданий абстрактною об'ємною моделлю з приблизними параметрами або конкретною збіркою з докладним описом усіх фактичних форм, розмірів, просторового становища, орієнтації та всіх відповідних атрибутів. Щоб реально реалізувати проект у 5D-моделі з трьома інтегрованими компонентами: сам об'єкт (3D), час (4D) та вартість (5D) цього буде достатньо [22, 23, 40-43].

В Україні Рада Міністрів схвалила та внесла до Верховної Ради законопроект про початок впровадження технології інформаційного моделювання (BIM) у будівельній галузі. Якщо цей закон буде ухвалено, то за кілька років така технологія стане обов'язковою при будівництві об'єктів, що фінансуються державою. Про це стало відомо за підсумками міністерської наради Дениса Шмигала 2 грудня 2021 року. Законопроект №6383 «Про внесення змін до деяких законодавчих актів України щодо впровадження будівельного інформаційного моделювання (BIM - технології)» на всіх етапах життєвого циклу об'єктів та науково-технічного супроводу об'єктів, удосконалення процедури обстеження об'єктів. Згідно з пояснювальною запискою до цього законопроекту, він необхідний для загальної цифровізації будівельного процесу і дозволить відстежувати стан об'єкта «в цифровому вигляді» на всіх етапах його життєвого циклу. У більшості розвинених країн технологія BIM вже активно використовується при проектуванні будівельних об'єктів, зокрема її використання є обов'язковим для проектів державних закупівель. В українській будівельній галузі рівень цифровізації ще не такий високий, і технологія BIM поки що застосовується лише окремими проектними підприємствами. Згодом у нашій країні ця ситуація

зміниться, і будівництво буде модернізовано, стане сучасним [19-21, 48].

#### Висновок

Технологія BIM відіграє важливу роль у майбутньому будівельної галузі – це ефективний та інноваційний підхід до проектування, будівництва та експлуатації будівель та споруд. Використання BIM дозволяє: 1) значно підвищити якість та точність проектів; 2) скоротити витрати та час на проектування та будівництво; 3) вона забезпечує ефективну координацію робіт між учасниками проекту; 4) підвищує безпеку об'єкта. Розвиток технологій віртуальної та доповненої реальності сприятиме подальшому розширенню застосування BIM та дозволить більш точно та реалістично візуалізувати об'єкти. Це не тільки підвищить ефективність та якість проектування та будівництва, а й дозволить отримувати більш точну та своєчасну інформацію для управлін-

ня об'єктом у процесі експлуатації. Досвід розвинених країн підтверджує актуальність застосування технології BIM. Розвиток інформаційних технологій не зупиняється, впевнено та обґрунтовано впроваджується та здійснюється в нашій країні та у провідних країнах світу. У галузі проектування будівельних об'єктів удосконалюються: 1) підходи та засоби виконання проектних робіт; 2) систематизується досвід розробки прогресивних концепцій. В Україні консерватизм у цій галузі, як правило, ґрунтується на незнанні, нерозумінні та відсутності інтересу до прогресивних рішень у галузі BIM – проектування. Подібні стереотипи не покликані вивести проектно-будівельну галузь більш високий рівень розвитку. Тому об'єктивна необхідність участі у напрямі світового розвитку цієї галузі є питанням першочергового значення. Керівництво нашої країни докладає у цьому напрямі величезних зусиль [44-47].

#### Література

1. Андрухов В.М., Наскрізіні інформаційні технології супроводу будівельних інвестиційних проектів на протязі їх життєвого циклу. *Будівництво України*. № 6. С. 2-7. 2009.
2. Андрухов В.М., Матвійчук В.В., Колесник А.О., Наскрізіні автоматизовані технології в проектуванні багатопверхових житлових будівель, *Сучасні технології, матеріали і конструкції в будівництві*. № 2. С. 104-109. 2018.
3. Андрухов В.М., Матвійчук В.В., Колесник А.О., BIM - технології проектування. Особливості впровадження та розвитку в Україні. *Містобудування та територіальне планування*. №40(11), С. 58-66, 2011.
4. Андрухов В.М., Матвійчук В.В., Про один з можливих варіантів запровадження BIM - технологій в практику моделювання будівельних об'єктів. *Сучасні технології, матеріали і конструкції в будівництві*. *Будівельні конструкції*. Вінниця. №2, С. 19-24, 2018. DOI 10.31649/2311-1429-2018-2-19-24.
5. Беленкова О.Ю. Стратегія та механізми забезпечення конкурентоспроможності будівельних підприємств на основі моделі сталого розвитку: монографія. Київ: Ліра-К, 2020. 512 с.
6. Беленкова О., Дубінін Д., Калашніков Д. Цифрова трансформація будівництва і девелопменту території як імператив формування стратегій учасників будівельного процесу. *Містобудування та територіальне планування*. 2022. № 81. С.13-22.
7. Боліла Н.В., Використання цифрових технологій управління будівельними підприємствами. Актуальні проблеми сучасного бізнесу: обліково-фінансовий та управлінський аспекти: матеріали IV Міжнародної науково-практичної інтернет-конференції, Ч. 2. Львів, ЛНУП, С. 164-166. 2022.
8. Городецький О.С., Барабаш М.С., Судак В.С., Печенов С.Л., Комплексні системи проектування та управління будівництвом із використанням повнофункціональної інформаційної моделі будівлі (BIM). *Зарубіжний та вітчизняний досвід. Перспективи розвитку. Проблеми розвитку міського середовища: зб. наук праць*. Київ, НАУ, №2 (12). С.181-191. 2014.
9. Доненко В.І., Іщенко О.Л., Вакулук Я.Є. BIM - технології як метод оптимізації використання ресурсів в будівельній галузі. *Шляхи підвищення ефективності будівництва в умовах формування ринкових відносин*, №41. С. 141–147. 2019.
10. Левченко О.В., BIM - стандарт проектної організації. *Сучасні проблеми архітектури та містобудування* №50, С. 65-69, 2018.
11. Матвійчук В.В., Міщенко Д.В., Особливості створення цифрових моделей будівельних об'єктів для автоматизації виконання проектних робіт. *Збірник тез ВНТУ*. Вінниця, 2019.
12. Мещерякова О.М., Виклики цифрової трансформації в архітектурно-будівельній галузі – BIM спеціалісти, *SWorld Journal*, №13–01, С. 43–47, 2022, DOI: 10.30888/2663-5712.2022-13-01-025.
13. Мещерякова О.М., BIM: ефективний інструмент для реконструкції будівель та споруд. *Сучасні технології та методи розрахунків у будівництві*, №18, 2022. [https://doi.org/10.36910/6775-2410-6208-2022-8\(18\)-08](https://doi.org/10.36910/6775-2410-6208-2022-8(18)-08).
14. Ободянська О.І., Іванов О.А., Войновський К.Р., Концепція впровадження BIM - технологій в будівельній галузі України. *Вінницький НТУ*. 2021. <https://ir.lib.zntu.edu.ua/bitstream/handle>.
15. Зельцер Р.Я. Інноваційні моделі і методи організації, управління і економічної оцінки технологічних процесів будівельного виробництва: монографія. Київ: «МП Леся», 2018. 208 с..
16. Філіптов О.В., Кирилов І.В., Модернізація та цифрова трансформація Українського будівельного бізнесу шляхом впровадження нових BIM- технологій в умовах шокових збурень. *Тези доповідей IV Міжнар. студ. наук.-практ. конф. Інноваційно-інвестиційний розвиток бізнесу в умовах шокових збурень*. Львів. С 35-37. 2023.
17. Цифра Т.Ю., BIM як інструмент реформування системи ціноутворення. *Шляхи підвищення ефективності будівництва за умов формування ринкових відносин*. 2021. № 47(2). С. 168-180.
18. Шулак Л.В., Філіптов О.В. Інноваційні технології та просування послуг проектних підприємств у будівництві в епоху глобальних викликів. *Матеріали Міжнародної науково-практичної конференції. Розвиток економічної науки в епоху глобальних викликів*. Київ. С. 110–115. 2021. [https://conf2018.webnode.com.ua/\\_files/200000072-](https://conf2018.webnode.com.ua/_files/200000072-)

d5801d5804/zb\_conf\_24-12-2021.pdf?ph=0f0fc98246.

19. Проект Закону України № 6383, прийнятий за основу від 08.07.2022, Про внесення змін до деяких законодавчих актів України щодо запровадження будівельного інформаційного моделювання (BIM-технології) на всіх етапах життєвого циклу об'єктів та науково-технічного супроводу об'єктів, удосконалення процедури обстеження об'єктів, прийнятих в експлуатацію в установленому законодавством порядку. [https://ips.ligazakon.net/document/view/JI06556I?from=draft\\_latex](https://ips.ligazakon.net/document/view/JI06556I?from=draft_latex).
20. Концепція впровадження BIM – Будівельного Інформаційного Моделювання в Україні. Український центр сталого будівництва. [https://www.uscc.ua/files/Концепція\\_впровадження\\_BIM.pdf](https://www.uscc.ua/files/Концепція_впровадження_BIM.pdf). 116, 2019.
21. Технічний комітет стандартизації «Металобудівництво» (ТК 301), ДСТУ ISO 19650-1:2020 Організація та оцифрування інформації щодо будівель та споруд включно з будівельним інформаційним моделюванням (BIM). Управління інформацією з використанням будівельного інформаційного моделювання. Частина 1. Концепції та принципи (ISO 19650-1:2018, IDT). Наказ від 18.03.2020 № 73 Про прийняття національних стандартів, 2020.
22. Building Information Modeling (BIM): Interoperability in the Construction Industry/ Smart Market Report. – New York: McGraw–Hill Construction, 2007. 48 p.
23. New Paris district shows how to create truly sustainable cities – URL: <https://www.bimcommunity.com/experiences/load/115>.
24. S. Alirezaei, H. Taghaddos, K. Ghorab, A. N. Tak, and S. Alirezaei, 'BIM-augmented reality integrated approach to risk management', *Autom Constr*, vol. 141, p. 104458, Sep. 2022. DOI: 10.1016/j.autcon.2022.104458.
25. Amjed N. Hasan, Sawsan M. Rasheed, 'The Benefits of and Challenges to Implement 5D BIM in Construction Industry' // *Civil Engineering Journal*, Vol. 5, No. 2, February, 2019. P. 412-421.
26. Y. Arayici, 'Towards building information modeling for existing structures', *Structural Survey*, vol. 26, no. 3, pp. 210–222, Jul. 2008. DOI: 10.1108/02630800810887108.
27. L. D'Angelo, M. Hajdukiewicz, F. Seri, and M. M. Keane, 'A novel BIM-based process workflow for building retrofit', *Journal of Building Engineering*, vol. 50, p. 104163, Jun. 2022. DOI: 10.1016/j.jobe.2022.104163.
28. Zeltser, R. Ya., Bielienskova O. Yu., Novak Ye., Dubinin D. V. Digital Transformation of Resource Logistics and Organizational and Structural Support of Construction. *Nauka i innovatsii*. 2019. V 15 (5). P. 38–51.
29. V. Barrile, E. Bernardo, and G. Bilotta, 'An Experimental HBIM Processing: Innovative Tool for 3D Model Reconstruction of Morpho-Typological Phases for the Cultural Heritage', *Remote Sens (Basel)*, vol. 14, no. 5, p. 1288, Mar. 2022. DOI: 10.3390/rs14051288.
30. Junjie Li., Hui Yang. A Research on Development of Construction Industrialization Based on BIM Technology under the Background of Industry 4.0 // *MATEC Web Conf.*, Volume 100, 2017. P. 2-8.
31. Software tools for BIM analysis and neural Networks of artificial intelligence on its basis. Kysil O.V., Levchenko O.V. // *Stalowa Wola, Poland* 2018.
32. Q. Lu and S.H. Lee, 'Comparative analysis of technologies and methods for automatic construction of building information models for existing buildings', in *Proceedings of the ICE HKA Annual Conference 2015*, 2015.
33. F. Mellado, P.F. Wong, K. Amano, C. Johnson, and E. C. W. Lou, 'Digitisation of existing buildings to support building assessment schemes: viability of automated sustainability-led design scan-to-BIM process', *Architectural Engineering and Design Management*, vol. 16, no. 2, pp. 84–99, Mar. 2020. DOI: 10.1080/17452007.2019.1674126.
34. Pan Y., Zhang L., 'A BIM-data mining integrated digital twin framework for advanced project management' // *Automation in Construction*, Volume 124, April 2021, P. 52-69.
35. M. Pavlovskis, D. Migilinskas, J. Antuchevienė, I. Urba, and V. Zigmund, 'Problems in reconstruction projects, BIM uses and decision-making: Lithuanian case studies', *Procedia Eng*, vol. 208, pp. 125–128, 2017. DOI: 10.1016/j.proeng.2017.11.029.
36. R. J. Scherer and P. Katranuschkov, 'BIMification: How to create and use BIM for retrofitting', *Advanced Engineering Informatics*, vol. 38, pp. 54–66, Oct. 2018. DOI: 10.1016/j.aei.2018.05.007.
37. Reengineering of the Construction Companies, based on BIM technology MZ Tetiana Tsifra Iryna Ivakhenko, Tetiana Honcharenko, Yuri Chupryna *International Journal of Emerging Trends in Engineering Research*, 4166-4172.
38. T. Tsifra, I. Ivakhenko, T. Khoncharenko, Y. Chupryna, 'Reengineering of the Construction Companies, based on BIM technology', *International Journal of Emerging Trends in Engineering Research*, 4166-4172. 2020.
39. R. Volk, J. Stengel, and F. Schultmann, 'Building Information Modeling (BIM) for existing buildings – Literature review and future needs', *Autom Constr*, vol. 38, pp. 109–127, Mar. 2014. DOI: 10.1016/j.autcon.2013.10.023.
40. 4D BIM Planning Process used at RNEST Refinery, Brazil - URL: <https://www.bimcommunity.com/experiences/load/165>.
41. McGraw Hill Construction Report on BIM and Large Projects [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://www.smacna.org/docs/default-source/building-information-modeling/bimlinks-and-resources/measuring-the-impact-of-bim-on-complex-buildings-2015-printable.pdf?sfvrsn=2> (дата звернення 27.02.2021).
42. Новітні BIM - технології у будівництві: навіщо вони потрібні в Україні [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://legalhub.online/budivnytstvo/novitni-vim-tehnologiyi-u-budivnytstvi-navishho-vonyu-potribni-ukrayini/> (дата звернення 28.02.2021).
43. Building Information Modelling. Industrial strategy: government and industry in partnership Projects [Електронний ресурс]. Режим доступу: [https://www.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment\\_data/file/34710/12-1327-buildinginformation-modelling.pdf](https://www.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/34710/12-1327-buildinginformation-modelling.pdf) (дата звернення 27.02.2021).
44. Впровадження BIM - технологій підвищить якість проектування [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://100realty.ua/uk/news/vprovadzenna-vim-tehnologiyi-pidvisit-akist-proektuvannya> (дата звернення: 03.03.2021).
45. BIM-технології: поняття, історія розвитку, перспективи. Навчально-інформаційний портал НУБіП України.

2023. <https://elearn.nubip.edu.ua/mod/book/tool/print/index.php?id=333304>.

46. BIM-технології для сучасного архітектора. URL: <https://www.bakotecharchitects.com/uk/event/vim-tehnologii-dlja-suchasnogo-arhitekтора-baku/>.

47. BIM. Досвід та перспективи впровадження будівельних інформаційних технологій. Програма та тези доповідей VII Міжнародної науково-технічної конференції «Нові технології в будівництві» Київ, С. 96, 2019. <https://ndibv.kiev.ua/wp-content/uploads/>.

48. Уряд затвердив концепцію впровадження в Україні BIM-технологій у будівництві [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://www.kmi.gov.ua/news/uryad-zatverdiv-konceptsiyu-vprovadzhennya-v-ukrayini-vim-tehnologij-u-budivnictvi> (дата звернення 27.02.2021).

### References

1. Andrukhov V.M., *End-to-end information technology support of construction investment projects during their life cycle. Construction of Ukraine*. No. 6. P. 2-7. 2009.
2. Andrukhov V.M., Matviychuk V.V., Kolesnyk A.O., *End-to-end automated technologies in the design of multi-story residential buildings, Modern technologies, materials and structures in construction*. No. 2. P. 104-109. 2018.
3. Andrukhov V.M., Matviychuk V.V., Kolesnyk A.O., *VIM - design technologies. Peculiarities of implementation and development in Ukraine. Urban planning and territorial planning*. No. 40(11), pp. 58-66, 2011.
4. Andrukhov V.M., Matviychuk V.V., *About one of the possible options for introducing VIM technologies into the practice of modeling construction objects. Modern technologies, materials and structures in construction. Building structures*. Vinnitsa. No. 2, pp. 19-24, 2018. DOI 10.31649/2311-1429-2018-2-19-24.
5. Belenkova O.Yu. *Strategy and mechanisms for ensuring the competitiveness of construction enterprises based on the model of sustainable development: monograph*. Kyiv: Lira-K, 2020. 512 p.
6. Belenkova O., Dubinin D., Kalashnikov D. *Digital transformation of construction and development of territories as an imperative for the formation of strategies of participants in the construction process. Urban planning and territorial planning*. 2022. No. 81. P.13-22.
7. Bolila N.V., *The use of digital technologies in the management of construction enterprises. Actual problems of modern business: accounting, financial and management aspects: materials of the IV International Scientific and Practical Internet Conference, Part 2*. Lviv, LNUP, pp. 164-166. 2022.
8. Horodetskyi O.S., Barabash M.S., Sudak V.S., Pechenov S.L., *Complex design and construction management systems using a fully functional building information model (BIM). Foreign and domestic experience. Development prospects. Problems of the development of the urban environment: coll. of labor sciences* Kyiv, NAU, No. 2 (12). P.181-191. 2014.
9. Donenko V.I., Ishchenko O.L., Vakulyuk Y.E. *BIM - technologies as a method of optimizing the use of resources in the construction industry. Ways to increase the efficiency of construction in the conditions of the formation of market relations*, No. 41. P. 141-147. 2019.
10. Levchenko O.V., *BIM - standard of project organization. Modern problems of architecture and urban planning* No. 50, pp. 65-69, 2018.
11. Matviychuk V.V., Mishchenko D.V., *Peculiarities of creating digital models of construction objects for the automation of design works. Collection of theses of VNTU*. Vinnytsia, 2019.
12. Meshcheryakova O.M., *Challenges of digital transformation in the architectural and construction industry - BIM specialists, SWorld Journal*, No. 13-01, pp. 43-47, 2022, DOI: 10.30888/2663-5712.2022-13-01-025.
13. Meshcheryakova O.M., *BIM: an effective tool for reconstruction of buildings and structures. Modern technologies and calculation methods in construction*, No. 18, 2022. [https://doi.org/10.36910/6775-2410-6208-2022-8\(18\)-08](https://doi.org/10.36910/6775-2410-6208-2022-8(18)-08).
14. O.I. Obidyanska, O.A. Ivanov, K.R. Voynovskyi, *The concept of implementation of BIM technologies in the construction industry of Ukraine*. Vinnytsia National Technical University. 2021. <https://ir.lib.vntu.edu.ua/bitstream/handle>.
15. Zeltzer R.Ya. *Innovative models and methods of organization, management and economic evaluation of technological processes of construction production: monograph*. Kyiv: "MP Lesya", 2018. 208 p.
16. Filippov O.V., Kyrylov I.V. *Modernization and digital transformation of the Ukrainian construction business through the implementation of new BIM technologies in conditions of shock disturbances. Abstracts of reports IV International study science and practice conf. Innovative and investment development of business in conditions of shock disturbances*. Lviv. C 35-37. 2023.
17. Tsyfra T.Yu., *BIM as a tool for reforming the pricing system. Ways to increase the efficiency of construction under the conditions of the formation of market relations*. 2021. No. 47(2). P. 168-180.
18. Shumak L.V., Filippov O.V. *Innovative technologies and promotion of services of design enterprises in the construction industry in the era of global challenges. Materials of the International Scientific and Practical Conference. Development of economic science in the era of global challenges*. Kyiv. P. 110-115. 2021. [https://conf2018.webnode.com.ua/\\_files/200000072-d5801d5804/zb\\_conf\\_24-12-2021.pdf?ph=0f0fc98246](https://conf2018.webnode.com.ua/_files/200000072-d5801d5804/zb_conf_24-12-2021.pdf?ph=0f0fc98246).
19. Draft Law of Ukraine No. 6383, adopted as a basis from 07/08/2022, *On Amendments to Certain Legislative Acts of Ukraine Regarding the Introduction of Building Information Modeling (BIM-Technology) at All Stages of the Life Cycle of Objects and Scientific and Technical Support of Objects, improvement of the inspection procedure of objects put into operation in accordance with the procedure established by law*. [https://ips.ligazakon.net/document/view/JI06556I?from=draft\\_laws](https://ips.ligazakon.net/document/view/JI06556I?from=draft_laws).
20. *Concept of implementation of BIM - Building Information Modeling in Ukraine*. Ukrainian Center of Steel Construction. [https://www.uscc.ua/files/Concept\\_of\\_practice...PDFC.116, 2019](https://www.uscc.ua/files/Concept_of_practice...PDFC.116, 2019).
21. *Technical standardization committee "Metal construction" (TC 301), DSTU ISO 19650-1:2020 Organization and digitization of information on buildings and structures, including building information modeling (BIM). Information management*

- using building information modeling. Part 1. Concepts and principles (ISO 19650-1:2018, IDT). Order dated March 18, 2020 No. 73 On Adoption of National Standards, 2020.
22. *Building Information Modeling (BIM): Interoperability in the Construction Industry/ Smart Market Report*. - New York: McGraw-Hill Construction, 2007. 48 p.
23. *New Paris district shows how to create truly sustainable cities* - URL: <https://www.bimcommunity.com/experiences/load/115>.
24. S. Alirezaei, H. Taghaddos, K. Ghorab, A. N. Tak, and S. Alirezaei, 'BIM-augmented reality integrated approach to risk management', *Autom Constr*, vol. 141, p. 104458, Sep. 2022. DOI: 10.1016/j.autcon.2022.104458.
25. Amjed N. Hasan, Sa'wan M. Rasheed, 'The Benefits of and Challenges to Implement 5D BIM in Construction Industry // Civil Engineering Journal', Vol. 5, No. 2, February, 2019. P. 412-421.
26. Y. Arayici, 'Towards building information modeling for existing structures', *Structural Survey*, vol. 26, no. 3, pp. 210–222, Jul. 2008. DOI: 10.1108/02630800810887108.
27. L. D'Angelo, M. Hajdukiewicz, F. Seri, and M. M. Keane, 'A novel BIM-based process workflow for building retrofit', *Journal of Building Engineering*, vol. 50, p. 104163, Jun. 2022. DOI: 10.1016/j.job.2022.104163.
28. Zeltser, R. Ya., Bielienkova O. Yu., Novak Ye., Dubinin D. V. 'Digital Transformation of Resource Logistics and Organizational and Structural Support of Construction. Nauka i innovatsii. 2019. V 15 (5). P. 38–51.
29. V. Barrile, E. Bernardo, and G. Bilotta, 'An Experimental HBIM Processing: Innovative Tool for 3D Model Reconstruction of Morpho-Typological Phases for the Cultural Heritage, Remote Sens (Basel)', vol. 14, no. 5, p. 1288, Mar. 2022. DOI: 10.3390/rs14051288.
30. Junjie Li., Hui Yang. 'A Research on Development of Construction Industrialization Based on BIM Technology under the Background of Industry 4.0 // MATEC Web Conf., Volume 100, 2017. P. 2-8.
31. 'Software tools for BIM analysis and neural networks of artificial intelligence on its basis. Kysil O.V., Levchenko O.V. / Stalowa Wola, Poland 2018.
32. Q. Lu and S.H. Lee, 'Comparative analysis of technologies and methods for automatic construction of building information models for existing buildings', in *Proceedings of the ICE HKA Annual Conference 2015, 2015*.
33. F. Mellado, P.F. Wong, K. Amano, C. Johnson, and E. C. W. Lou, 'Digitization of existing buildings to support building assessment schemes: viability of automated sustainability-led design scan-to-BIM process', *Architectural Engineering and Design Management*, vol. 16, no. 2, pp. 84–99, Mar. 2020. DOI: 10.1080/17452007.2019.1674126.
34. Pan Y., Zhang L., 'A BIM-data mining integrated digital twin framework for advanced project management // Automation in Construction, Volume 124, April 2021, P. 52-69.
35. M. Pavlouskis, D. Migilinskas, J. Antuchevienė, I. Urba, and V. Zigmund, 'Problems in reconstruction projects, BIM uses and decision-making: Lithuanian case studies', *Procedia Eng*, vol. 208, pp. 125–128, 2017. DOI: 10.1016/j.proeng.2017.11.029.
36. R. J. Scherer and P. Katranuschkov, 'BIMification: How to create and use BIM for retrofitting', *Advanced Engineering Informatics*, vol. 38, pp. 54–66, Oct. 2018. DOI: 10.1016/j.aei.2018.05.007.
37. 'Reengineering of the Construction Companies, based on BIM technology MZ Tetiana Tsifra Iryna Ivakhenko, Tetiana Honcharenko, Yury Chupryna International Journal of Emerging Trends in Engineering Research, 4166-4172.
38. T. Tsifra, I. Ivakhenko, T. Khoncharenko, Y. Chupryna, 'Reengineering of the Construction Companies, based on BIM technology. International Journal of Emerging Trends in Engineering Research, 4166-4172. 2020.
39. R. Volk, J. Stengel, and F. Schultmann, 'Building Information Modeling (BIM) for existing buildings – Literature review and future needs', *Autom Constr*, vol. 38, pp. 109–127, Mar. 2014. DOI: 10.1016/j.autcon.2013.10.023.
40. '4D BIM Planning Process used at RNEST Refinery, Brazil - URL: <https://www.bimcommunity.com/experiences/load/165>.
41. 'Mc Graw Hill Construction Report on BIM and Large Projects [Electronic resource]. Access mode: <https://www.smacna.org/docs/default-source/building-information-modeling/bimlinks-and-resources/measuring-the-impact-of-bim-on-complex-buildings-2015-printable.pdf?sfvrsn=2> (date of application 02/27/2021).
42. 'The latest BIM technologies in construction: why they are needed in Ukraine [Electronic resource]. Access mode: <https://legalhub.online/budivnytstvo/novitni-vim-tehnologiyi-u-budivnytstvi-navishho-vony-potribni-ukrayini/> (access date 28.02.2021).
43. 'Building Information Modelling. Industrial strategy: government and industry in partnership Projects [Electronic resource]. Access mode: [https://www.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment\\_data/file/34710/12-1327-building-information-modelling.pdf](https://www.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/34710/12-1327-building-information-modelling.pdf) (access date 27.02.2021).
44. 'Implementation of BIM technologies will increase the quality of design [Electronic resource]. Access mode: <https://100reality.ua/uk/news/vprovadzenna-vim-tehnologii-pidvisit-akist-proektuvanna> (date of application: 03.03.2021).
45. 'BIM technologies: concept, history of development, prospects. Educational and informational portal of NUBiP of Ukraine. 2023. <https://elearn.nubip.edu.ua/mod/book/tool/print/index.php?id=333304>.
46. 'BIM technologies for the modern architect. URL: <https://www.bakotecharchitects.com/uk/event/vim-tehnologii-dlja-suchasnogo-arhitekтора-baku/>.
47. 'BIM. Experience and prospects of implementation of construction information technologies. Program and abstracts of reports of the VII International scientific and technical conference "New technologies in construction" Kyiv, p. 96, 2019. <https://ndibv.kiev.ua/wp-content/uploads/>.
48. 'The government has approved the concept of introducing BIM technologies in construction in Ukraine [Electronic resource]. Access mode: <https://www.kmu.gov.ua/news/uryad-zatverdiv-konceptiyu-vprovadzhennya-v-ukrayini-vim-tehnologij-u-budivnictvi> (access date 27.02.2021).

<sup>1</sup> **O. Filippov**, Graduate student of the Department of Organization and Construction Management  
ORCID ID: 0000-0002-4601-1966;

<sup>2</sup> **L. Shumak**, Graduate student of the Department of Construction Economics, ORCID ID: 0000-0002-5738-5744

<sup>1,2</sup> Kyiv National University of Construction and Architecture, Kyiv, Ukraine

## RESEARCH OF BIM TECHNOLOGY - INFORMATION MODELING OF BUILDINGS IN CONSTRUCTION AT THE DESIGN STAGE. DEVELOPMENT PROSPECTS. NATIONAL AND FOREIGN EXPERIENCE

**Abstract.** *The process of digital transformation of organizations is actively developing in all sectors, including the construction industry, in particular in design. This process affects and changes not only the products produced by design and construction companies, but also requires a full-scale reengineering of the company's internal processes through the introduction of specialized digital products. One of the key trends in Ukraine and the international construction industry is the introduction of information modeling technologies (BIM technologies) as soon as possible. Today, it is already impossible to imagine modern design and construction without the use of BIM. Currently, the level of penetration of information modeling technologies in Ukraine is significantly lower than in the leading countries in the use of BIM technologies. The article examines the key features of domestic and international experience in the application of information modeling technologies and highlights the advantages of BIM technologies at various stages of the project life cycle. Peculiarities of the Ukrainian experience in the field of implementation of BIM technology were studied. The causes of problems in the introduction of BIM technologies and the implementation of these technologies in the practice of Ukrainian and foreign design enterprises are identified, the key factors influencing the level of spread of these technologies in Ukraine and abroad are formulated. Qualitative and quantitative benefits from the implementation of BIM technologies in project companies have been determined. Conclusions were made about the prospects for the development of information technologies in our country and abroad.*

**Keywords:** *BIM technologies, information modeling technologies, construction and design, innovations, project life cycle, process optimization, cost reduction, state support, and international experience.*