

УДК: 69 (075.8)

О.А. Тугай¹,
докт. техн. наук, професор
ORCID: 0000-0001-6255-3119

В.О. Поколенко¹,
докт. техн. наук, професор
ORCID: 0000-0003-1750-5964

А.Д. Єсипенко²,
докт. техн. наук, професор
ORCID: 0000-0003-0460-2749

О.В. Дубинка¹,
асистент
ORCID: 0000-0002-1616-3280

¹Київський національний університет будівництва і архітектури, м. Київ

²Науково-дослідний інститут інноваційного будівництва "НДІ-ІНБУД", м. Київ

ПЕРЕДУМОВИ І ШЛЯХИ ВПРОВАДЖЕННЯ БІМ-КОНЦЕПЦІЇ В БУДІВЕЛЬНІЙ ГАЛУЗІ

Стаття спрямована на розгляд змісту інформаційного моделювання будівельно-інвестиційних проектів шляхом сумісного застосування BIM-технологій (Building Information Modeling – Інформаційне Моделювання Будівель) для повного життєвого циклу об'єктів будівництва. Використання даного підходу при реалізації інвестиційно-будівельних проектів дає можливість деталізувати проект для прийняття своєчасних рішень на кожному з етапів життєвого циклу проекту, від концепції майбутнього об'єкту до його експлуатації.

Технології інформаційного моделювання будівельних об'єктів дають можливість визначити і підвищити рівень взаємодії між учасниками проекту та удосконалити організацію спільної роботи між усіма учасниками будівництва. Для цього необхідні кількісні і якісні перетворення, в тому числі перехід до інформаційного моделювання і в пов'язаних з будівництвом напрямках, які сприяють більш ефективному розподілу інвестицій та формуванню оптимальної вартості проекту, вирішенню завдань нароцування обсягів будівництва та реалізації масштабних інфраструктурних проектів в оптимальних строках на державному рівні.

Визначення передумов і шляхів реалізації BIM-концепції з оптимізацією бізнес процесів є актуальним і потребує наукового обґрунтування та впровадження вивчення технології інформаційного моделювання у навчальному процесі для якісного і професійного підходу до будівельних проектів на практиці.

Ключові слова: BIM-технології, модель організації і управління будівництвом, будівництво, девелопмент, інвестиції.

Постановка проблеми у загальному вигляді та її зв'язок із важливими науковими чи практичними завданнями.

Сфера будівництва є однією з найбільш важливих галузей для більшості країн. Від неї залежить ефективність функціонування всієї системи господарювання зі

значним впливом на стан навколишнього середовища. Важливість цієї галузі для економіки будь-якої країни можна пояснити наступним чином: капітальне будівництво створює велику кількість робочих місць, а також є основним споживачем проміжних продуктів (до 40% сировини, хімічної продукції, електричного та електронного обладнання тощо) та супутніх послуг.

Результати роботи будівельного сектору можуть суттєво впливати на розвиток загальної економіки. Економічний ефект від розвитку цієї галузі полягає у мультиплікаційному ефекті коштів, вкладених у будівництво та взаємопов'язані процеси. Адже з розвитком будівельної галузі розвиваються: виробництво будівельних матеріалів і відповідного обладнання, машинобудівна галузь, металургія і металообробка, нафтохімія, виробництво скла, деревообробна і фарфоро-фаянсова промисловість, транспорт, енергетика тощо. Також будівництво сприяє розвитку підприємств малого та середнього бізнесу, завдяки чому створюються нові робочі місця. Отже, зростання будівельної галузі неминуче викликає підвищення економіки країни та вирішує ряд соціальних проблем.

Будівельна галузь є однією з ключових будь-якої економіки, наприклад, у ЄС вона складає 9% ВВП. В той час, як в Україні складає 3,97% від ВВП, хоч і показуючи поступове зростання за останні роки (табл. 1). В цілому, будівництво складається з трьох основних секторів: житловий, нежитловий (комерційний і соціальний) та інфраструктурний. У Європі у 2016 р. 78% від усього будівництва склали житлові та нежитлові об'єкти, а решту 22% становили інженерні споруди. В Україні від усього будівництва обсяг житлових та нежитлових будівель складає 47,3% (житлових – 20,78%, нежитлових – 26,52%), інженерні споруди – 52,7%.

Нове будівництво, реконструкція та технічне переоснащення становили 73,8% від загального обсягу виконаних будівельних робіт, капітальний і поточний ремонт – 17,4% та 8,8% відповідно.

Незважаючи на те, що будівельний сектор є ключовим драйвером загальної економіки, він стикається з численними викликами, які є типовими для багатьох країн:

Фрагментація. Будівельна галузь не є однорідною, тому показники її складових можуть суттєво відрізнятись. У Європі на фірми, що мають понад 250 працівників, припадає менше 1% всіх будівельних компаній, які вносять 21% у виробництво всього сектора, тоді як 94% фірм мають менше десятка штатних працівників, але вносять 39% у загальний обсяг виробництва в секторі.

В Україні, будівельна сфера, умовно, розділена навпіл між «великими» та «малими» гравцями. «Великі» займаються «важким» будівництвом – значними інфраструктурними, промисловими об'єктами, великими житловими комплексами тощо. «Малі» гравці – це величезна кількість спеціалізованих підприємств, часто з досить вузькою сферою діяльності (опалення та вентиляція, водопостачання, електрика, слабкострумні системи, акустика, інтер'єри тощо), які виконують роль субпідрядників або працюють на невеликих проектах, таких як приватне житло.

Ці дві групи мають дуже різну продуктивність та ефективність. Низька продуктивність будівельного сектору в значній мірі відображається невеликими фірмами, які виконують спеціалізовані субпідрядні роботи. Тобто, будівництво промислової та цивільної інфраструктури має набагато кращі показники, в той час як підрядники та субпідрядники, які відповідають за велику частку вартості у

проектах нерухомості та реконструкції, часто мають нижчу продуктивність, ніж галузь в цілому. Це також перешкоджає розвитку достатньої критичної маси серед гравців, необхідної для каталізації великих змін у масштабі цілої галузі.

Будівництво відзначається довгим ланцюгом постачання та реалізації, який включає в себе значну кількість малих та середніх підприємств, що призводить до інформаційної асиметрії (оскільки в значній мірі залежить від можливостей акумулювання, оперування та обміну даними, їх якістю та надійністю).

Зарегульованість. Будівництво – одна з найбільш зарегульованих галузей, що нараховує велику кількість законів, постанов, інших нормативно-правових актів, багато бюрократичних процедур, що прямо або опосередковано впливають на її діяльність, швидкість та ефективність. Деякі з них не змінювались десятиліттями, вони застаріли та мають безліч протиріч із сучасними процесами, що відбуваються в галузі. Зміна цих норм зазвичай є досить складною у політичному та бюрократичному сенсах.

Непрозорість та складність. Одним з найбільш проблемних симптомів складного регулювання та бюрократії є поширеність неформальності, недостатньої прозорості та певні корупційні ризики, що підкріплюються численними необхідними схваленнями, інспекціями та дозволами, багато з яких ще супроводжуються значними фінансовими витратами.

Продуктивність. За останні два десятиліття продуктивність праці зросла лише приблизно на чверть темпу у виробництві (відповідно 1,0% проти 3,6%), що зробило будівельний сектор найгіршим виконавцем з точки зору продуктивності. Частково це пояснюється труднощами будівельного сектору у впровадженні цифрових інновацій, які можуть допомогти підвищити продуктивність та прибутковість. За статистичними даними, рівень продуктивності праці у будівництві України хоч і демонструє відносне зростання, проте залишається вкрай низьким у порівнянні з більш розвинутими країнами і становить до 16-18% від рівня цього показника у США і до 30% від рівня країн ЄС.

Існує значна невідповідність між потребами будівельної галузі та можливостями наявної робочої сили. По всьому світу, у тому числі і в Україні, фонд праці в будівельному секторі старіє і стає більш низькокваліфікованим, що робить впровадження змін, необхідних для досягнення значного підвищення продуктивності праці, більш складним завданням, особливо в питаннях автоматизації та використанні нових технологій. Існує потреба підвищення якості вищої освіти та приведення її у відповідність до сучасних викликів.

Незважаючи на це, в Європі заробітна плата все ще зростає. Отже, між 1995 та 2015 роками витрати на одиницю праці (кількість грошей, сплачених за одиницю виробленої робочої сили або збільшення заробітної плати за врахуванням збільшення продуктивності праці) зростали при складеній річній ставці на 2,4% в будівництві, порівняно з 1,3% в виробництві та лише 0,3% у сфері послуг. Поєднання низьких кваліфікацій, низької продуктивності праці та підвищення заробітної плати повинні стати достатнім стимулом для фірм вирішувати проблеми галузі і тим самим сприяти підвищенню продуктивності праці.

Малоефективне використання ресурсів. Будучи одним з найбільших споживачів сировини та супутньої продукції для будівництва, галузь відзначається їх неефективним використанням, високими показниками генерації відходів (до 25%–30%) в процесі ремонтно-будівельних робіт (демонтаж, ремонт, будівництво тощо), які наразі вкрай рідко мають повторне використання. До цього часто

накладається незадовільна оцінка об'ємів та кількості продукції, перевиконання або нестача при закупівлях, логістичні витрати при транспортуванні та зберіганні, що в умовах постійно зростаючої вартості будівельної продукції суттєво збільшує загальні витрати на будівництво та експлуатацію.

Структура контрактів. Структура і характер контрактів є одним з серйозних бар'єрів для підвищення ефективності в будівельній галузі. Штрафи, ризики та винагорода під час контрактного процесу по-різному впливають на учасників, і це призводить до відмови від ризику та зменшення співпраці. Без покращення контрактних процедур у всій галузі, прогрес до досягнення загальної мети підвищення ефективності буде майже неможливим. Нарешті, нинішні контрактні структури не поділяють ризик ефективно. Як контракти з фіксованою ціною (lump-sum), так і контракти з відшкодуванням витрат (cost-reimbursable) мають явний бінарний підхід до розподілу ризику. Коли одна сторона несе більшість ризиків, узгоджені зусилля команди з підвищення ефективності та результатів проекту будуть складнішими, а сторона, яка ризикує, буде схильна більш консервативним підходам щодо інновацій.

Недосконалість процесів. Також, однією з ключових проблем галузі є неефективне управління процесами проектування, будівництва, експлуатації тощо. Занадто часто це низький рівень комунікації, відсутність достатнього та обдуманного завантаження проектних та будівельних команд, поверхнева увага до процесів спільного планування призводять до високого рівня змін протягом життєвого циклу об'єктів. Це знижує продуктивність праці, примушуючи зупиняти роботу, вимагаючи переробки та руйнування налагоджених ланцюжків матеріалів, техніки, робочої сили тощо.

Управління життєвим циклом. Окремо слід зазначити в цілому відсутність підходів щодо управління життєвим циклом об'єктів (зокрема оцінка життєвого циклу, впливу на середовище, вартісний аналіз тощо). І якщо в інвестиційно-будівельній діяльності передових країн поступово відбуваються структурні зміни, в основі яких є зміщення фокусу з процесу проектування та будівництва на весь життєвий цикл об'єкта, то в Україні наразі таких системних підходів не відзначається, крім певних напрацювань та пропозицій. Що, в свою чергу, негативно відображається на реалізації державної політики щодо розвитку будівельної галузі в цілому, ефективності планування та використання бюджетних коштів, унеможливорює мультиплікативний ефект від впровадження нових технологій та підходів. Це зумовлено рядом факторів, що більш детально розглянуті у передумовах.

Недоінвестованість в інформаційні технології. Повільний темп інновацій у будівельній галузі скоріше є наслідком систематичної нестачі широких статистичних, аналітичних, операційних, економічних та ін. даних майже на всіх ключових етапах та процесах. Що взагалі можна охарактеризувати як певний "інформаційний вакуум", який заважає галузі (на відміну від інших, наприклад, машинобудівної) системно акумулювати та оперувати даними протягом життєвого циклу об'єктів, створюючи надійну аналітичну базу для прийняття рішень.

Так, будівельна галузь займає чи не останні місця за індексом цифровізації, а також характеризується, як високо локалізований і фрагментований сектор, який відстає в більшості критеріїв. Наприклад, прийняття рішень на будівельних майданчиках для різних секторів, які географічно розсіяні – досить важке завдання. І враховуючи різні рівні компетенцій дрібних будівельних фірм, які

часто функціонують як субпідрядники, створення нових можливостей у масштабах всієї галузі є ще одним викликом. До того ж, завдяки використанню, у своїй більшості, традиційних методів проектування існує досить вагома проблема постійної «втрати» даних на кожному з переходів до наступного етапу життєвого циклу об'єкта. В цей же час, інвестиції сектору в інформаційні та комунікаційні технології є замалими порівняно з іншими секторами.

Дивлячись на означені виклики як на певний мотиватор, наразі будівельна галузь має великий потенціал для подальших змін. Враховуючи стрімкий розвиток нових технологій, таких як промислове 3D сканування та друкування, дрони, доповнена реальність, роботизація будівельних майданчиків, нові матеріали, сучасне програмне забезпечення та інформаційні платформи, більшість з яких досягла ринкової зрілості для широкого застосування, цифровізація будівельної галузі, де ключова роль відводиться застосуванню технологій та підходів інформаційного моделювання (BIM), все частіше визнається потенційним драйвером для галузі, що може суттєво сприяти сталому розвитку та, зокрема, Стратегії ЄС 2020.

Актуальність основних проблемних питань, які можуть бути вирішені завдяки впровадженню BIM.

Наразі, будівельна галузь має цілий ряд системних, взаємопов'язаних проблем та викликів. Будівництво вважається достатньо неефективним як в процесі, так і в наданні послуг, у вигляді кінцевих результатів, що призводить до збільшення термінів реалізації, підвищення витрат у будівництві та експлуатації, зниженні якості, рівня безпеки, екологічності тощо. Технології та управлінські підходи, які використовуються у вітчизняному будівництві є застарілими порівняно з європейськими країнами.

Аналіз стану справ у будівельній галузі свідчить про необхідність:

1. Корінних змін у процесах створення, зберігання, обміну, передачі інформації, її подальшому використанню та підвищення ефективності процесу управління об'єктами на всіх етапах життєвого циклу.
2. Уніфікації процесів управління та обміну інформацією.
3. Підвищення ефективності управління контрактами в процесі життєвого циклу об'єкту будівництва.
4. Підвищення інвестиційної привабливості галузі.
5. Підвищення конкурентоздатності українських компаній галузі.
6. Забезпечення прозорості інвестиційно-будівельних процесів та ціноутворення будівельних матеріалів та послуг.
7. Прогнозування експлуатаційних витрат будівництва та сталий розвиток будівельної галузі.
8. Цифрової трансформації цілого ряду державних функцій, сервісів та систем, забезпечення їх загальної інтеграції та взаємозв'язку.
9. Зниження регуляторного навантаження.
10. Підвищення енергоефективності будівельної галузі.
11. Підвищення екологічності будівельної галузі.
12. Підвищення безпеки об'єктів будівництва.
13. Забезпечення нормативно-правового поля для застосування BIM протягом усього життєвого циклу.
14. Гармонізація національних стандартів та вимог з європейськими (ISO, CEN).

15. Створення інформаційного та методологічного підґрунтя для подальшої еволюції галузі в рамках більш глобальних концепцій, таких як Smart Cities, Digital Twins, Digital Single Market, Industry 4.0 тощо.



Рис. 1. Схематичне позиціонування BIM та супутніх підходів в галузевому контексті

Одним з найперших ключових завдань, що потребують вирішення, є створення умов для подолання "інформаційного вакууму" у будівельній галузі. Наразі, вона відзначається системною нестачею широких статистичних, будівельних, операційних, економічних даних тощо, їх загальною роздільністю, хаотичністю, невідповідністю, непрозорістю і т. ін. Відсутність повноти узгоджених даних значно ускладнює вирішення зазначених проблем, звужує аналітичні можливості для пошуку і прийняття стратегічних рішень та оцінки їх кінцевого ефекту, деформує системність впровадження нових методів та технологій у галузі в цілому. Натомість, сприяє інформаційній ерозії, "розмиттю" ціноутворення, конфронтації інтересів учасників інвестиційно-будівельних процесів на різних етапах протягом усього життєвого циклу.

Системні процеси створення та обміну цифровою інформацією про будівлю є ключовим аспектом для поліпшення ефективності та якості будівельної галузі. Завдяки моделюванню та управлінню інформацією про забудову, можна підвищити функціональність та якість процесів управління об'єктом протягом усього життєвого циклу, знижуючи витрати на проектування, будівництво та експлуатацію та досягаючи оптимізації ключових показників проекту (вартість, ефективність будівництва, якість, вплив на оточуюче середовище тощо). Впровадження інформаційного моделювання надає технічну можливість для переходу від традиційного процесу управління інформацією (за допомогою паперових звітів, експертних оцінок при плануванні, відсканованих документів та повторній обробці даних) до створення експертних моделей задля оптимізації ключових показників проекту на основі надійних, узгоджених даних, сприяючи

створенню необхідних умов для подальшого переходу до принципів управління життєвим циклом об'єктів будівництва [1, с. 50].

З іншого боку, використання BIM дозволить збільшити прозорість інвестиційно-будівельних процесів, передбачуваність результатів, створить певні умови для переосмислення, вдосконалення або спрощення існуючих регулятивних процедур, нормативно-правової бази, характеру контрактних угод тощо.

Таким чином, формуючи та використовуючи єдине інформаційне поле, впроваджуючи та застосовуючи технології та підходи BIM, будівництво отримує можливість суттєво зменшити негативні наслідки, викликані загальною фрагментацією галузі. Стандартизація, уніфікованість цифрових процесів та єдині "правила гри" дозволять більше та якісніше інтегрувати малі та середні підприємства до інвестиційно-будівельної діяльності, покращити їх ефективність та взаємодію з замовником, за рахунок створення більш прозорих та узгоджених механізмів обміну, керування інформацією протягом життєвого циклу об'єкта.

Окрім фактору задіяної робочої сили, причини низької продуктивності будівельної галузі мають комплексний характер і значною мірою залежать від недосконалості управлінських процесів, застарілої системи організації будівництва. Застосування BIM може забезпечити взаємозв'язок ресурсів, операцій, строків, їх прив'язку до виробничого процесу, підвищуючи контрольованість, керованість процесів, їх ефективність, моніторинг та планування. Також BIM може сприяти створенню необхідної бази для запровадження нових технологій і практик – наприклад, автоматизація та роботизація будівельних майданчиків, використання дронів, нових підходів у модуляризації та типізації будівельних виробів, використання алгоритмічних методів до їх попереднього проектування (algorithm driven design) і виготовлення, промислового 3D друку і т. ін, що позитивно впливає на якість і темпи будівництва.

Зрештою, застосування BIM надає певні можливості для вирішення екологічних проблем та більш ефективного використання ресурсів. Будівельний сектор споживає велику кількість невідновлюваної енергії, через що відбуваються великі викиди CO₂. Загальний обсяг викидів CO₂ у світовому будівельному секторі був 5,7 млрд. т. у 2009 році, що складає близько 23% загального обсягу викидів CO₂, що виробляється глобальною економічною діяльністю. Згідно інформації ЄС для переходу на конкурентоспроможну низьковуглецеву економіку в 2050 р., рівень викидів CO₂ у будівельному секторі у 2030 р. планується скоротити на 40-50%, а у 2050 р. – на 90%. BIM-технології дозволяють керувати енергоефективністю будівель розраховуючи необхідні показники ще при проектуванні та дозволяють обрати найбільш оптимальний варіант.

Будівництво є одним з найбільших та неефективних споживачів сировини та іншої супутньої продукції, а також створює значний обсяг будівельних відходів з низьким рівнем повторної переробки. Однією з цілей ЄС до 2020р, згідно Waste Framework Directive є досягнення 70% повторного використання, переробки або відновлення будівельних відходів під час зведення або демонтажу об'єктів. Застосування BIM надає можливість оптимізувати використання ресурсів – наприклад, наявність BIM-моделей існуючих будівель дозволить більш точно проаналізувати доступні об'єми матеріалів, придатних до повторного використання, що можуть бути отримані при їх утилізації, сумістити їх з

потребами нового об'єкта та виробити найбільш ефективний підхід до демонтажу, логістики тощо [2, с.118].

Одним з шляхів вирішення перелічених проблем, окрім загальної цифровізації та санації галузі, є впровадження технологій та підходів BIM. Наприклад, впровадження подібних технологій у Великобританії дозволило зменшити витрати на будівництво в середньому на 15-25% та покращити показники будівельних об'єктів.

Формулювання цілей статті.

Метою статті є необхідність відображення концепції BIM, варіанту впровадження BIM-технологій і застосування подібних технологій в Україні, що в свою чергу може принести економічний результат, за умови комплексного підходу при впровадженні BIM, направлено перш за все на зміну процесів управління об'єктом будівництва отриманої за допомогою інформаційного моделювання протягом усього життєвого циклу об'єкта. Метою концепції є розробка стратегії впровадження BIM технологій задля вирішення більшої частини проблем будівельного сектору.

Виклад основного матеріалу дослідження з новим обґрунтуванням отриманих наукових результатів.

Концептуальні засади BIM були окреслені ще у минулі роки, майже з найперших днів застосування електронного обчислення. Проте на певних етапах йому передувало застосування САД-систем (що в більшості були логічним продовженням традиційного методу креслення), оскільки, щоб досягти свого сучасного рівня і своїх можливостей, інформаційне моделювання мало пройти певний шлях розвитку, спираючись на наявні технології в комп'ютерній та інформаційній сфері, нові концепції та підходи у галузі проектування та будівництва.

BIM – процес створення цифрового представлення будівлі на основі об'єктно-орієнтованого підходу, комплексної інформаційної моделі, що концентрує та зберігає всі необхідні дані, які використовуються на всіх етапах життєвого циклу як надійна основа для прийняття рішень. Застосування BIM безпосередньо чи опосередковано впливає на всі залучені сторони у галузі капітального будівництва. BIM – це принципово інший спосіб створення, використання та обміну даними життєвого циклу об'єкту. Терміни «інформаційна модель будівлі» («BIMs») та «інформаційне моделювання будівництва» («BIM») часто використовуються як взаємозамінні та взаємопов'язані, що відображає суттєве збільшення значення та використання терміну для задоволення зростаючих потреб галузі. Саме тому, поняття «BIM» є набагато більш комплексне, ніж простий переклад або розшифровка абрєвіатури і може бути розкрито на основі трьох ключових концепцій:

Як процес взаємодії. Спільний та інтерактивний процес між усіма залученими сторонами, що підтримується різними інструментами, технологіями і програмним забезпеченням, з використанням певних підходів та методологій, які передбачають створення і управління цифровими представленнями геометричних, фізичних, функціональних та інших характеристик на всіх стадіях життєвого циклу об'єктів.

Як продукт. Результат BIM-процесу, кінцевим продуктом якого має бути цілісна інформаційна система, що представлена інформаційною

моделлю/моделями (BIMs), що містить у собі всю необхідну інформацію про об'єкт і може використовуватись усіма залученими сторонами.

Як управління життєвим циклом. Наявність інформаційних моделей з необхідними та актуалізованими даними на кожному з етапів надає можливість оперувати життєвим циклом об'єкта, від початку проектування та до завершення експлуатації, застосовуючи їх у підготовці і прийнятті ефективних, прозорих та виважених фінансових, проектних, будівельних, експлуатаційних та технічних рішень, використовувати як аналітичну базу, тощо.

Слід також зауважити, що можливості інформаційного моделювання також залежать від існуючих ІТ-технологій, програмного забезпечення та фізичних характеристик мереж і апаратного обладнання.

ВІМ в контексті життєвого циклу об'єктів

Ефективна трансформація будівельної галузі передбачає використання інформаційного моделювання на всіх етапах життєвого циклу об'єкта. Незважаючи на те, що трансформація в цілому передбачає більш глобальний процес цифровізації, принципи та технології ВІМ розглядаються як один з ключових механізмів її реалізації. Оскільки саме застосування ВІМ дозволяє побудувати системний підхід до створення, обміну та передачі, аналізу і використання інформації.

Протягом **життєвого циклу** генерується значний обсяг даних, які, як зазначено, мають бути надійною основою для прийняття рішень, а також бути передані для обробки та використання на наступному з його етапів. Одну з найперших задач, що дозволяє вирішити застосування ВІМ – це значно мінімізувати «втрати» даних при переході між цими етапами, забезпечити їх безперервність, на відміну від традиційних методів, де шлях інформації «уривався» наприкінці кожного етапу у вигляді паперових креслень. Це зумовлюється використанням інформаційної моделі як своєрідної бази в рамках CDE, що централізовано концентрує та зберігає всі необхідні дані, керуючись прийнятими стандартами та процедурами протягом всього життєвого циклу.

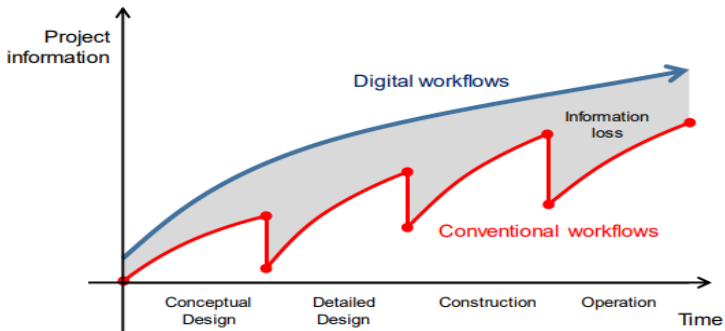


Рис. 2. Втрата інформації, спричинена порушеннями в цифровому інформаційному потоці

Очевидно, що найбільший ефект із застосування BIM можна досягти за умови його використання починаючи з якомога раннього етапу життєвого циклу об'єкта і безперервно до самого його кінця, повноцінно застосовуючи на кожному з етапів.

На етапі **концепції** одними з основних задач створення інформаційної моделі є визначення місця розташування об'єктів будівництва, головного обладнання, систем енергозабезпечення, переліку будівель та споруд та їх основних конструктивних властивостей, точок підключення до централізованих систем енергозабезпечення та трас лінійних інженерних споруд і комунікацій, необхідних для реалізації задач проекту [5, с. 62]. Проте, крім вирішення традиційних задач на цьому етапі, використання BIM дозволяє дослідити цілий ряд можливостей майбутньої будівлі не тільки на основі її геометричного вираження, але й з попередньою аналітичною перевіркою її основних показників ефективності для досягнення оптимального результату – будь то енергоефективність, порівняння проектних варіантів, вплив на оточуюче середовище, прогнозування та управління вартістю об'єкта тощо [6, с. 71]. А наявність бази даних, отриманих з попередніх проектів дозволяє суттєво вдосконалити аналітичний процес, систему прийняття рішень на ранніх етапах, збільшити розуміння майбутнього проекту та його властивостей замовником або експлуатантом. Таким чином, використання BIM на цьому етапі дозволяє створити оптимальну структуру проекту та забезпечити базу для оптимізації організаційних рішень в його реалізації.

Для стадії **проекування** моделі концептуальної стадії разом з усією інформацією, зібраною для проекту (як у форматі 3D, так і інших форматах) на попередньому етапі, використовуються для розробки основних моделей необхідних дисциплін та спеціальних розділів проекту. Саме на цій стадії BIM має можливість максимального впливу на проект, оскільки від прийнятих проектних рішень, що розробляються та деталізуються, залежить цілий ряд кінцевих показників об'єкта, у тому числі й вартісних. Це досягається шляхом залучення до командної роботи усіх спеціалістів, які приймають участь в проекті, для спільної взаємодії та координації в процесі розробки, використовуючи зведені інформаційні моделі будівлі. Це дозволяє, в свою чергу, зробити кілька проектних ітерацій, в рамках яких виконати пошук і виявлення міждисциплінарних колізій, проектних помилок, як візуально, так і автоматично за допомогою програмних засобів, оптимізувати архітектурні, конструктивні та інженерні рішення, враховуючи ключові показники проекту, які визначені ще на етапі концепції. Власне, ці моделі також використовуються для створення всієї необхідної проектної документації.

На **тендерному** етапі ключовою задачею є організація та систематизація (класифікація) контенту створеної моделі за видами матеріалів, робіт та послуг, оцінка вартості, тривалості та послідовності будівництва, а також визначення ключових показників якості проекту, стратегії реалізації, вибір підрядних організацій, постачальників та проведення торгів. Використання BIM на цьому етапі дозволяє оптимізувати вибір підрядної організації, зробити первинну оптимізацію інженерних рішень, а також зробити більш реалістичний прогноз щодо графіка і вартості реалізації проекту.

Використання BIM суттєво впливає на **етап будівництва**. Спеціальна інформаційна модель об'єкта включає в себе сукупність тривимірної, графічної, текстової та календарної інформації (4D BIM) про процес організації і виконання будівельних робіт (у тому числі і тимчасових, логістичних та ін.), фінансування будівництва та витрати (5D BIM), а також візуалізацію процесу зведення об'єкта.

Така модель може бути синхронізована з планом виконання робіт, що дозволяє контролювати фактичний стан об'єктів, відстежувати і аналізувати можливі відхилення, фіксувати ресурсні та бюджетні витрати, отримувати аналітичні дані щодо потреб у матеріалах, завантаженню будівельної техніки, робочої сили або надходження необхідної продукції на будівельний об'єкт, а також отримувати іншу оперативну інформацію в режимі реального часу.

По завершенню будівництва, модель об'єкта має бути актуалізована на підставі виконавчої зйомки/документації із урахуванням усіх змін та відхилень, для відтворення реалістичної цифрової копії об'єкта «як він є» (as built) і використання на наступному етапі.

На **етапі експлуатації** передбачається, що отримана інформаційна модель (6D BIM) містить всі необхідні дані для ефективного управління та використання будівлі. Ці дані можуть включати в себе інформацію про виробника певного обладнання/системи, дату встановлення, необхідне технічне обслуговування та деталі про те, як вони повинні бути налаштовані і експлуатуватися для оптимальної роботи, енергоефективності, а також дані про термін служби та виведення з експлуатації. Цифрове та централізоване представлення таких даних, поєднаних з тривимірною моделлю, суттєво полегшує процес оперування будівлею, дозволяє легко отримувати необхідну інформацію для подальшого аналізу і моніторингу функціонування об'єкта, прийняття рішень, планування тощо [7, с. 39].

Слід зауважити, що насичення такими даними має важливе значення ще на етапах концепції та проектування, оскільки дозволяє прийняти найбільш оптимальне та ефективне рішення враховуючи довгострокову перспективу експлуатації будівлі. Важливою частиною є збір операційних даних протягом експлуатації за допомогою датчиків, моніторингових систем, звітів та інших джерел надходження інформації. Ці дані мають постійно оброблятися та аналізуватися з метою їх подальшого використання для оптимізації та покращення ключових показників об'єкта. Врешті, інформаційна модель може бути використана для процесів демонтажу або подальшої **реновації**, санації або реконструкції об'єкта.

Висновки, зроблені в результаті дослідження і перспективи подальших досліджень.

Використання BIM як інструменту, що, перш за все, оперує інформаційною складовою (в деяких випадках свідомо переформулюють акцент саме на Building Information Management, тобто, управління інформацією в рамках будівельних об'єктів), разом з новими методологіями та інформаційними технологіями, дозволить створити необхідні умови для системного створення, накопичення, управління та обміну ключової інформації у єдиному середовищі для її широкого використання всіма учасниками будівельної галузі. Це фундаментальна необхідність для подальшої реформації та модернізації галузі, що охоплює колосальний спектр завдань, починаючи від створення надійної основи для прийняття рішень в рамках інвестиційно-будівельних процесів, переходу до управління життєвим циклом та вартісного аналізу, поліпшення контролю капітальних вкладень, вдосконалення принципів ціноутворення, забезпечення інтегрованості та взаємозв'язку державних сервісів та інформаційних систем тощо.

Впровадження інформаційного моделювання будівлі (BIM) розглядається як рішення для управління інформацією під час проектування, будівництва та операційних етапів життєвого циклу активу. Слід відзначити, що особливе значення впровадження BIM-технологій в контексті життєвого циклу має для **державного**

сектору, де об'єкти будуються і експлуатуються за бюджетні кошти. У цьому питанні BIM-технології дозволяють заощаджувати та максимально ефективно використовувати державні кошти на будівельних проектах, що призведе до збільшення кількості побудованих та реконструйованих об'єктів. Такі технології також допомагають мінімізувати корупційні ризики при їх реалізації. Таким чином громадський сектор отримує інструмент контролю за державними витратами при будівництві, а державний сектор отримує можливість для прозорого ведення проектів та підвищить рівень довіри з боку населення.

Стосовно **бізнесу**, то їх зацікавленість у використанні BIM-технологій зумовлена можливістю покращити якість проектування, зменшити витрати у будівництві, експлуатації, що призведе до збільшення прибутків будівельних компаній. Крім цього, оптимізувати операційну діяльність за рахунок скасування застарілих, гальмуючих процесів, що часто призводять до дублювання роботи або додаткового навантаження задля досягнення певних традиційних вимог, що втрачають свою актуальність в сучасних умовах. Проте це неможливо в умовах застарілої нормативно-законодавчої бази. Оновлення якої потребує детального аналізу, широкого обговорення та пошуків спільних рішень між представниками усіх секторів.

В результаті проведеного аналізу зарубіжного і вітчизняного досвіду, наукових і дослідницьких робіт в області BIM та здійснення адаптації накопичених знань до вітчизняних особливостей сформовані переваги від використання інформаційного моделювання:

- зниження витрат;
- зменшення термінів підготовки проектної документації;
- зменшення ймовірності помилок при проектуванні;
- скорочення термінів введення будівлі в експлуатацію.
- контроль ключових показників і дотримання термінів виконання робіт;
- швидке надання інформації щодо результатів досліджень і випробувань, проектної документації та звітів в електронному вигляді;
- оперативне коригування вартісних показників будівництва;
- врахування при проектуванні оптимальних показників енергоефективності будівель;
- ефективна інтеграція з GIS;
- можливість повноцінного використання на всіх етапах життєвого циклу об'єкта накопиченої бази даних і знань по об'єкту капітального будівництва усіма стейкхолдерами проекту;
- організація надійного зберігання і використання актуальної та достовірної інформації, що дозволяє знизити кількість помилок і колізій на всіх етапах життєвого циклу об'єкта;
- зменшення ймовірності технічних, планових і фінансових ризиків на всіх етапах життєвого циклу об'єкта;
- зниження витрат і збільшення ефективності процесу будівництва за рахунок типізації проектних рішень і підвищення рівня автоматизації проектних і будівельних робіт;
- оптимізація обсягів і термінів виконання робіт на всіх етапах життєвого циклу об'єкта за рахунок підвищення точності міждисциплінарних рішень;
- моніторинг ходу будівництва та аналіз планово-фактичних показників по моделі об'єкта, що забезпечують прозорість фактично виконаних обсягів робіт;

- підвищення точності планування термінів виконання робіт і бюджету на всіх етапах життєвого циклу об'єкта;
- формування електронного паспорту об'єкта;
- легше вирішення юридичних суперечок;

Впровадження BIM в рамках узгодженої інформаційної екосистеми дозволяє знизити вплив фрагментації галузі та сприяти вдосконаленню взаємодії її учасників. В той самий час, як загальна уніфікація та алгоритмізація процесів та взаємин суб'єктів галузі разом з потужною інформаційною підтримкою та розповсюдженням супроводжуючих матеріалів та найліпших практик, надає змогу покращити якість та ефективність процесів компаній малого та середнього бізнесу, збільшити їх загальну залученість до інвестиційно-будівельної діяльності за рахунок підвищення якості кінцевого результату їх послуг. Проте шляхи і темпи впровадження BIM у європейських, та інших розвинених країнах різняться між собою. Тому важливим етапом є дослідження успіхів та помилок, зроблених іншими державами.

Шляхи впровадження BIM. Загалом можна виокремити чотири юридичні шляхи впровадження BIM, які з в процесі реалізації еволюційно змінюються.

1) Добровільне застосування.

Суть: створення умов для можливості застосування BIM та користування його перевагами. З цього етапу починають впровадження усі країни.

Переваги: дозволяє будівельному сектору самостійно переходити до застосування BIM. Однакові умови для малих та великих компаній.

Недоліки: не системне впровадження, при постійному застосуванні існують ризики низького темпу впровадження BIM у будівництві.

2) Обов'язковий для будівництва коли держава виступає замовником, та параметр проекту перевищує певний бар'єр.

Суть: для ефективного використання бюджетних коштів BIM технології застосовуються при державному будівництві для проектів перевищуючих певний встановлений бар'єр (вартість проекту, площа об'єкта, складність об'єкта, кількість поверхів тощо).

Переваги: забезпечує частковий перехід до використання BIM технологій, залишає малим компаніям, які не можуть дозволити собі застосування BIM технологій, можливість отримувати дрібні державні замовлення. Добровільне застосування у комерційному секторі.

Недоліки: створення розриву між компаніями, які застосовують BIM та які не застосовують, несистемність збору даних про забудови в одному форматі.

3) Обов'язковий для всього будівництва коли держава виступає замовником.

Суть: для ефективного використання бюджетних коштів BIM технології обов'язково застосовуються при державному будівництві.

Переваги: стимулює масштабне впровадження, бо державні замовлення становлять значну частину ринку, що зумовлює перехід великої кількості проектів до використання BIM, сприяє ефективному використанню бюджетних коштів.

Недоліки: ризики для малих компаній, які не мають коштів для впровадження BIM технологій, через що державні замовлення розподіляються між великими компаніями. Може потребувати підвищення вартості проектів на початковому етапі впровадження.

4) Обов'язковий для будь-якого будівництва.

Суть: застосування BIM технологій обов'язкове для будівництва усіх об'єктів.

Переваги: повний перехід до використання BIM технологій, знижує вартість будівельних проєктів у перспективі.

Недоліки: ризики для малих компаній, які не мають коштів для впровадження BIM технологій, через що будівельний ринок розподіляється між великими компаніями. Може потребувати підвищення вартості проєктування на початковому етапі впровадження.

Всі країни розпочинали впровадження BIM технологій з добровільного застосування. Процес впровадження включає в себе такі елементи: створення робочої групи, яка включає в себе представників державних органів влади, бізнесу та громадськості, розробку необхідних змін для створення сприятливих умов для застосування BIM технологій, поділ на етапи впровадження та визначення бажаного рівня BIM на кожному з них, відбір пілотних проєктів, та процес створення нових учбових програм та напрямів для навчання або перекваліфікації працівників у області BIM.

Слід відзначити, що також існує багато методів, якими держава може сприяти використанню BIM технологій не тільки як замовник, а й ще як регулятор, створюючи не лише законодавчу базу для використання BIM технологій, а ще й працюючи над сприятливими умовами для переходу до використання BIM. Такими можуть бути певні податкові пільги, дотації, повернення частини коштів на придбане програмне забезпечення, безкоштовні навчальні програми, експертна підтримка, фінансування масштабної медійної підтримки тощо.

Будівництво за державним замовленням у більшості країн складає значну частину ринку. Тому процес впровадження обов'язкового застосування BIM для об'єктів, які будуються за державним замовленням потребує особливої уваги. В цьому напрямі слід відмітити різницю у напрямках реалізації пілотних проєктів за державні кошти:

- Інфраструктурні;
- Житлові споруди;
- нежитлові споруди.

Це дозволяє перевірити процес використання BIM технологій з огляду на тип об'єктів які планується будуватись державою найбільше, або які є пріоритетними для заощадження ресурсів та часу.

З урахуванням курсу України до євроінтеграції, буде більш доцільним йти перевіреним шляхом європейських BIM-лідерів і використовувати європейські стандарти, що значно пришвидшує та здешевшує процес впровадження, відкриває європейський ринок та сприяє залученню інвестицій. Також, досвід впровадження та застосування BIM за кордоном показує, що весь функціонал та переваги інформаційного моделювання не можна звести до якогось одного конкретного програмного продукту. Підлаштовувати взаємодію підприємств та держави під яке-небудь програмне забезпечення є непродуктивним рішенням. Саме тому треба сконцентруватися на оптимізації процесів проєктування, будівництва та експлуатації, на побудові нового рівня взаємодії між учасниками будівельних проєктів та на нормативно-правовій базі.

Згідно теорії подолання розриву Джеффри Мура, стосовно поширення BIM технології Україна, в цілому, знаходиться в групі більш пізнього поширення (у світовому масштабі). Це не є виключно негативним фактором, оскільки дозволяє користуватися вже набутим досвідом та уникнути критичних помилок, але треба намагатися потрапити до більш передових груп. В середині країни поширення

технологій відбудеться за таким самим принципом, який слід враховувати роблячи акцент на інноваторах та компаніях, які готові стати ранніми наслідувачами та просувачами новітніх технологій в будівельній галузі, зокрема BIM.

Передумови впровадження BIM в будівельному секторі.

Питання впровадження BIM технологій в Україні поступово назрівало протягом довгого часу, через початок процесу впровадження у європейських та сусідніх країнах, що спричинило зацікавленість у цих технологій українськими компаніями, частина з яких почала використовувати ці технології. Дивлячись на те, як BIM технології розвивають будівельну сферу та у відповідь на звернення зацікавленої спільноти експертів, що почала формуватись в Україні, представники Міністерства регіонального розвитку почали звертати увагу на це питання, роблячи заяви, щодо зацікавленості у впровадженні BIM технологій. Оптимальним є поєднання сильних сторін, що забезпечує впровадження BIM, з низкою можливостей для реалізації запланованих проєктів будівництва.

В сучасних реаліях вітчизняного будівельного девелопменту доцільним є узгодження системи девелопменту в будівництві з вимогами і стандартами, визначеними Project Management Institute. Це передбачає включення до складу інструментарію організації будівництва, окрім BIM-модулів, також і спеціальних візуальних компонент – «карт чутливості». Зазначені «карти» для формату даного дослідження доцільно представити у вигляді формалізованої (на ґрунті BIM-технологій) графоаналітичної візуалізації змін впливу окремих організаційних і технологічних характеристик проєкту на підсумкові результати циклу [9], [13], [14].

Сильні сторони:

- наявність доступних технологій та програмного забезпечення (щоправда, рівень ліцензування становить до 10-20%)
- існує активна спільнота BIM експертів, яка готова долучатися до процесів впровадження BIM в Україні (UA BIM Task Group розпочала свою діяльність з лютого 2019 р.)
- наявність фахівців (проєктувальники, інженери, тех. нагляд, і т.д.), які мають досвід роботи з BIM технологіями.
- наявність на теперішній час цілого ряду концептуальних та стратегічних напрацювань, досвіду (позитивного та негативного) інших країн, у тому числі Європи та СНД в рамках впровадження BIM, що є цінним джерелом для вивчення та аналізу
- підписана асоціація України з ЄС, яка сприяє інтеграції українського ринку до європейського, а у будівельній сфері цього неможливо зробити без впровадження BIM технологій
- наявність певних прагнень та державних ініціатив до цифровізації, інтеграції до європейських ринків, у тому числі і в будівельній галузі. В тому числі, визнання важливості процесу впровадження BIM технологій з боку представників Міністерства регіонального розвитку.
- наявність досвіду великих приватних компаній у використанні BIM-технологій при проєктуванні та будівництві об'єктів, а також наявність спеціалізованих компаній, працюючих на аутсорсі, що забезпечує наявність певних знань та досвіду роботи, як і з міжнародними стандартами ISO, так і з українськими нормами
- Великі компанії у відсутності законодавчого закріплення BIM вже використовують BIM технології для оптимізації процесів та економії коштів. Тому є

досвід у проектуванні та будівництві інфраструктурних об'єктів, нежитлових, і житлових об'єктів (цілий ряд великих житлових комплексів). Також наявність певного досвіду використання BIM технологій українськими державними організаціями.

- Прагнення державних органів до підвищення енергоефективності, важлива частина чого залежить від будівельної сфери
- законодавчі ініціативи, покликані сприяти цифровізації галузі
- Реалізація проекту з ЄС, в рамках якого співфінансується впровадження Дорожньої карти BIM “Допомога органам влади України в удосконаленні менеджменту циклом інфраструктурного проекту”. Надання нових можливостей суміжним областям: «розумні» цифрові міста та «інтелектуальні» енергосистеми, виробництво, кібербезпека, нові матеріали, тощо.

Можливості:

- Можливість українським компаніям отримавши досвід в Україні, виходити на європейські ринки
- Можливість оцифрування даних по всім будівельних об'єктах (BIM+GIS).
- Підвищення ефективності витрат державних коштів (інвестиції та експлуатація)
- Підвищення прозорості використання державних коштів
- Зниження вартості будівельних об'єктів
- Збільшення темпів реалізації будівельних проєктів.
- сприяння запровадженню управління життєвим циклом
- Зменшення впливу Зростання вартості енергоносіїв, за рахунок переходу на інформаційні технології проектування, будівництва та експлуатації із високим рівнем прогнозування та контролю.
- Суттєво сприяти підвищенню ефективності енергозбереження
- За галуззю знань “архітектура та будівництво” навчається 36 660 студентів (за 2018-2019 навчальний рік), що складає 3% від усієї кількості студентів України, а у 2019 р. було 7 247 випускників з вищих навчальних закладів за галуззю “архітектура та будівництво”, що потенційно дозволяє отримати велику кількість підготовлених кадрів при впровадженні програм з BIM технологій у закладах освіти.
- Потужний ринок ІТ в Україні, який оцінюється в \$5 млрд. та нараховує до 200 тис. спеціалістів, можливості якого можуть бути залучені до технічного супроводження процесів впровадження BIM
- Членство в ISO та афілійоване членство у CEN, що дозволяє у перспективі бути учасниками процесу розробки та вдосконалення стандартів.

Для усунення цих проблем та ефективного впровадження BIM, доречно використовувати досвід компаній, які вже працюють з цими технологіями. З цією метою має бути створена робоча група UA BIM Task Group, до якої входять представники державних органів, будівельних компаній та громадськості. Залучення усіх зацікавлених сторін та розподіл функцій між ними є першочерговими задачами для ефективного впровадження BIM технологій.

Список літератури:

1. Мазур І.І. Девелопмент нерухомості: справочник професіонала: уч.пособ. / І.І. Мазур, В.Д. Шапіро і др. – М.: Омега-Л, 2009. – 1035 с.
2. Лівінський О.М., Курок О.І., Дудар І.Н., Тонкачев Г.М., Бондаренко М.І., Хоменко О.Г., Савенко В.І., Ровенчак Т.Г., Потапова Т.Е., Шарапа С.П. Організація,

планування та управління в будівництві. Підручник. – К.: (УАН), «МП ЛЕСЯ», 2016. – 566 с.

3. Ушацький С.А. Організація будівництва/ С.А. Ушацький, Ю.П. Шейко, Г.М. Тригер та ін.; За редакцією С.А. Ушацького. Підручник. – К.: Кондор, 2007. – 521 с.

4. Гладка О.М. Стратегічні віхові рішення в проєктах девелопменту нерухомості: дис. ... канд. техн. наук: 05.13.22 / О.М. Гладка. – К: КНУБА, 2012. – 196 с.

5. Петрович Й.М. Управління діяльністю організаційно-виробничих систем: навч. посіб. / Й.М. Петрович. – К.: Знання, 2013. – 510 с.

6. Гриньова В.М., Салун М.М. Організація виробництва: підручник. – К.: Знання, 2009. – 582 с.

7. Чертков О.Ю. Будівельно-інжинірингові фірми як основа модернізації організації будівництва: дис. ... канд. техн. наук : 05.23.08 / О.Ю. Чертков. – К: КНУБА, 2007. – 192 с.

8. Концепція вправдження BIM Будівельного Інформаційного Моделювання в Україні" [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://docs.google.com/document/d/1YKha1ObXpFхYJa6C4I0n_Ydc0AJ34FхуEkwUsBejDI/edit

9. Кушнір С.І., Бондар О.А., Поколенко В.О., Якимчук І.М., Хоменко О.М. Застосування BIM-технологій для моделювання циклу будівельного проєкту та адміністрування його середовищем // Мости та тунелі: теорія, дослідження, практика, 2019, № 15. С. 26-33. <https://doi.org/10.15802/btrp2019/172376>

10. Eastman, C., Tiecholz, P., Sacks, R., & Liston, K. (2011). BIM Handbook: a Guide to Building Information Modeling for owners, managers, designers, engineers, and contractors. Hoboken.

11. Бондар О.А., Кочедикова А.Є. Удосконалення організаційно-економічної моделі інноваційної діяльності підприємства. *Управління розвитком складних систем*, 2015. 25(1), 75-77.

12. Буравлева А.Ф., Клипина Н. А., Крутилова М.О. Внедрение BIM-технологий в процесс проектирования и строительства объектов недвижимости. *Вестник научных конференций*, 2016. 10- 3(14), 36-39.

13. Кушнір С.І. BIM-компоненти вибору виконавців будівельних девелоперських проєктів. *Шляхи підвищення ефективності будівництва в умовах формування ринкових відносин*, 2014. 30(3), 34- 38.

14. Кушнір С.І. Адміністративні процедури BIM-технологій при реалізації будівельних проєктів. *Управління розвитком складних систем*, 2017. 29(2), 143-151.

References:

1. Mazur, I.I., Shapiro, V.D. et al. (2009). *Development nedvyzhymosty: spravochnyk profytsyonalna*. [Real estate development: a directory of professionals]. Omega-L. Moscow. Russia.

2. Livinsky, O.M., Kurok, O.I., Dudar, I.N., Tonkacheev, G.M., Bondarenko, M.I., Khomenko, O.G., Savenko, V.I., Rovenchak, T.G., Potapova, T.E., Sharapa, S.P. (2016). *Orhanizatsiya, planuvannya ta upravlinnya v budivnytstvi*. [Organization, planning and management in construction]. MP LESYA. Kyiv. Ukraine.

3. *Orhanizatsiya budivnytstva*. [Organization of construction]. (2007). In Ushatsky, S.A., Sheiko, Yu.P., Trigger, G.M. (ed.). Kondor. Kyiv. Ukraine.

4. Hladka, O.M. (2012). *Stratehichni vikhovi rishennya v proektakh developmentu nerukhomosti*. [Strategic milestones in real estate development projects]. Ph.D. Thesis: 05.13.22. KNUCA. Kyiv. Ukraine.

5. Petrovych Y.M. (2013). *Upravlinnya diyal'nistyu orhanizatsiyno-vyrobnychykh system*. [Management of organizational and production systems]. Znannya. Kyiv. Ukraine.
6. Hryn'ova, V.M., Salun, M.M. (2009). *Orhanizatsiya vyrobnytstva*. [Organization of production]. Znannya. Kyiv. Ukraine.
7. Chertkov, O.Yu. (2007). *Budivel'no-inzhynirnyhovi firmy yak osnova modernizatsiyi orhanizatsiyi budivnytstva*. [Construction and engineering firms as a basis for modernization of the construction organization]: Ph.D. Thesis: 05.23.08. KNUCA. Kyiv. Ukraine.
8. Kontseptsiya vpravadzhennya VIM Budivel'noho Informatsiynoho Modelyuvannya v Ukraini". [Concept of implementation of VIM Construction Information Modeling in Ukraine"]. Available at: https://docs.google.com/document/d/1YKha1ObXpFxyJa6C4I0n_Ydc0AJ34FxyEkwUsBeIjDI/edit
9. Kushnir, S.I., Bondar, O.A., Pokolenko, V.O., Yakymchuk, I.M., Khomenko, O.M. (2019). "Application of BIM-technologies for modeling of the construction project cycle and its administration by the environment". *Bridges and tunnels: theory, research, practice*. No. 15, pp. 26-33. <https://doi.org/10.15802/bttrp2019/172376>
10. Eastman, C., Tieholz, P., Sacks, R., & Liston, K. (2011). *BIM Handbook: a Guide to Building Information Modeling for owners, managers, designers, engineers, and contractors*. Hoboken.
11. Bondar, O.A., Kochedikova, A.E. (2015). "Improving the organizational and economic model of innovation of the enterprise". *Management of complex systems development*. 25 (1), pp. 75-77.
12. Buravleva, A.F., Klipina, H.A., Krutilova, M.O. (2016). "Introduction of BIM-technologies in the process of design and construction of real estate". *Vestnyk nauchnykh konferentsiy*. 10- 3 (14), pp. 36-39.
13. Kushnir, S.I. (2014). "BIM-components of the choice of executors of construction development projects". *Shliakhy pidvyshchennia efektyvnosti budivnytstva v umovakh formuvannia rynkovykh vidnosyn*, 30 (3), pp. 34- 38.
14. Kushnir, S.I. (2017). "Administrative procedures of BIM-technologies in the implementation of construction projects". *Management of complex systems development*, 29 (2), pp. 143-151.

А.А. Тугай, В.О. Поколенко, А.Д. Есипенко, А.В. Дубинка

Предпосылки и пути внедрения бим-концепции в строительной отрасли

Статья направлена на рассмотрение содержания информационного моделирования строительно-инвестиционных проектов путем совместного применения BIM-технологий (Building Information Modeling - информационное моделирование зданий) для полного жизненного цикла объектов строительства. Использование данного подхода при реализации инвестиционно-строительных проектов дает возможность детализировать проект для принятия своевременных решений на каждом этапе жизненного цикла проекта, от концепции будущего объекта до его эксплуатации.

Технологии информационного моделирования строительных объектов дают возможность определить и повысить уровень взаимодействия между участниками проекта и усовершенствовать организацию совместной работы между всеми участниками строительства. Для этого необходимы количественные и качественные преобразования, в том числе переход к информационному моделированию и в связанных со строительством направлениях, которые

способствуют более эффективному распределению инвестиций и формированию оптимальной стоимости проекта, решению задач наращивания объемов строительства и реализации масштабных инфраструктурных проектов в оптимальных сроках на государственном уровне.

Определение предпосылок и путей реализации BIM-концепции с оптимизацией бизнес процессов является актуальным и требует научного обоснования и внедрения изучения технологии информационного моделирования в учебном процессе для качественного и профессионального подхода к строительным проектам на практике.

Ключевые слова: BIM–технологии, модель организации и управления строительством, строительство, девелопмент, инвестиции.

A.A. Tugay, V.O. Pokolenko, A.D. Yesipenko, A.V. Dubinka

Background and ways to implement bim concept in the construction industry

The article is aimed at considering the content of information modeling of construction and investment projects through the joint application of BIM-technologies (Building Information Modeling - information modeling of buildings) for the full life cycle of construction objects. The use of this approach in the implementation of investment and construction projects makes it possible to detail the project in order to make timely decisions at every stage of the project life cycle, from the concept of a future facility to its operation.

Building information modeling technologies make it possible to determine and increase the level of interaction between project participants and improve the organization of collaboration between all construction participants. This requires quantitative and qualitative transformations, including the transition to information modeling and in areas related to construction, which contribute to a more efficient allocation of investments and the formation of the optimal project cost, solving the problems of increasing construction volumes and implementing large-scale infrastructure projects in optimal terms at the state level.

Determining the prerequisites and ways of implementing the BIM concept with the optimization of business processes is relevant and requires scientific substantiation and implementation of the study of information modeling technology in the educational process for a high-quality and professional approach to construction projects in practice.

Key words: BIM–technologies, model of organization and management of construction, construction, development, investments.

Посилання на статтю

APA: Tugay, A.A., Pokolenko, V.O., Yesipenko, A.D. & Dubinka, A.V. (2020). Background and ways to implement bim concept in the construction industry. *Shliakhy pidvyshchennia efektyvnosti budivnytstva v umovakh formuvannia rynkovykh vidnosyn*, 45, 166-184.

ДСТУ: Тугай О.А. Передумови і шляхи впровадження BIM-концепції в будівельній галузі [Текст] / О.А. Тугай, В.О. Поколенко, А.Д. Єсіпенко, О.В. Дубинка // Шляхи підвищення ефективності будівництва в умовах формування ринкових відносин. – 2020. – № 45. – С. 166-184.