

**КИЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
БУДІВНИЦТВА І АРХІТЕКТУРИ**

**АВТОМАТИЗАЦІЇ І ІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ**

---

(факультет)

**УПРАВЛІННЯ ПРОЄКТАМИ**

---

(кафедра)

**ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА  
ДО АТЕСТАЦІЙНОЇ РОБОТИ  
НА ЗДОБУТТЯ ОСВІТЬОГО СТУПЕНЯ МАГІСТР**

на тему:

**«УПРАВЛІННЯ ПРОЄКТАМИ БУДІВНИЦТВА З  
ВИКОРИСТАННЯМ BUILDING INFORMATION MODELING  
(BIM)»**

Виконав: студент 6 курсу, групи 122-КН-УП-1м  
122 «Комп'ютерні науки»,  
спеціалізація «Управління проєктами»  
(шифр і назва спеціальності, спеціалізації)

**Саражинський Ярослав Андрійович**

---

(прізвище, ім'я та по батькові студента повністю)

Робота містить результати власних досліджень. Використання ідей, результатів і текстів інших авторів мають посилання на відповідне джерело

---

(підпис, ініціали та прізвище здобувача)

Київ - 2023 р.

**КИЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
БУДІВНИЦТВА І АРХІТЕКТУРИ**

**АВТОМАТИЗАЦІЇ І ІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ**

\_\_\_\_\_  
(факультет)

**УПРАВЛІННЯ ПРОЄКТАМИ**

\_\_\_\_\_  
(кафедра )

**ЗАТВЕРДЖУЮ**

Завідувач кафедри

Д.т.н. \_\_\_\_\_ С.Д. Бушуєв

“ \_\_\_\_\_ “ \_\_\_\_\_ 20 23 року

**ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА  
ДО АТЕСТАЦІЙНОЇ РОБОТИ  
НА ЗДОБУТТЯ ОСВІТНЬОГО СТУПЕНЯ МАГІСТР  
«Управління проєктами будівництва з використанням Building  
information Modeling (BIM)»**

(назва )

Виконав студент групи 122-КН-УП-1м

Саражинський Ярослав Андрійович

(прізвище, ім'я та по батькові повністю)

Спеціальність: 122 –Комп'ютерні науки

Спеціалізація: Управління проєктами

Науковий керівник: Бушуєв Д.А.

(прізвище, ініціали)

Д. Т. Н., професор

(науковий ступінь, вчене звання)

Керівник проєктної частини: Бушуєв Д.А.

(прізвище, ініціали)

Д. Т. Н., професор

(науковий ступінь, вчене звання)

Рецензент: \_\_\_\_\_ **???**

(прізвище, ініціали,)

Д. Т. Н., професор

науковий ступінь, вчене звання

Київ – 2023 р.

**КИЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
БУДІВНИЦТВА І АРХІТЕКТУРИ**

Факультет: **Автоматизації та інформаційних технологій**

Кафедра: Управління проєктами

Освітній рівень: Магістр за освітньо-професійною програмою

Галузь знань: 12 – Інформаційні технології

Спеціальність: 122 – Комп'ютерні науки

Спеціалізація: «Управління проєктами»

**ЗАТВЕРДЖУЮ**

Декан факультету автоматизації і інформаційних технологій

Завідувач кафедри Бушуєв С.Д.

„\_\_\_” \_\_\_\_\_ 2023 року

**З А В Д А Н Н Я  
ДО ВИКОНАННЯ АТЕСТАЦІЙНОЇ РОБОТИ  
НА ЗДОБУТТЯ ОСВІТНЬОГО СТУПЕНЯ МАГІСТРА**

Саражинський Ярослав Андрійович

*(прізвище, ім'я та по батькові студента)*

1. Тема роботи «Управління проєктами будівництва з використанням Building information Modeling (BIM)»

затверджена наказом ректора КНУБА № \_\_\_\_\_ від «\_\_\_» \_\_\_\_\_ 2023 року

2. Науковий керівник

Бушуєв Денис Антонович, доктор технічних наук, професор

*(прізвище, ім'я та по батькові, науковий ступінь, вчене звання)*

3. Строк подання студентом роботи до захисту 14.12.2023 р.

4. Зміст пояснювальної записки:

Вступ. *(Актуальність теми, мету і завдання та об'єкт і предмет дослідження)*

Розділ 1. ТЕОРЕТИЧНІ АСПЕКТИ ВИКОРИСТАННЯ BIM В БУДІВНИЦТВІ

*(Назва розділу)*

Розділ 2. МЕТОДОЛОГІЇ ТА ІНСТРУМЕНТИ ВПРОВАДЖЕННЯ BIM В УПРАВЛІННІ ПРОЄКТАМИ

*(Назва розділу)*

Розділ 3. АСПЕКТИ УПРАВЛІННЯ ПРОЄКТАМИ З ВИКОРИСТАННЯМ BIM

*(Назва розділу)*

Розділ 4. ПЕРСПЕКТИВИ РОЗВИТКУ ВИКОРИСТАННЯ BIM В УПРАВЛІННІ БУДІВЕЛЬНИМИ ПРОЄКТАМИ

*(Назва розділу)*

5. Графічні матеріали за розділами :

Діаграми та схеми, візуалізації BIM моделей, порівняльні графіки.

## 6. Календарний план виконання роботи:

Види робіт та їх зміст	Дата виконання
Збір матеріалів обраного напрямку роботи	22.09.2023
Опрацювання та аналіз матеріалів роботи	29.09.2023
Вступ	01.10.2023
Розділ 1. Теоретичні аспекти використання ВІМ у будівництві	08.11.2023
Розділ 2. Методології та інструменти впровадження ВІМ в управлінні проєктами	15.11.2023
Розділ 3. Практичний досвід використання ВІМ у конкретних будівельних проєктах	20.11.2023
Розділ 4. Перспективи розвитку використання ВІМ в управлінні будівельними проєктами	25.12.2023
Висновки	01.12.2023
Остаточне оформлення роботи	02.12.2023
Перевірка роботи на плагіат	04.12.2023
Попередній захист роботи на кафедрі	14.12.2023
Захист роботи	19.12.2023

## 7. Консультанти розділів атестаційної випускної роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Перевірів	
		дата	підпис
Розділ 1.			
Розділ 2.			
Розділ 3.			
Розділ 4.			

8. Дата видачі завдання 22.09.2023 р.

Зав. кафедри

\_\_\_\_\_

(підпис)

С.Д.Бушуєв

(прізвище та ініціали)

Наук. керівник

\_\_\_\_\_

(підпис)

Д.А.Бушуєв

(прізвище та ініціали)

Студент

\_\_\_\_\_

(підпис)

Я.А.Саражинський

(прізвище та ініціали)

<b>РЕЗЮМЕ (summary)</b> до атестаційної випускної роботи студента: <b>Саражинського Ярослава Андрійовича</b>			
<b>ЗВО</b>	Київський національний університет будівництва і архітектури		
<b>Тема</b>	Управління проектами будівництва з використанням Building Information Modeling (BIM)		
<b>Освітній ступень</b>	Магістр за освітньо-науковою програмою навчання		
<b>Факультет</b>	Автоматизації і інформаційних технологій		
<b>Кафедра</b>	Управління проектами		
<b>Спеціальність</b>	122 «Комп'ютерні науки»		
<b>Спеціалізація</b>	Управління проектами		
<b>Наук. керівник</b>	док. Техн., наук Бушуєв Денис Антонович		
<b>Обсяг роботи:</b>	<i>пояснювальна записка, стор.</i>	<i>розділів</i>	<i>Слайдів презентації</i>
	100	4	<b>15</b>
<b>Розділ 1. ТЕОРЕТИЧНІ АСПЕКТИ ВИКОРИСТАННЯ BIM В БУДІВНИЦТВІ</b>	<p>Розділ включає в себе визначення та еволюцію BIM, та присвячено вивченню та узагальненню концепцій, принципів та теоретичних засад, пов'язаних із використанням Building Information Modeling (BIM) в будівництві. В аналізі цього розділу розглядаються ключові поняття BIM, його визначення та еволюція, що встановлює теоретичний фундамент для подальшого вивчення практичних аспектів використання технології у будівельних проектах. Основні теоретичні аспекти включають в себе розгляд поняття BIM як інтегрованої системи, що об'єднує в собі інформацію про всі аспекти життєвого циклу будівлі. Також аналізується ефективність використання BIM в процесах планування, проектування та будівництва, а також його роль у поліпшенні співпраці між різними учасниками будівельного процесу.</p> <p>Також у цьому розділі розглядаються основні теоретичні засади взаємодії різних структур і учасників будівельного процесу в умовах використання BIM. Аналізується роль цифрового представлення будівельної інформації у вирішенні завдань управління проектами та оптимізації ресурсів.</p>		

<p><i>Розділ 2. МЕТОДОЛОГІЇ ТА ІНСТРУМЕНТИ ВПРОВАДЖЕННЯ BIM В УПРАВЛІННІ ПРОЄКТАМИ</i></p>	<p>У розділі аналізуються різні методології та підходи до імплементації BIM, включаючи стандарти та рекомендації, спрямовані на досягнення оптимальної ефективності в управлінні проектами.</p> <p>У розділі розкривається значущість визначення мети та завдань впровадження BIM перед початком проекту. Також досліджуються інструменти, що використовуються для створення та обробки BIM-моделей, а також їхні взаємодії з іншими системами та технологіями у сфері будівництва.</p> <p>Важливий компонент розділу — розгляд аспектів навчання та підготовки персоналу для ефективного використання BIM. Було досліджено та проаналізовано інструментальну базу, необхідну для успішного впровадження BIM, і визначено ключові кроки, що сприяють залученню команди та підготовці до змін у методах роботи.</p> <p>Розділ також формує теоретичну основу та практичний підхід до використання BIM у контексті управління будівельними проектами, що дозволяє здобути глибоке розуміння стратегій та засобів використання цієї технології для досягнення успішних результатів у будівельному секторі.</p>
--	---

<p><i>Розділ 3 АСПЕКТИ УПРАВЛІННЯ ПРОЄКТАМИ БУДІВНИЦТВА З ВИКОРИСТАННЯМ BIM</i></p>	<p>У цьому розділі проведено аналіз ключових визначень, стратегій та викликів, пов'язаних із впровадженням Building Information Modeling (BIM) в управління будівельними проектами. Розглядаються практичні аспекти використання цифрової моделі будівлі для оптимізації процесів у всіх етапах проекту. У розділі детально аналізуються взаємодія різних учасників процесу будівництва через призму BIM та їхні ролі у досягненні спільних цілей. Розглядається вплив BIM на комунікацію та співпрацю між архітекторами, інженерами, замовниками та підрядниками, а також на результативність проекту в цілому.</p> <p>Також розглядаються аспекти управління ризиками та планування проектів з використанням BIM. Автор дослідження розкриває можливості зменшення конфліктів та невідповідностей завдяки точній інформації, що надається цифровою моделлю будівлі.</p> <p>Загальний висновок розділу полягає в тому, що використання BIM управлінням будівельними проектами визначає нові стандарти ефективності та співпраці, підсилюючи можливості управлінського процесу та сприяючи досягненню високих показників якості та успішності в реалізації будівельних проектів.</p>
---	--

<p><i>Розділ 4. ПЕРСПЕКТИВИ РОЗВИТКУ ВИКОРИСТАННЯ ВІМ В УПРАВЛІННІ БУДІВЕЛЬНИМИ ПРОЕКТАМИ</i></p>	<p>Розділ представлено основну частину дослідження, спрямовану на прогнозування та аналіз майбутнього розвитку використання ВІМ в управлінні будівельними проектами. Дослідження охоплює широкий спектр тем, що включають технологічні інновації, методологічні зміни та визначення стратегічних напрямків для вдосконалення ефективності управління будівельними проектами.</p> <p>Розглядаються перспективи розвитку технологій ВІМ та їхні можливості в контексті майбутніх вимог до управління будівельними проектами. Аналізуються нові тенденції в сфері програмного забезпечення для ВІМ, включаючи можливості інтеграції з іншими технологіями, такими як штучний інтелект та Інтернет речей.</p> <p>Окрема увага приділяється аспектам навчання та підготовки фахівців, що дозволяє професіоналам галузі адаптуватися до швидкозмінюючого середовища та ефективно використовувати нові можливості, які пропонує технологія ВІМ.</p> <p>Загалом, розділ охоплює широкий спектр питань, включаючи еволюцію ВІМ в управлінні будівельними проектами, стратегічні перспективи впровадження нових функцій та інструментів, а також роль ВІМ у вдосконаленні стандартів якості та ефективності у будівельній галузі та її законодавче впровадження в Україні.</p>
---	--

*Висновки по роботі:*

1. У висновках представлено практичні переваги та перспективи технології BIM в будівельних проєктах. Дослідження вказує на те, що використання BIM суттєво покращує ефективність управління проєктами, забезпечуючи точність та інтеграцію інформації на всіх етапах життєвого циклу будівлі.

2. У висновках підкреслюється роль BIM у поліпшенні співпраці між різними учасниками будівельного процесу, що призводить до зменшення конфліктів та оптимізації виробничих процесів. Важливим аспектом є інтеграція BIM у методології управління проєктами, що дозволяє уникнути зайвих витрат та збільшити прогнозованість та контроль над проєктами.

3. Висвітлено потенціал BIM у поліпшенні якості будівельних проєктів, зменшенні ризиків та підвищенні конкурентоспроможності компаній у галузі. Дослідження дозволяє визначити важливі аспекти навчання та підготовки персоналу для успішного впровадження BIM, а також визначити перспективи розвитку цієї технології в майбутньому.

4. Загалом, висновки наголошують на важливості інтеграції BIM в сучасне управління будівельними проєктами та визначають його ключовий внесок у покращення продуктивності та якості в галузі будівництва.

**Ключові слова:** Building Information Modeling (BIM) ; управління проектами; будівельна індустрія ; цифрова трансформація ; ефективність управління ; інтеграція BIM ; співпраця учасників проекту ; ефективність використання ресурсів ; зменшення ризиків ; інженерія та дизайн будівель з використанням BIM ; IT-технології у будівництві .

**Keywords:** Building Information Modeling (BIM); project management; construction industry; digital transformation; management efficiency; BIM integration; cooperation of project participants; efficiency of resource use; risk reduction; engineering and design of buildings using BIM; IT technologies in construction.

Укладач: \_\_\_\_\_ /Саражинський Я.А./  
(прізвище та ініціали)

Наук. керівник: \_\_\_\_\_ /Бушуєв Д.А./  
(прізвище та ініціали)

## ЗМІСТ

ВСТУП.....	11
РОЗДІЛ 1.ТЕОРЕТИЧНІ АСПЕКТИ ВИКОРИСТАННЯ ВІМ В БУДІВНИЦТВІ..	15
1.1. Визначення та основні принципи ВІМ.....	15
1.2. Розвиток та застосування ВІМ в будівництві.....	19
1.3. Вплив ВІМ на управління будівельними проектами.....	23
Висновки до розділу 1.....	28
РОЗДІЛ 2. МЕТОДОЛОГІЇ ТА ІНСТРУМЕНТИ ВПРОВАДЖЕННЯ ВІМ В УПРАВЛІННІ ПРОЄКТАМИ .....	30
2.1. Програмне забезпечення ВІМ та його можливості.....	30
2.2. Методи та стратегії впровадження ВІМ у будівельних проєктах.....	34
2.3. Взаємодія різних учасників процесу будівництва через ВІМ.....	43
Висновки до розділу 2.....	50
РОЗДІЛ 3.АСПЕКТИ УПРАВЛІННЯ ПРОЄКТАМИ БУДІВНИЦТВА З ВИКОРИСТАННЯМ ВІМ.....	52
3.1. Статут управління проектами з використанням ВІМ .....	52
3.2. Структури декомпозиції проєкту в системі ВІМ.....	61
3.3. Планування та моніторинг виконання проєкту з використанням ВІМ....	63
Висновки до розділу 3.....	67
РОЗДІЛ 4. ПЕРСПЕКТИВИ РОЗВИТКУ ВИКОРИСТАННЯ ВІМ В УПРАВЛІННІ БУДІВЕЛЬНИМИ ПРОЄКТАМИ .....	69
4.1. Потенціал та рекомендації впровадження ВІМ для покращення управління будівельними проектами .....	69
4.2. Виклики, перешкоди та перспективи в роботі менеджерів при впровадженні ВІМ.....	75

4.3. Врахування змін до нормативної бази та вплив на методи управління проектами в будівництві.....	80
Висновки до розділу 5.....	87
ВИСНОВКИ.....	90
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	92
ДОДАТКИ.....	95

## ВСТУП

Тему наукової роботи присвячено вивченню та аналізу сучасних стратегій та методів управління будівельними проектами з використанням інноваційної технології Building Information Modeling. У світі будівельні проекти стають все більш складними та об'ємними, впровадження BIM в управління проектами створює новий стандарт для ефективності та точності в на проміжку усього циклу життя будівельного об'єкту.

В роботі буде проведено аналіз сучасного стану будівельної галузі та викликів, з якими вона зіштовхується. Визначено тенденції, які задають новий рівень складності проектів та необхідність удосконалення методів управління для досягнення успіху в цьому динамічному середовищі. Вивчено потенційні вигоди використання BIM у будівельних проектах, такі як підвищення ефективності, точності та зменшення ризиків, також заплановано проаналізувати можливі виклики та перешкоди, з якими можуть зіштовхуватись організації під час впровадження цієї технології.

Впровадження BIM має велику соціальну та економічну значущість досліджуваної теми. Вивчення та вдосконалення впровадження BIM може вплинути на суспільство, сприяти розвитку будівельної індустрії, та стати кроком до сталого розвитку.

### **Актуальність теми:**

На сучасному етапі розвитку будівельної галузі, BIM стає ключовим інструментом для оптимізації та вдосконалення управління проектами. Ця технологія дозволяє збирати, аналізувати та спільно використовувати інформацію в режимі реального часу, сприяючи зменшенню ризиків, ефективному використанню ресурсів та підвищенню якості будівельних проектів.

### **Мета дослідження:**

Метою даного дослідження є систематизація та аналіз досвіду впровадження BIM у управління будівельними проектами, визначення його

переваг та викликів, а також розробка рекомендацій для оптимального використання цієї технології в різних етапах проектного циклу.

**Об'єкт та предмет дослідження:**

Об'єктом дослідження є будівельні проекти, а предметом - впровадження BIM в управління ними. Основну увагу у дослідженні буде сконцентровано на аналізі впливу використання BIM на ефективність управління проектами та вдосконалення якості будівництва.

**Методологія дослідження:**

Для досягнення мети дослідження буде використано комбінацію аналізу, вивчення конкретних випадків впровадження BIM у будівельні проекти, та аналізу ефективності цього впровадження. Крім того, буде проведено порівняльний аналіз традиційних та BIM-орієнтованих методів управління проектами для отримання повноцінного порівняльного обґрунтування.

В результаті дослідження передбачається надання практичних рекомендацій для фахівців з управління проектами та будівельників щодо ефективного впровадження BIM в їхню роботу. Дана робота спрямована на поглиблене розуміння впливу цифрової трансформації на будівельну галузь та визначення шляхів підвищення результативності управління будівельними проектами за допомогою BIM-технології.

**Наукова новизна** полягає у:

- Дослідженні способів, якими BIM може бути ефективно інтегровано в сучасні підходи до управління будівельними проектами. Розгляд аспектів використання BIM для оптимізації планування, виконання та контролю проектів.
- Оцінка конкретного впливу використання BIM на різні етапи управління проектами, включаючи планування, співпрацю, контроль вартості, подальшу експлуатацію будівлі та терміни виконання робіт.
- Вивчення передових стратегій та методів управління проектами, що базуються на використанні BIM. Аналіз та порівняння цих стратегій з традиційними підходами.

- Аналіз конкретних переваг та викликів, які виникають при впровадженні BIM в управління будівельними проектами. Визначення оптимальних стратегій подолання можливих труднощів.
- Надання конкретних рекомендацій для фахівців у сфері управління проектами та будівництва щодо ефективного використання BIM. Розробка практичних керівництв та інструментів.
- Дослідження конкретних будівельних проектів, де було впроваджено BIM в управління, з метою визначення позитивних та від'ємних аспектів цього впровадження.

### **Практична цінність**

Полягає у розробці стратегій методів управління будівельними проектами з використанням BIM, що дозволить підвищити ефективність та точність управління, зменшити ризики та покращити якість будівництва .

### **Структура та обсяг роботи**

Робота включає чотири розділи. Кожний розділ має три параграфи, після висновків розміщено список використаних джерел.

## РОЗДІЛ 1. ТЕОРЕТИЧНІ АСПЕКТИ ВИКОРИСТАННЯ BIM В БУДІВНИЦТВІ

### 1.1 Визначення та основні принципи BIM

BIM — це абревіатура від Building Information Modeling або Building Information Management. Це спільний процес, який дозволяє архітекторам, інженерам, забудовникам нерухомості, підрядникам, кошторисникам, виробникам та іншим професіоналам у сфері будівництва планувати, проєктувати, контролювати процес, визначати проблемні питання, керувати об'єктом в процесі експлуатації в одній 3D-моделі[2]. Він також може охоплювати експлуатацію та управління будівлями з використанням даних, до яких власники будівель або споруд мають доступ (отже, управління інформацією про будівлі). Ці дані дозволяють власникам нерухомості, або їх представникам приймати обґрунтовані рішення на основі інформації, отриманої з моделі, навіть після того, як будівлю було введено в експлуатацію.

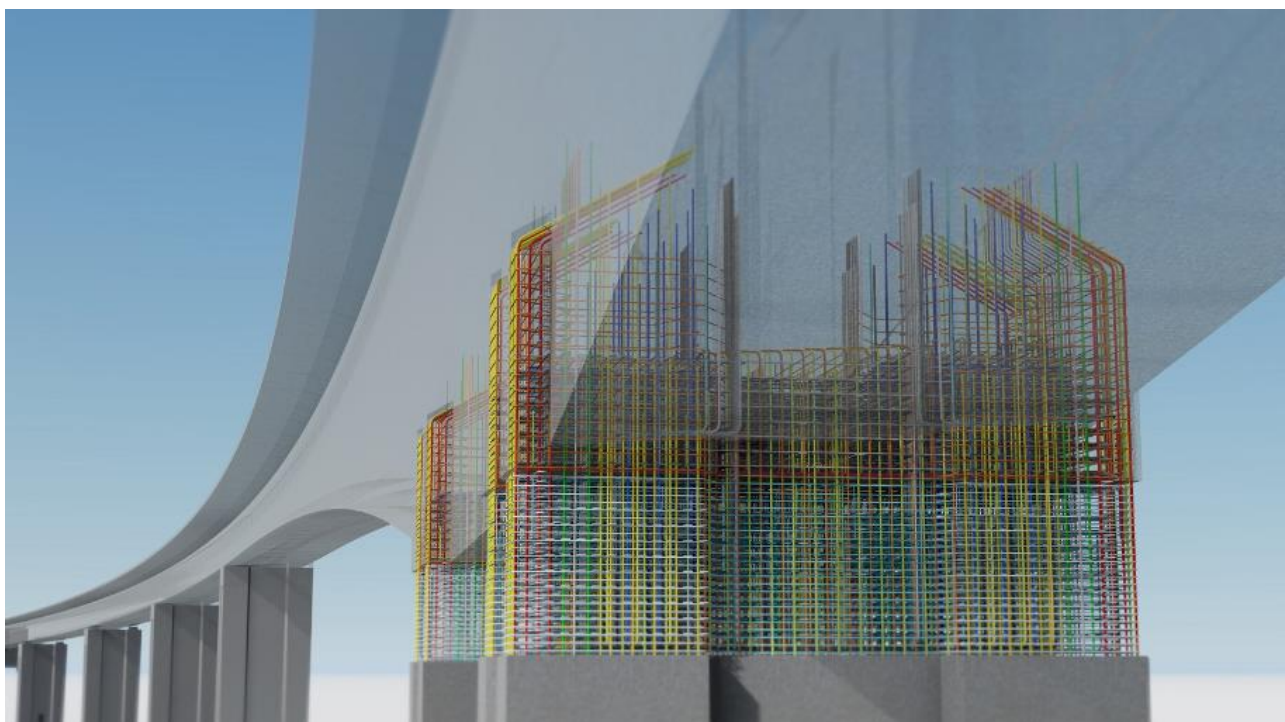


Рис1.1.1.Моделювання в'язки арматури мостового переходу[2].

На Рис1.1.1 зображено схему армування пілону мостової конструкції де

кольором відображено напруження та перетини арматури, в ході експлуатації при виникненні необхідності наприклад створення отвору для прокладки інженерних мереж завдяки 3-Д моделі можна визначити місце найменшої концентрації армування для виконання необхідного отвору, або проєктування конструкцій посилення пілону для виконання отвору.

Основні принципи BIM включають:

- Інтеграція та спільна робота.

BIM допомагає поєднувати в одному файлі спільну роботу між різними галузями (архітектура, інженерія, будівництво) та учасниками будівельного процесу. Усі дані інтегруються в єдиний цифровий модельний простір.

- Зберігання даних на хмарі.

BIM використовує централізовану базу даних, яка містить інформацію про кожен етап життєвого циклу будівлі. Це дозволяє здійснювати зміни та аналізувати інформацію в реальному часі.

- 3D-Моделювання та просторова координація.

BIM включає тривимірне моделювання, яке дає можливість створювати віртуальні 3D-моделі будівлі. Це полегшує визначення просторових конфліктів та взаємодії між різними системами.

- Автоматизована документація.

BIM автоматизує процес створення документації, такої як плани, розрізи, специфікації тощо. Інформація витягається безпосередньо з централізованої бази даних, що зменшує ризик помилок та колізій.

- Аналіз та Симуляція.

BIM дозволяє проводити аналіз та симуляції різних аспектів будівництва, такі як енергоефективність, стійкість до землетрусів, вентиляція тощо, що допомагає вдосконалити дизайн та функціональність будівлі.

- Життєвий цикл будівлі.

BIM охоплює весь життєвий цикл будівлі, від початку її створення до експлуатації та обслуговування. Це забезпечує ефективне управління будівлею на проміжку всього її існування.

- Стандарти та протоколи.

Використання стандартів та протоколів забезпечує сумісність між різними програмними засобами та забезпечує спільність обміну інформацією в процесі спільної роботи.

Додаткові принципи можуть включати ефективне використання ресурсів, гнучкість в дизайні для стійкості до змін, інтеграцію новітніх технологій, забезпечення безпеки та управління «здоров'ям» на будівельному майданчику, підвищення співпраці та комунікації, планування ресурсів, інтеграцію управління будівлею після завершення будівництва. Ці принципи спрямовані на поліпшення якості, ефективності та управління будівельним процесом в усіх його стадіях.

Ці принципи допомагають підвищити ефективність та точність будівельного процесу, зменшити помилки та забезпечити більш ефективне використання ресурсів на різних етапах життєвого циклу будівлі. Ефективне використання технології BIM також передбачає акцент на вдосконалення та аналіз роботи, забезпечення інноваційного підходу та управління технологічним прогресом.

Важливими також є засоби для забезпечення безпеки на будівельних майданчиках та врахування соціальних і культурних аспектів у впровадженні будівельних рішень. Комунікація та співпраця в процесі різних учасників будівництва мають бути на високому рівні, а впровадження засобів управління будівлею після завершення дозволяє ефективно управляти та підтримувати об'єкт в експлуатації. Ці доповнення допомагають створити повний цикл розумного та ефективного управління життєвим циклом будівлі на всьому проміжку часу.

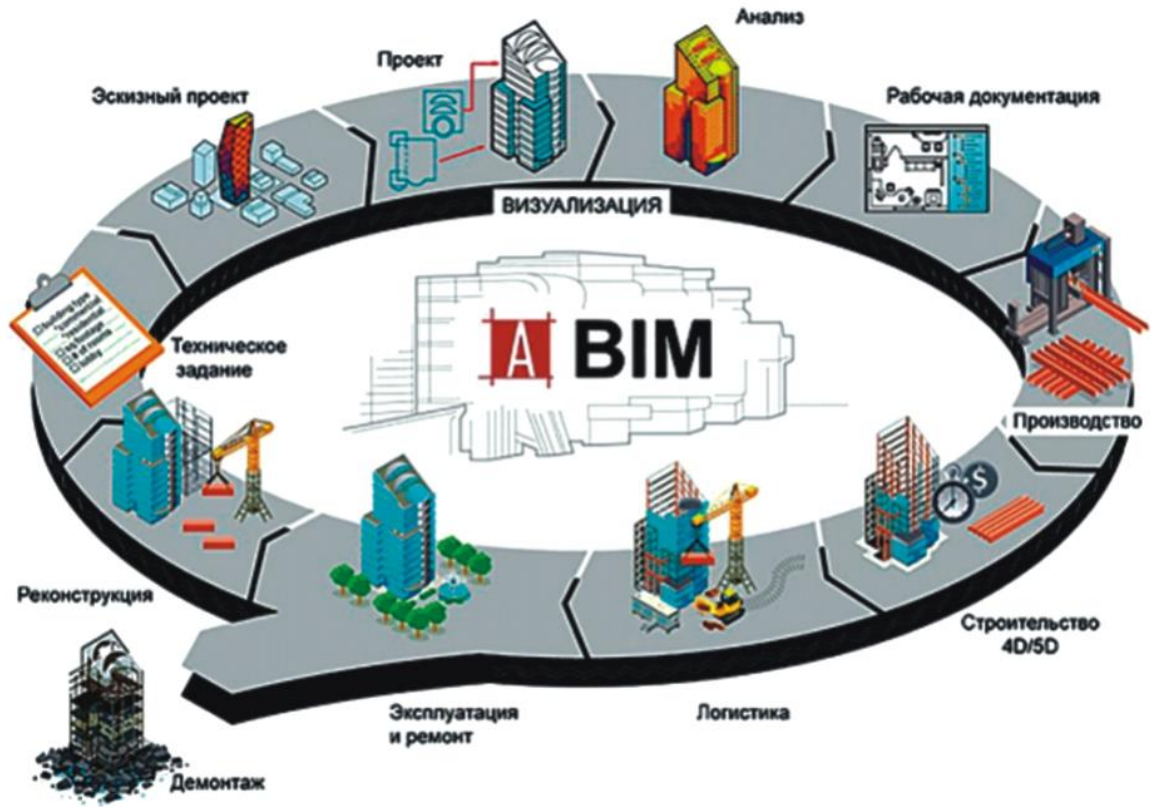


Рис1.1.2.Житєвий цикл будівлі[16].



Рис1.1.3.Житєвий цикл об'єкту нерухомості[1].

## 1.2 Розвиток та застосування BIM в будівництві

BIM використовується в будівництві для розробки, будівництва та управління проектами. Він полегшує співпрацю між учасниками процесу та координує роботи на будівельних майданчиках. Після завершення проекту BIM використовується для управління будівлею та для виконання обслуговування. Технологія допомагає оптимізувати використання ресурсів, забезпечує аналіз та симуляцію різних етапів будівельного процесу. Вона також покращує візуалізацію проектів, полегшуючи взаємодію з клієнтами та зацікавленими сторонами. Застосування BIM виходить за межі традиційного будівельного циклу, допомагаючи створити ефективні та точні рішення на всіх етапах будівельного процесу.

Сучасний розвиток інформаційних технологій призвів до появи принципово нового підходу в архітектурно-будівельному проектуванні, що полягає у створенні комп'ютерної моделі нової будівлі, яка охоплює усі відомості про майбутній об'єкт. Поняття інформаційного моделювання будівлі як засіб її параметризації було вперше запропоновано професором Технологічного інституту Джорджії Чаком Істманом (Chuck Eastman) у 1975 році в журналі Американського Інституту Архітекторів (AIA) під робочою назвою «Building Description System» (Система опису будівлі) [1].

Наприкінці 1970-х - на початку 1980-х ця концепція розвивалася паралельно в Європі і США, причому в США найчастіше вживався термін «Building Product Model», а в Європі (особливо у Фінляндії) - «Product Information Model». При цьому слово Product підкреслювало першочергову орієнтацію уваги дослідників на об'єкт проектування, а не на процес. Об'єднання цих двох назв і привело до народження «Building Information Model» [1]. Паралельно в розробці підходів до інформаційного моделювання будівель європейцями в середині 1980-х застосовувалися німецький термін «Bauinformatik» і голландський «Gebouwmodel», які в перекладі також відповідали англійському «Building

Model» або «Building Information Model» [1]. Ці концептуальні підходи супроводжувалися напрацюванням єдиного наповнення використовуваних понять, що в результаті і призвело в 1992 році до появи в науковій літературі терміну «Building Information Model» у його нинішньому змісті.

Трохи раніше, у 1986 році, англієць Роберт Ейш (Robert Aish), у той час творець програми RUCAPS, потім протягом тривалого періоду співробітник «Bentley Systems», який нещодавно перейшов у «Autodesk», у своїй статті вперше використав термін «Building Modeling» в його нинішньому розумінні як інформаційного моделювання будинків. Тоді він уперше сформулював основні принципи такого інформаційного підходу в проектуванні: тривимірне моделювання; автоматичне отримання креслень; інтелектуальна параметризація об'єктів; відповідні об'єктові бази даних; розподіл процесу проектування за тимчасовими етапами тощо.

Роберт Ейш проілюстрував новий підхід у проектуванні: прикладом успішного застосування комплексу моделювання будинків в ПК RUCAPS є проект реконструкції «Терміналу 3» лондонського аеропорту «Хітроу». Цей досвід - перший випадок використання технології BIM у світовій проектно-будівельній практиці [1].

Термін BIM (Building Information Modeling) вперше з'явився у 1992 р. у роботі G.A. van Nederveen і F.P. Tolman з Нідерландів [2]. Приблизно із 2002 р. концепцію Building Information Model перейняли розробники програмного забезпечення, зробивши це поняття одним із ключових у своїй термінології. Невдовзі BIM було узято на озброєння Bentley Systems, Autodesk и Graphisoft та ін. Надалі аббревіатура BIM увійшла до лексики фахівців із систем автоматизованого проектування і набула широкого розповсюдження в усьому світі.

BIM може використовуватися як для позначення безпосередньо самої інформаційної моделі будівлі, так і для процесу інформаційного моделювання.

Наприклад, компанія Graphisoft - автор широко розповсюдженого пакета ArchiCAD, запровадила термін VB (Virtual Building) - віртуальна будівля, який по суті є BIM. Іноді можна зустріти схоже за значенням словосполучення *електронне будівництво* (e-construction). Wikipedia визначає BIM як процес генерації та управління даними єдиної інфраструктури впродовж її життєвого циклу, що відбувається із використанням спеціального програмного забезпечення динамічного моделювання будівель у тривимірному просторі та реальному часі, з метою зменшення втрат часу та ресурсів у проектуванні та будівництві. Цей процес відбувається у інформаційній моделі інфраструктури (також позначеній BIM), що включає в себе геометрію будівлі, просторові відношення, географічну інформацію, а також кількість та властивості компонентів інфраструктури тощо.

Технологія Building Information Modeling (BIM) знаходить широке застосування в будівництві та інших суміжних галузях.

Основними областями застосування BIM є:

- Використання для проектування та розробки тривимірних моделей будівлі та інфраструктури, що дозволяє детально розробляти та візуалізувати проект.
- На будівництві та виробництві сприяє координації робіт, управлінню ресурсами, плануванню та моніторингу робіт.
- Для управління проектами, BIM допомагає зменшити ризики та вдосконалити комунікації між учасниками.
- Після завершення будівництва BIM використовується для ефективного управління об'єктом, виконання обслуговування та планування ремонтних робіт.
- Для архітектурного та просторового планування, що допомагає архітекторам та містобудівникам оптимізувати дизайн та просторове планування, забезпечуючи оптимальне використання простору.

- Можа використовувється для інтеграції інженерних систем та аналізу енергоефективності будівель на різних етапах проекту.
- Він може бути інтегрований з геопросторовою інформацією для аналізу впливу будівельних проектів на оточуюче середовище.
- BIM можна використовувати для навчання майбутніх фахівців будівельної галузі та розвитку їхніх навичок у віртуальному середовищі. Застосування BIM виходить за межі традиційного будівельного процесу, дозволяючи створювати більш точні та ефективні проекти, зменшуючи помилки та оптимізуючи використання ресурсів.

Інформаційне моделювання будівель — це спільний процес планування, проектування, будівництва та управління будівлею. Це ідея обміну даними за допомогою стандартів. В ідеалі процес BIM використовує централізовану цифрову 3D-модель будівлі (модель BIM) як основний ресурс. Кожен учасник будівництва вносить дані в модель і має доступ до даних, створених іншими. На цьому етапі модель BIM складається з менших компонентів (об'єктів BIM), таких як двері, стіни, обладнання тощо. [3].

Об'єкти BIM, які часто розглядаються як прості 3D-креслення САПР, є набагато складнішими у застосуванні та пропонують більшу гнучкість і оперативне використання. Кожен компонент BIM, створений як окремий об'єкт, діє як окремий елемент у будівлі, і при завантаженні в модель проекту дозволяє користувачеві побачити взаємозв'язок цього компонента з іншими елементами конструкції; наприклад, об'єкт обертових дверей матиме свої індивідуальні вимірювання, завантажені в модель. Потім програмне забезпечення попередить користувача, якщо розмір об'єкта перевищує його структурний отвір або порушує інші обмеження. [3].

Створення прототипу проекту в BIM допоможе підвищити ефективність на етапі планування, оскільки запобігає можливим помилкам у проекті а в подальшому можливим конфліктам на будівельному майданчику . Завдяки BIM-об'єктам архітекторам і дизайнерам стає простіше та швидше розуміти і

впроваджувати засоби керування об'єктами, автоматизувати різні елементи. Після завершення будівництва інформація може служити кінцевому власнику будівлі або постачальнику технічного обслуговування, оскільки всі продукти можна чітко ідентифікувати та вказувати, коли потрібне обслуговування.

### **1.3 Вплив BIM на управління будівельними проєктами**

BIM надає можливість створювати єдину цифрову модель, яка доступна всім учасникам, від архітекторів та інженерів до підрядників та замовників. Це сприяє ефективній комунікації, вчасному обміну інформацією та зменшенню ризиків, пов'язаних із невірним розумінням вимог. Крім того, BIM полегшує планування та координацію проєктів. Завдяки цифровій моделі, менеджерам проєктів легше визначати та вирішувати конфлікти ще на етапі проєктування, що сприяє підвищенню якості та ефективності робіт.

Використання BIM також дозволяє управляти ресурсами та витратами більш ефективно. Менеджери можуть отримати доступ до детальної інформації щодо матеріалів, робочих процесів та трудовитрат, що дозволяє точніше планувати бюджет та ресурси. Більшість сучасних інструментів BIM також підтримують системи моніторингу та аналізу прогресу проєктів в реальному часі. Це дозволяє менеджерам швидко реагувати на будь-які зміни у робочих процесах, уникати затримок та забезпечувати дотримання термінів виконання. Застосування BIM сприяє також підвищенню стандартів безпеки та зменшенню ризиків на будівельних майданчиках. Цифрова модель дозволяє аналізувати та передбачати можливі конфлікти та небезпеки, що сприяє створенню безпечних робочих умов.

Але важливо вірно підібрати рівень глибини пропрацювання BIM для кожного конкретного проєкту для уникнення витрати зайвого часу для виконання непотрібної роботи. Для різних типів проєктів можна досягти різних рівнів BIM. Кожен рівень представляє окремий набір критеріїв, який демонструє

певний рівень «якості». Рівні BIM починаються з 0 і переходять до 4D, 5D і навіть 6D BIM. Мета цих рівнів — оцінити, наскільки ефективно або скільки інформації передається та управляється протягом усіх процесів проектування та життєвого циклу будівлі [2].

Щоб визначити під який проєкт який рівень опрацювання BIM необхідно використати потрібно більш детально ознайомитись з ними:

- Рівень 0 BIM: паперові креслення та нульова співпраця. Рівень 0 BIM означає відсутність спільної роботи взагалі. Якщо команда використовує 2D CAD і працює з кресленнями та/або цифровими відбитками, це означає, що вони перебувають на рівні 0. Нажаль сьогодні значна частина спеціалістів, а особливо інженерів та конструкторів перебуває на цьому рівні, та далеко не кожен професіонал у цій галузі має достатньо BIM навчання та деякі проєкти не включають використання BIM у специфікаціях контракту.

- Рівень 1 BIM: 2D будівельні креслення та незначна частина 3D моделювання. Використання 3D CAD для концептуальної роботи, але 2D для складання виробничої інформації та іншої документації, ймовірно, означає, що ви працюєте на рівні 1 BIM. На цьому рівні стандарти наприклад САПР керуються стандартом BS 1192:2007, а електронний обмін даними здійснюється із загального середовища даних (CDE), яким зазвичай керує підрядник. Багато компаній перебувають на рівні 1 BIM, що не передбачає особливої співпраці, і кожна зацікавлена сторона публікує власні дані та керує ними.
- Рівень 2 BIM: команди працюють над своїми 3D-моделями. Рівень 2 BIM починає додаватися в середовище спільної роботи. Країни Європи уже пішли шляхом впровадження BIM до проектування, наприклад у 2016 року рівень BIM 2 став обов'язковою вимогою для всіх проектів у Великій Британії. Незабаром після цього Франція отримала свій мандат у 2017 році. На рівні 2 усі члени команди використовують 3D-моделі CAD, але іноді не в одній моделі. Однак спосіб, у який зацікавлені сторони обмінюються інформацією, відрізняє його від інших рівнів. Інформація про дизайн вбудованого середовища передається через загальний формат файлу. Коли фірми поєднують це зі своїми власними даними, вони економлять час, зменшують витрати та усувають потребу в переробці. Оскільки дані обмінюються таким чином, програмне забезпечення має мати можливість експорту в загальний формат файлу, наприклад IFC (Industry Foundation Class) або COBie (Construction Operations Building Information Exchange) [2].

- Рівень 3 BIM: команди працюють із спільною 3D-моделлю. Рівень BIM 3 ще більше сприяє співпраці. Замість того, щоб кожен член команди працював над своєю власною 3D-моделлю, рівень 3 означає, що кожен використовує єдину спільну модель проекту. Модель існує в «центральному» середовищі, і до неї може отримати доступ і змінити кожен. Це називається Open BIM, що означає, що додається ще один рівень захисту від конфліктів, додаючи цінності проекту на кожному етапі.

#### Переваги BIM рівня 3:

- Краща 3D візуалізація всього проекту
- Легка співпраця між кількома командами та професіями
- Спрощене спілкування та розуміння задуму дизайну
- Скорочення доопрацювання та редагування на кожному етапі проекту

- Рівні 4 BIM: додавання інформації про планування, вартість і сталість
- Рівень BIM 4 вносить новий елемент в інформаційну модель: час. Ця інформація включає дані планування, які допомагають визначити, скільки часу займе кожен етап проекту або послідовність різних компонентів.
- Рівень 5 BIM додає до інформаційної моделі оцінки витрат, аналіз бюджету та відстеження бюджету. Працюючи на цьому рівні BIM, власники проекту можуть відстежувати та визначати, які витрати будуть понесені протягом тривалості проекту.
- Інформація рівня 6 BIM корисна для розрахунку енергоспоживання будівлі до її будівництва. Це гарантує, що дизайнери враховують не лише початкові витрати на актив. Рівень 6 BIM забезпечує точні прогнози потреб у споживанні енергії та дає можливість зацікавленим сторонам будувати енергоефективні та стійкі структури.

#### Переваги рівнів 4, 5 і 6 BIM:

- Більш ефективне планування сайту та планування
- Більш ефективні передачі між кроками на етапі будівництва
- Візуалізація витрат у реальному часі
- Спрощений аналіз витрат
- Зменшення споживання енергії в довгостроковій перспективі
- Краще оперативне управління будівлею або спорудою після передачі

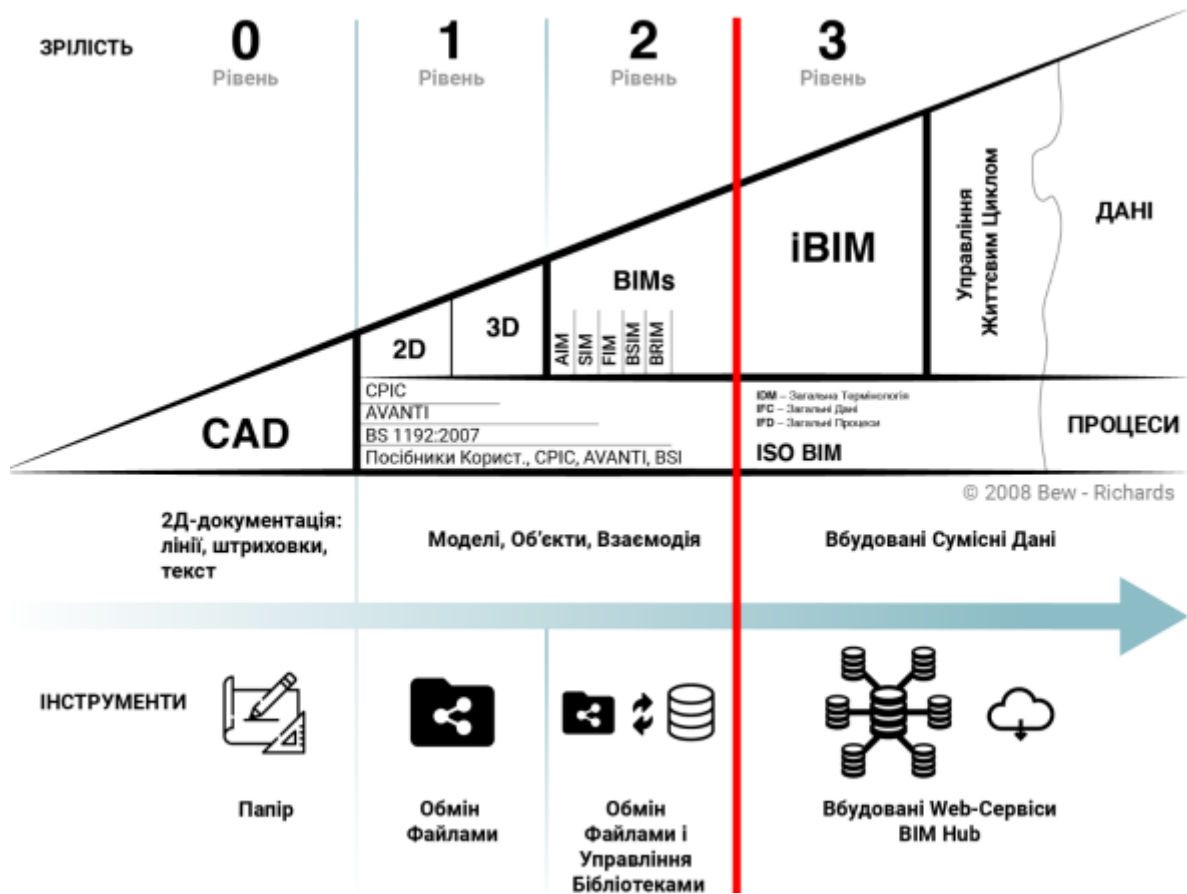


Рис1.3.1.Рівні зрілості BIM

## Висновки до розділу 1

Проаналізувавши теоретичні аспекти використання технології BIM в будівництві, можна зробити кілька важливих висновків. Перше, BIM виступає як інтегрований підхід до роботи з будівельною інформацією, охоплюючи всі етапи життєвого циклу будівельних об'єктів. Друге, ця технологія покращує координацію та співпрацю між учасниками будівельного процесу, забезпечуючи їм можливість спільно працювати з цифровими моделями. Третє, BIM дає змогу ефективно управляє проектами, зменшуючи помилки та дотримуючись бюджетних та часових рамок. Четверте, використання BIM дозволяє проводити різні аналізи, включаючи аспекти енергоефективності та безпеки будівництва. Загалом, теоретичні аспекти BIM підтверджують її важливість для вдосконалення будівельного процесу та оптимізації використання ресурсів в сучасному будівництві.

Отже, у висновку можна відзначити, що технологія Building Information Modeling (BIM) не лише є дуже необхідною та іноваційною у будівельній галузі, але і має потужний теоретичний фундамент, що обґрунтовує та підтримує її практичне застосування. Аналіз теоретичних аспектів BIM свідчить про глибоке розуміння та систематизацію основних принципів, які лежать в її основі, а також має чітку ієрархію та структуру.

У контексті життєвого циклу будівлі, від концепції до експлуатації, BIM виявляється не тільки інструментом для створення тривимірних моделей, але й стратегічним рішенням, що впливає на всі етапи будівельного процесу. Зокрема, він полегшує взаємодію між різними професійними групами, забезпечуючи єдність інформації та стандартів.

Також необхідно відзначити, що високий рівень координації та взаємодії, який можливий завдяки BIM, призводить до зменшення помилок, оптимізації використання ресурсів та покращення якості будівельних проектів. Така інтеграція цифрових технологій стає драйвером вдосконалення сучасної будівельної галузі. Можна сказати, що BIM не лише ефективно

впроваджується на практиці, але і має високий науковий та теоретичний фундамент. Враховуючи динаміку розвитку будівельної галузі та вимоги до сталого розвитку, BIM залишається ключовим інструментом для досягнення високої ефективності та інновацій в будівництві. Також застосування технології BIM суттєво розширює можливості в управлінні будівельними проектами. Це включає в себе вдосконалення способів співпраці, зниження витрат на ресурси, а також забезпечення високого рівня прозорості в усіх аспектах будівництва. Успішне впровадження технології також передбачає навчання фахівців та створення стандартів для ефективного використання BIM. Окрім цього, BIM відіграє значну роль у на валив технології для забезпечення сталого розвитку у будівельній галузі. BIM дозволяє враховувати екологічні аспекти та створювати енергоефективні та екологічно безпечні будівлі. Таким чином, впровадження BIM відображає важливий крок у напрямку забезпечення ефективності та екологічної придатності будівельного сектору.

Завершуючи, важливо враховувати, що BIM - це не лише інструмент для вирішення конкретних технічних завдань, але й культурна та стратегічна перевага для будівельної галузі в цілому. Використання цієї технології вимагає не тільки нових технічних навичок, але й зміни в організаційній культурі та управлінських підходах. Підсумовуючи, BIM є ключовим фактором у розвитку інноваційного, стійкого та високоефективного будівельного галузі в XXI столітті.

## РОЗДІЛ 2. МЕТОДОЛОГІЇ ТА ІНСТРУМЕНТИ ВПРОВАДЖЕННЯ BIM В УПРАВЛІННІ ПРОЄКТАМИ

### 2.1. Програмне забезпечення BIM та його можливості

Програмне забезпечення для моделювання будівельної інформації (BIM) є ключовим інструментом в сучасній будівельній галузі. Це спеціалізовані програми, розроблені для створення, управління та взаємодії з тривимірними цифровими моделями будівель та інфраструктурних об'єктів. Метою цього програмного забезпечення є полегшення всього життєвого циклу будівельних проєктів, починаючи від концепції та проєктування, і закінчуючи експлуатацією та обслуговуванням.

Можливості програм BIM дуже різноманітні і включають в себе створення детальних цифрових моделей будівель та інфраструктури, які можуть включати інформацію про всі аспекти об'єкта - від геометричних параметрів до конструкційних деталей та характеристик матеріалів. Це дозволяє всім учасникам будівельного процесу працювати з однією єдиною цифровою моделлю, сприяючи зменшенню помилок та покращенню координації. Подальші можливості включають в себе аналіз параметрів будівель, таких як ефективність енергоспоживання, безпека та стійкість конструкцій. Також існують інструменти для автоматизації процесів створення документації, планування ресурсів та взаємодії з іншими системами управління проєктом.

Спрощення обміну інформацією між учасниками проєкту, можливість візуалізації та симуляції різних аспектів будівельного об'єкта, а також підвищення ефективності управління ресурсами та термінами - це лише кілька прикладів того, як програмне забезпечення BIM полегшує та оптимізує будівельний процес. Використання цього типу програм дозволяє галузі будівництва прискорювати та вдосконалювати свої процеси, забезпечуючи високий рівень точності та ефективності.

Також програмне забезпечення для моделювання будівельної інформації не лише спрощує процеси проектування та будівництва, але і покращує співпрацю та комунікацію між учасниками проекту. Забезпечуючи цифрову платформу для обміну даними та спільної роботи, це програмне забезпечення стимулює інтегрованість та взаємодію всіх зацікавлених сторін. Крім того, BIM-технології відкривають нові можливості для використання даних у різних аспектах будівництва. Вони дозволяють проводити аналізи та прогнозування, спрямовані на покращення продуктивності та ефективності будівельних проектів. Це означає, що стеження за ресурсами, вартістю проекту, термінами виконання та іншими параметрами стає більш точним та зрозумілим завдяки використанню BIM. Загалом, програмне забезпечення BIM відкриває шлях до більш інтелектуального та інноваційного будівництва, де цифрові технології взаємодіють з традиційними методами, сприяючи створенню стійких, ефективних та високоякісних будівельних об'єктів.

BIM — це передова комп'ютеризована система, тому очевидно, що вона покладається на хороше обладнання та ефективне програмне забезпечення. Апаратний аспект відносно недорогий, тому не варто заощадити на цьому, оскільки важливо, щоб використовуване обладнання дозволяло обирати програмне забезпечення для роботи на повну потужність без підтормоджувати на затримок. Що стосується програмного забезпечення, є деякі великі фірми програмного забезпечення, які використовуються як стандарт, але менші постачальники програмного забезпечення також входять на ринок BIM. Розглядаючи, яке програмне забезпечення використовувати, слід враховувати наступні фактори:

- Простота – переконайтеся, що програмне забезпечення легко освоїти та використовувати.
- Функціональність – переконайтеся, що інструмент відповідає вашим конкретним потребам і використанню прочитайте про інструмент, перш ніж почати його використовувати.
- Конвертованість – інструменти, які архітектори та інженери

використовують, повинні добре працювати з іншими програмним забезпеченням, для забезпечення можливості обмінюватися форматами документів або конвертувати їх.

- Забезпечує довговічність – завдяки технологічному середовищу, яке швидко змінюється необхідно бути впевненим, що постачальник працюватиме в довгостроковій перспективі.
- Підтримка та навчання – інструмент для виконання роботи повинен мати швидку та ефективну допомогу від постачальника та має включати відповідне навчання .
- Середовище – необхідно бути впевненим, що інструмент працюватиме у середовищі з наявним апаратним забезпеченням, комунікаціями та партнерами по співпраці.

Технологія ВІМ була розроблена для полегшення процесів і дій пов'язані з проєктуванням, реалізації, а в подальшому експлуатації об'єкту. По суті, програмне забезпечення ВІМ є базою даних. Його застосування до процесу вимагає, щоб база даних спочатку була заповнена, а потім підтримувалася та доповнювалася, по ходу роботи над проєктом. Кількість зусиль, необхідних для розробки та підтримки різні бази даних багатьох субпідрядників, які використовують технологію ВІМ найбільше джерело проблем та помилок, пов'язаних із впровадженням ВІМ. В порядку щоб полегшити повну інтеграцію технології ВІМ, постачальники програмного забезпечення повинні розвиватися способи для різних членів команди проєкту вводити та зберігати дані, що стосуються до конкретних частин проєкту в межах їхньої відповідальності. Одним словом, сумісність має важливе значення, і індустрія програмного забезпечення має враховувати її.

Програмне забезпечення також повинно враховувати процес проєктування та будівництва, а також підлаштування програмного забезпечення до цих робочих процесів. Програмне забезпечення ВІМ має бути здатним до подальшого розвитку, інтеграції з іншими програмами та модифікації, так що зростаючий рівень деталізації характерний для різних

стадій проектування – від ескізного проекту до робочої документації модель BIM у відповідний момент процесу проектування. Програмне забезпечення також має вміти пристосовуватися до змін.

У більшості програмних продуктів модель це окремий файл бази даних, представлений різними способами для проєктної роботи. Такими зображеннями можуть бути плани, розрізи, фасади, сімейства та зрив схеми. Тому що зміни в кожному представленні моделі бази даних є внесені до однієї центральної моделі, зміни, внесені в одне представлення моделі (наприклад, а план) поширюються на інші представлення моделі (наприклад, висоти). Таким чином, креслення та графіки завжди повністю узгоджені з точки зору зображених будівельних об'єктів малюнки.

Коли проєкт спільно використовується кількома користувачами, створюється центральний файл, який містить бази даних проєкту. Кожен користувач працює над копією центрального файлу (зазвичай його називають «локальним файлом»), зберігається на робочій станції користувача. Дозволи на об'єкти часто керуються за допомогою блокування зберігаючи їх у центральному файлі, гарантуючи, що права на них одночасно має лише один користувач. Користувачі можуть періодично синхронізувати свої зміни в центральний файл і отримувати зміни від інших користувачів. Кілька організацій, які працюють разом над одним проєктом, створюють власні бази даних проєктів і зв'язуються з базами даних інших користувачів для перевірки. Програмне забезпечення автоматично виконує перевірку колізій, яка виявляє різні компоненти будівлі займають однаковий фізичний простір. При правильному налаштуванні розклади можуть також надають інформацію для перевірки функціональних аспектів будівлі (наприклад, рівень зайнятості площі приміщення, а також електричні та вентиляційні навантаження).

Програмне забезпечення часто підтримує відкритий стандарт IFC на основі XML, розроблений організацією buildingSMART. Цей тип файлу дає змогу роботодавцю або підряднику дізнатися необхідні інформацію яку може отримати від BIM моделі проєкту будівлі. Оскільки IFC є непатентованим

форматом, який читається людиною, вона досяжна та сумісна з іншими базами даних, такими як управління об'єктам програмне забезпечення.



Рис2.1.1.Програми для BIM проектування [1].

## 2.2. Методи та стратегії впровадження BIM у будівельних проєктах

Впровадження Building Information Modeling (BIM) у будівельних проєктах вимагає дбайливого планування, методологічного підходу та стратегічного керівництва. Процес інформаційного моделювання будівлі (BIM), охоплює всі стадії, від моменту початку проєктування до зносу будівлі. Однак для використання BIM у проєкті не обов'язково моделювати весь проєкт. Це вже є у випадку, коли багато проєктів виконуються з використанням моделей або інтелектуальних моделей, навіть якщо проєкт не повністю підлягає процесу BIM.

Може бути, що архітектори, або деякі спеціалісти-субпідрядники та деякі з постачальники використовують 3D-моделі для власної вигоди, але не діляться інформацією від моделей разом з іншими членами команди проєкту. Таких прикладів в практиці досить багато, тому можуть виникати такі

питаннями, як:

- архітектурне проектування
- структурний дизайн
- проектування інженерних мереж
- технічні завдання
- робочі креслення.

Не обов'язково, щоб проект підлягав повному процесу BIM, щоб отримати переваги BIM, і тому доцільно використовувати BIM, навіть якщо лише для частини проекту, наприклад, для проектування металоконструкцій, щоб отримати переваги та учасники почали інтегруватись у процес BIM у більш загальних рисах.

Крім того, і в деякому роді випереджають галузь загалом, підрядники використовують параметричні моделі для частин обсягу проекту, щоб спростити їхню роботу, зокрема це може бути:

- демонстрація проектних підходів під час торгів та/або маркетингових презентацій
- визначення обсягу робіт для тендерних цілей
- визначення обсягу робіт для цілей закупівлі
- перегляд частин обсягу робіт для допомоги у вправах з розробки цінностей
- координація послідовності угод (навіть якщо лише на дуже обмеженій основі).

Перелік часткових застосувань BIM здається майже нескінченним. Для підрядників, які вже використовують BIM, список може зростати навіть щодня. Для тих, хто тільки починає, нижче наведено список який охоплює початкові стадії BIM, які більшість виконавців-початківців відчуває під час експериментів з BIM:

- візуалізація
- уточнення обсягу
- часткова координація торгівлі

- виявлення/уникнення колізій
- перевірка архітектури та проєктних рішень
- планування, послідовність будівництва, поетапні плани та логістика
- презентації та маркетинг
- аналіз.
- кожному з наведених вище випадків можуть бути лише частини обсягу та лише конкретні угоди моделюється, але переваги все одно отримані.

Насправді це відбувається завдяки частковому використанню BIM, як описано вище, та застосування повного BIM-процесу, який може почати залучати учасників проєкту з BIM. Часткове використання може бути набагато менш вагомим для створення, використання, і переваги їх наявності набагато більше відчутні для учасників. Таким чином, застосування BIM меншими порціями може бути простішим для багатьох учасники залучаються до процесу BIM.

Найбільшою перевагою BIM це здатність системи запропонувати повну інтеграцію даних, створених усіма учасниками моделі. Успішну інтеграцію BIM можна розглядати як перехід:

- від того, щоб просто розглядати його як «інструмент», у той час як додатки для проєктування використовуються як інструмент для виконання завдань.
- розглядати як «платформу», за допомогою якої систему можна використовувати для керування даними введених від різних користувачів
- сприйматися як набагато складніше «середовище», в якому система підтримує кілька платформ, а також обробляє та асимілює інформацію з різних моделей і має можливість надавати кілька представлень навколишнього середовища.

Підводячи підсумок, з точки зору того, що є інструментом, різні доступні системи BIM можна диференціювати з точки зору:

- Інтуїтивність інтерфейсу користувача – чим інтуїтивніше система, тим

менше час буде витрачено на навчання, тим менше буде зроблено помилок і тим більше має бути ефективним.

- Функціональність малювання – існує прямий і рівноправний зв'язок між ступенем успіху, що зміни, внесені в модель, можна продемонструвати всередині креслень, з успішною реалізацією будівництва на місці, а тому комерційний успіх.
- Спеціальна параметрична об'єктна модель розробки інструменту – легкість, з якою користувач може створювати індивідуальні об'єкти в ВІМ і вставляти один і той же в різні групи об'єктів і зв'язувати їх атрибути так само, як і існуючі попередні моделі системи.

Інструменти моделювання вищого рівня, а саме здатність програми:

- підтримка повного параметричного моделювання, включаючи складні форми та об'єкти
- забезпечувати злети, відстежувати перегляди, включати стандартні галузеві специфікації і, можливо, істотно, попереджають про конфлікти і зіткнення між об'єктами і форми.

Порівняно з інструментами автоматизованого проектування (CAD), інструменти проектування ВІМ є більшими комплексний, пропонує більшу функціональність і продовжує ставати все більш інтуїтивно зрозумілим оскільки розробники програмного забезпечення реагують на комерційні можливості, які надає вирощування попит. Послідовність, з якою програмне забезпечення досягає цього, однак продовжується вдосконалення в різних постачальників.

Тоді як САПР – це представлення ліній, форм і тексту з фіксованою геометрією та властивості, на екрані комп'ютера ВІМ не фіксується. Швидше, ВІМ є представленням внесені дані; він складається з визначених правил, відносин, геометрії та параметрів, називаються «атрибутами», які використовуються для створення ліній і форм, які, у свою чергу, генерують параметричні об'єкти, представленням яких є лінії та форми, з якими ми знайомий. Саме внаслідок цього один параметричний об'єкт може бути

пов'язаний з іншим, так що якщо один змінюється, то змінюється і інший (тобто основа автоматичного оновлення).

Спосіб автоматичного оновлення одного параметричного об'єкта називається «поведінкою». Однак у цьому процесі немає «вільної волі»; оновлення є автоматичними керується зв'язками з іншими об'єктами. З цієї причини цілком ймовірно, що необхідні для створення або використання різних класів одного і того ж елемента, щоб різні об'єкти могли бути надані для кожного елемента в межах класу.

Архітектурне програмне забезпечення BIM робить непотрібним створення параметричних об'єкти з самого початку. Натомість, щоб допомогти дизайнерам і заощадити час, системи BIM надають попередні параметричні об'єкти, які можна використовувати або розробляти відповідно до вимоги архітектора або інженера. Це суттєво допомагає, оскільки система BIM включатиме попередньо запрограмоване визначення того, що таке, скажімо, підлога, стіна, стеля, дах і так далі, і як кожен з них взаємодіє з іншим. З такої основи користувачі здатні розробляти власні параметричні об'єкти, включаючи «спеціальні» параметричні об'єкти на додаток до розробки «готових» прецедентних об'єктів, попередньо наданих у BIM система. Таким чином створюються бібліотеки об'єктів, які стають доступними для користувачів.

Просуваючись у спектрі додатків BIM за допомогою інструментів, було виявлено, що вище ефективні системи також можна оцінювати з точки зору їх здатності функціонувати як платформа. Реквізити таких систем були розроблені відповідним чином і, що важливо, паралельно зі зростаючою оцінкою потенціалу таких програм.

Платформу можна використовувати багатьма способами, включаючи проєктування та отримання креслень, проєктування та розрахунки, проєктування та виготовлення, управління координацією та управління об'єктами, кожен з інструментами, що відповідають поставленому завданню. Проте з точки зору ефективної роботи як платформи, ступінь, до якого система

успіх залежатиме від здатності додатків сприяти:

- Ємність , тобто здатність системи швидко обробляти, без збоїв, великі обсяги даних, створені за допомогою значного рівня деталізації, і зокрема дані з джерел, що походять поза програмою від інших учасників, тобто працювати як платформа без труднощів. Обсяг даних, який повинен бути оброблений у контексті платформи є особливо благодатним ґрунтом для ефективного розгортання технологій на основі хмарних обчислень.
- Інтерфейс інструменту – здатність платформи успішно обмінюватися даними з іншими додатками є ключовими для успішної платформи, і система повинна бути в змозі сприяти асиміляції інших геометрій, атрибутів і параметрів об'єктів, розроблених в програмах поза межами платформи. Це важливо щоб автоматично ідентифікувати зіткнення та конфлікти, а також увімкнути систему включати в пов'язане виробництво даних вплив таких даних, як структурні навантаження, витрати та інші форми статистичних даних зазвичай необхідні для ефективного проектування, будівництва та управління будівлями.
- Розробка стандартних параметричних прецедентів об'єктів, включаючи імпортування перевизначених об'єктів із-за меж програми, її рендеринг користувачеві не потрібно визначати параметричні об'єкти, які можуть бути складними.
- Переклад між різними програмами, ступінь, в якому платформа підтримує безперешкодний імпорт/експорт даних із зовнішніх джерел і до них.
- Альтернативні джерела даних вимагають дедалі складніших механізмів перекладу, тому корисно, якщо користувач може налаштувати їх відповідно до своїх потреб потреби.
- Розширення співпраці сила BIM і «паливо», яке головним чином рухає інтерес індустрії до нього, можна сказати, що здатність додатка посилити співпрацю між багатьма зацікавленими сторонами, як у галузі

і, зокрема, на проектному рівні. Відповідно, важливо, щоб системи підтримати зусилля, спрямовані на увічнення нинішньої фінансованої урядом ініціативи галузі до постійного розширення співпраці. У зв'язку з цим важливо, щоб платформа не тільки дозволяла, але й підтримувала кілька користувачів і введення даних.

Основний інструмент проектування BIM виник із інструментів САПР, і саме завдяки цій розробці було визнано його застосування для моделювання будівель. Однак, незважаючи на те, що системи BIM полегшують виконання завдань, вони є сильним інструментом різного ступеня складності в усіх доступних продуктах, тим не менш, це багатокористувацька платформа керування даними з її інтуїтивно зрозумілою роботою, здатністю обробляти та зберігати великі обсяги інформації та її здатність взаємодіяти з іншими джерелами даних, і це майбутнє. Вимоги до систем BIM як платформи є продовжував кристалізуватися паралельно з будівельною та інженерними галузями зростання оцінки його функціональної застосовності.

Існує безліч типів проектування BIM з різними параметричними прецедентами об'єктів застосовується до спектру будівельних систем. У порівнянні з промисловими об'єктами, правил, застосовних до них, загалом кажучи, відносно простих будівельних систем які є набагато більше передбачувані, тому їх легше визначити. Не дивлячись на це, навіть вище значення комп'ютерні робочі станції можуть мати проблеми з обсягом даних, необхідних для обробки інформації про будівництво, створена в рамках проекту будівництва середнього розміру, який формує більшість будівельних контрактів.

Незважаючи на перешкоду, яку може створити величезний обсяг даних у порівнянні з ситуацією в загальному виробництві, моделювання за допомогою системи BIM виграє велика кількість правил, норм і стандартних практик, які давно встановлені в широкому діапазоні дисциплін в антропогенному середовищі, які спеціалізуються на будівництво та управління об'єктом. Це можна охопити в параметричних атрибутах об'єкта.

Будівельна галузь також продовжує бути обмеженою певними конвенціями, особливо щодо задоволення архітектора у формі потреби в кресленнях, де загальне виробництво не було зв'язане протягом порівняно довгого проміжку часу. Саме ця константа продовжує обмежувати розвиток інструментів параметричного моделювання в побудованому середовищі, оскільки вони, як правило, не включення ВІМ підтримувати виготовлення креслень у межах архітектурних норм. Як наслідок, і до недавнього часу для ВІМ було розроблено лише порівняно небагато систем параметричних моделей.

На одному рівні є просте параметричне моделювання твердого тіла, у якому визначають кілька атрибутів форми, а для редагування потрібно змінити атрибути. Автоматики в даному випадку немає оновлення, доки користувач не переробить елемент архітектури. Прогрес від таких базових рівнів включає в себе ті системи, які полегшують автоматичне оновлення кожного разу, коли певні елементи змінюються, з кожною зміною, що вноситься в послідовність проєкту. Однак на верхньому рівні правила та параметри однієї фігури можуть бути різними способами пов'язані з іншими формами, і таким чином система визначає послідовність, у якій потрібно створити оновлення як наслідок внесених змін. Зазвичай це визначається як повний ВІМ або повне параметричне моделювання об'єктів.

Системи ВІМ розрізняють залежно від того, орієнтовані вони на проєктування чи виробництво, і це часто проявляється в наданих інструментах проєктування ВІМ. Різниця може вплинути на виробничі системи та вимоги до сумісності, не кажучи вже про придатність для користувача. Отже, малоімовірно, що користувач хоче знайти одну конкретну систему чи програму, яка задовільна для всіх типів проєктів, принаймні на даний момент. Однак цей діапазон функціональних можливостей все ж залишається сподіванням на майбутнє. Деякі системи добре взаємодіють з іншими програмами, а деякі добре співставляються з певними системами програмного забезпечення виробництва, хоча за загальним визнанням, користувачам з

виробництва навряд чи знадобиться багато платформ.

Масштаб завдання переходу до використання системи BIM як інструменту чи платформи важко переоцінити, і ступінь успіху значною мірою залежатиме від раннього стратегічного рішення та відповідні технології, не кажучи вже про навчання необхідно для ефективного застосування всього цього. У цьому контексті зрозуміло, чому уряди розвинених країн прагнуть перехопити ініціативу. Неминуче, з часом, з подальшим розвитком програмного забезпечення і більшої інтеграції нових технологій, труднощів, пов'язаних з новими програмами, ймовірно, зменшаться, і, водночас, сама технологія, швидше за все сприятиме зростанню темпів інтеграції через прискорення розвитку рівня інтуїтивності інтерфейсу програмного забезпечення. Інтерфейси, яких зазвичай потребують користувачі BIM, включають:

- можливість масштабування
- генерація даних на вимогу

Відкрита специфікація в програмних продуктах BIM описує те, що не контролюється окремим постачальником або групою постачальників, які можна ідентифікувати. Модель даних Industry Foundation Classes (IFC), яка описує дані будівництва. Це є часто використовувана система BIM. IFC/ifcXMLSpecification IFC4 є останньою версія на момент написання (buildingSMART, 2013). IFC була заснована в 1994 році це роль buildingSMART (раніше Міжнародний альянс взаємодії (IAI)), некомерційна галузева організація, для публікації класів IFC. gbXML – XML Green Building (gbXML, 2013) є відкритим кодом, який отримує фінансування від Міністерства енергетики США та прагне сприяти передачі властивості будівель, що зберігаються в системах BIM, до інструментів інженерного аналізу. Кажуть, що підтримка більшості основних постачальників 3D BIM. Одна програма погано оснащена для обробки даних, згенерованих у проєкті, особливо тому, що ця інформація стає все більш детальною та складною в інструментах і на рівні платформи. Для досягнення статусу «середовище»

потрібно мати здатність генерувати, обмінюватися, підтримувати, синхронізувати та керувати, і матрицю даних параметричних об'єктів та інструментів на кількох платформах. В цьому контексті сумісність означає легкість, з якою різноманітні системи в середовищі як обмінюються, так і використовують інформацію.

### **2.3. Взаємодія різних учасників процесу будівництва через BIM**

Взаємодія різних учасників процесу будівництва через Building Information Modeling (BIM) є ключовим аспектом сучасного будівництва, спрямованим на покращення комунікації, координації та ефективності проекту. Цей підхід дозволяє створювати єдину цифрову модель будівлі, яка стає основою для спільної роботи різних учасників.

Цифрова модель будівлі, створена з використанням BIM, надає всім учасникам проекту доступ до єдиної бази даних, що полегшує розуміння концепції та сприяє одночасній роботі різних спеціалістів. Різні категорії учасників, такі як архітектори, інженери, замовники, підрядники та інші, можуть працювати над проектом, обмінюючись інформацією у реальному часі.

Однією з ключових переваг використання BIM є візуалізація будівельного процесу за допомогою 3D-моделей. Це дозволяє всім учасникам проекту краще розуміти його концепцію та елементи ще до фактичного початку будівництва. Крім того, відбувається ефективний обмін даними між різними програмами та платформами завдяки стандартам обміну даними в форматі Industry Foundation Classes (IFC).

Взаємодія через BIM також спрощує виявлення колізій та конфліктів між різними елементами будівельної конструкції на етапі виробництва. Це дозволяє уникнути помилок та втрат часу під час фактичного будівництва. Синхронізація робочих процесів та надання всім учасникам зручного доступу до інформації також сприяє швидкому вирішенню проблем та прийняттю обґрунтованих рішень.

Завдяки BIM можливий детальний моніторинг використання ресурсів, таких як матеріали, робоча сила та обладнання. Аналітичні інструменти BIM дозволяють управлінцям прогнозувати та аналізувати різні сценарії, що сприяє ефективному управлінню бюджетом проекту. Такий підхід до взаємодії різних учасників процесу будівництва робить проект ефективнішим, зменшуючи ризики та покращуючи загальну якість виконання.

Будівельна галузь зіштовхується з проблемою поєднання великої кількості професіоналів, фахівців, субпідрядники, основні підрядники та роботодавці різного масштабу та складності, а також всі вони настільки ж різноманітні, працюють в різних програмах, та мають власні підходи до проєктування. Усі вони працюють у межах власної компетенції, під впливом інтенсивного інформаційного потоку де зазвичай час і бюджет обмежені.

Системи BIM ще не досягли ідеалізованої точки розвитку, на якій єдиний архітектор, використовуючи єдину систему, може проєктувати як цілісні будівлі, так і сучасні складні проєкти, вони залишаються залежними від залучення великої кількості професіоналів і фахівців на стадіях ескізного проєктування, будівництва та експлуатації. однак, все більша кількість організацій, що переходять від великих до менших, все частіше використовують BIM або наближаються до можливості ідеального використання BIM. Вони використовують складні програми моделювання BIM на основі компонентів та 3D вдосконалені системи САПР.

Майже немає сумнівів у тому, що BIM повністю змінить спосіб підходу архітекторів до процесу проєктування. Рівень інформації, що міститься в BIM модель вимагає співпраці між різними учасниками на ранній стадії для встановлення початкової структури та включення необхідних рівнів деталізації. Ще багато часу буде витрачено під час процесу проєктування, але шляхом створення якісної 3d моделі на процес будівництва буде витрачена набагато менше ясу, та буде допущено менше помилок .

Загалом, нас, як суспільство, заохочують при кожній нагоді святкувати і

пишатися нашою «різноманітністю». Однак у будівельній галузі хоч і є різноманітність але натомість вона негативно відображається як роздробленість і конфлікт, який є частиною повсякденного життя проєктувальників та будівельників. Такий поділ лягає в основу різноманітних ініціатив і досліджень, як приватних, так і високопоставлених урядовців, вони прагнули вирішити проблеми, як уявні, так і реальні, що виникають від такого поділу.

Незалежно від ярликів, BIM пропонує бажану можливість досягти більшої згуртованості, використання переваг різноманітності завдяки покращенню легкості та швидкості як працівники будівельної галузі можуть спілкуватися та ділитися ідеями, сприйняття та інтерпретації. Такі ідеали, однак, залежать від сумісності, і в цьому відношенні використовуються моделі даних керувати даними та переносити дані. У контексті архітектурного середовища два Основними моделями є IFC (яка використовується при плануванні, проєктуванні, будівництві та управлінні будівлями) і CIMsteel Integration Standard Version 2 (CIS/2) (яка використовується у проєктуванні та виготовленні сталевих конструкцій) (STEP Tools, 2013). Також є модель для проєктування технологічних установок, ISO 15926, «Інтеграція даних життєвого циклу технологічних установок включаючи нафтогазовидобувні об'єкти», що виходить за рамки цієї книги. Незважаючи на різноманітну або фрагментарну (залежно від вашої інтерпретації) природу будівельної галузі, процес проєктування та будівництва завжди був, і залишається, командна діяльність. Складність, яку це представляє для реалізації BIM які є в кожній із спеціалізованих сфер, будь то професіонали чи підрядники (в усіх формах). прагнув розробляти власні програмні додатки окремо. Як наслідок, є багато способів, якими проєкт може бути представлений, у тому числі з точки зору часу, вартості, геометрія та виготовлення.

Якщо команда хоче ефективно співпрацювати та успішно брати участь у середовищі BIM, важливо, щоб система не лише позбулася необхідності вводити дані вручну, але й досягла взаємодії між різними програмами, які

використовуються, тому що продукт багатьох застосувань може ефективно сприяти проекту. Усунення необхідності вводити інформацію вручну є непомітним, але важливим фактором в успішному застосуванні програм BIM, оскільки між ними існує прямий зв'язок легкість, з якою технологія заохочує ітераційний дизайн, і створення і розробка нових шляхів автоматизації процесів, які зрештою призводять до комерційного посилення.

Що вимагає наступний етап еволюції «3D BIM»? Звичайно не візьме один «всезнаючий» експерт, який виграв «війну BIM». Насправді реальність така протилежна. Більш ніж будь-коли в процесі BIM схоже, що це займе село Співпрацівники з підтримкою BIM, які можуть використовувати інтелектуальні інструменти, щоб впоратися з темпом і кількістю інформації. У підході 3D BIM, огляди моделей, віртуальні «тусовки» та електронні автоматизовані віртуальні середовища (CAVES) змінять середовище, тривалість, характер і результати процесу. Від магазинних креслень можна відмовитися на користь цехові моделі або моделі виготовлення з комп'ютерним числовим керуванням (ЧПК). Запити For Information може застаріти або принаймні значно зменшитися в кількості, і вирішити набагато швидше, якщо модель розгорнуто як інструмент на робочому місці.

Групи проєктувальників повинні усвідомлювати переваги спільного використання всієї доступної електронної інформації з усією командою проєкту. Моделі структурного аналізу, наприклад, мають цінність для інших членів команди, тому доставка цих моделей має бути частиною контракту на проєктування. Разом із відповідальністю за обмін інформацією, дизайнер зобов'язаний передати якість наданої інформації. Якщо геометрія або випадки навантаження у проєктній моделі не є абсолютно точними, про це потрібно повідомити та задокументувати. Крім того, необхідно джерело правильної інформації в проєктних документах буде встановлено.

Команди архітекторів також повинні чесно оцінити процес подання та працювати з іншими команди проєкту для розробки найкращого процесу для проєкту. Разом команда повинна знайти відповідні способи сприяння

спілкуванню, не обтяжуючи надмірно жодного учасник з додатковою відповідальністю. Вимагають друкованих робочих креслень або опираються запити команди на розповсюдження електронних файлів просто тому, що це спосіб бізнесу традиційно проводиться, не є корисним для проекту чи зростання промисловість.

Субпідрядники несуть відповідальність за повну передачу своєї інтерпретації дизайну намір команди дизайнерів. Вони також повинні координувати свою роботу з роботою інших субпідрядники шляхом обміну електронною інформацією, яку вони розробили, у форматах файлів які можна використовувати та поєднувати з роботою інших. Вони повинні заохочувати своїх постачальників програмного забезпечення розробляти формати файлів, якими можна легко обмінюватися між різними торгові субпідрядники. Субпідрядники також повинні переконатися, що всі сторони розуміють що вони постачатимуть як частину свого контракту та що становитиме додаткову роботу.

ВІМ — це інструмент, який допоможе команді проекту повідомити про потреби проекту швидше й точніше, ніж за допомогою поточної практики. Однак інструмент не може виконувати без співпраці всієї команди. Кожен член має внести свій внесок інформацію в ВІМ для покращення проекту та зрозуміти якість інформації, включеної в ВІМ.

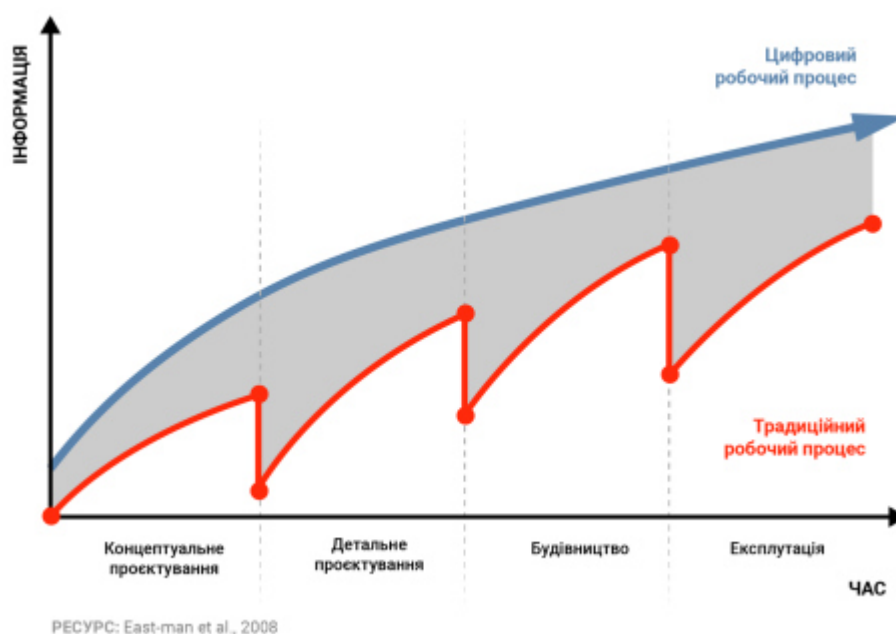
Сучасна практика розвивається так, що головну роль у моделюванні координації виконують підрядники та керівники будівництва. Це має сенс, оскільки вони мають найбільш безпосереднє потребують і можуть отримати найвищу віддачу від можливості віртуального збирання та перегляду різні компоненти проекту до будівництва на полі. Проте кожен проект є унікальним, і впровадження ВІМ має бути адаптоване до потреб включення ВІМ демонструвати. Ми повинні пам'ятати, що ВІМ - це лише інструмент. ВІМ не створить, не виправить ні запобігати помилкам. Однак ВІМ допоможе знайти та більш повно викрити помилки раніше процесу будівництва, особливо коли члени проектної групи працюють відповідально разом.

З точки зору користувачів, перешкода, пов'язана з труднощами досягнення мультиплатформної сумісності, полягає в тому, що повністю автоматизовані численні представлення одного і того ж проект (наприклад, архітектурне представлення в порівнянні зі сталевією конструкцією представництво) залишатиметься поза досяжністю. Натомість користувачі продовжуватимуть покладатися на ручну передачу даних між різними платформами. Наслідком цього є зміни в одній моделі потрібно буде ретельно вивчати, щоб ті, хто працює на інших платформах може вносити необхідні зміни відповідно до змін, зроблених в іншій моделі, і навпаки навпаки, з великими витратами часу. Відповідно, повна сумісність має вирішальне значення для будівельної команди та успіху BIM. Зацікавлені сторони в антропогенному середовищі визначатимуть, чи є універсальним і коли це буде будуть встановлені правила та в якій формі, і всі вони важливі для кращого розуміння один одного. Це не питання перекладу. Технологічна мова має вже було надано, щоб зробити сумісність платформ можливою, але це зацікавлені сторони побудованого середовища з їхнім досвідом (хоча наскільки вимогливим буде кожен залежать від їх різної складності), які володіють знаннями про те, що має бути обмінюються між платформами (тобто як група вони повинні створити та домовитися про обмін стандарт(и), оскільки жоден із них окремо не має достатньої ваги для встановлення таких правил). Таким чином процес створення сумісності включає процес побудови інформації моделі в межах двох додатків, що може сприяти синхронізації між протилежними даних. Деякі посилання можуть бути очевидними, але для інших може знадобитися досвід відповідного спеціаліста будівельного фахівця для відповідного тлумачення, отже, вищесказане посилання на потребу в досвіді зацікавлених сторін для виконання цього завдання.

Для досягнення сумісності в цілому постачальники програмного забезпечення можуть надавати посилання або обмінюватися до конкретного програмного забезпечення, і при цьому ті самі компанії-розробники зможуть надати необхідну підтримку, адаптовану до певного набору конкретних

потреб. У будівельній галузі ми традиційно поклалися на створення креслень пояснювати та розуміти роботу, яку потрібно виконати. Завжди потрібно було зображати об'єкти з кількома видами з достатньою деталізацією, щоб полегшити побудову, відтворюючи креслення, схильні до помилок перегляду та непорозумінь. Крім того, малюнків теж немає легко обробляються комп'ютерами.

Спочатку може статися, що для тих, хто працює в невеликих компаніях, їхній перший досвід роботи з BIM буде, коли їх просять надати інформацію про проект для моделі BIM або, якщо BIM в принципі та на практиці компанія володіє певним ступенем можливостей BIM, щоб забезпечити модель BIM у конкретному випадку форма або спосіб. На найпростішому рівні найперша участь у BIM може бути коли отримання простого запиту на роботу відповідно до попередньо визначених даних COBie електронну таблицю .



**Рис2.3.1.** Проблематика втрати даних між етапами життєвого циклу об'єкта [1].

## Висновки до розділу 2

Методологія та інструменти впровадження Building Information Modeling (BIM) в управління проектами представляють собою необхідний камінь крокування для сучасної будівельної індустрії. У даному розділі розглянуто основні принципи та стратегії, які слід враховувати при впровадженні BIM, а також визначено ключові інструменти, які допомагають ефективно впроваджувати цей підхід у управління будівельними проектами.

Розглянута методологія впровадження BIM розкриває важливі етапи, такі як аналіз потреб, визначення цілей, планування та навчання персоналу. Важливо підкреслити, що успішне впровадження BIM вимагає від компаній перегляду своїх стандартів та впровадження нових стратегій управління проектами. Це включає в себе створення єдиної комунікаційної платформи, визначення стандартів обміну даними та розробку протоколів спільної роботи для узгодженості процесів усіх учасників.

Щодо інструментів впровадження BIM, важливо відзначити їхню різноманітність та гнучкість. Стандартні програмні засоби для моделювання, такі як Revit, ArchiCAD, чи Tekla Structures, надають можливість створення та управління цифровими моделями, аналізу функціональності та забезпечують інтеграцію з іншими інструментами управління проектами. Крім того, розробка власних платформ та додаткових інструментів для аналізу даних, планування ресурсів та моніторингу виконання проектів дозволяє компаніям адаптувати BIM до своїх унікальних потреб та вимог.

У висновку, методологія та інструменти впровадження BIM в управління проектами є необхідним кроком для покращення ефективності та точності у будівельній сфері. Розглянуті стратегії надають чіткий шлях до успішного впровадження, а інструменти відкривають безмежні можливості для оптимізації робочих процесів та досягнення високих стандартів управління проектами у сучасному будівництві. важливо підкреслити, що впровадження Building Information Modeling (BIM) в управління проектами

відкриває шлях до нових стандартів співпраці та інновацій у будівельній галузі. Цей підхід не лише сприяє покращенню продуктивності та якості проектів, але й стимулює постійний розвиток у сфері технологій та методологій управління.

Розвиток інтероперабельності між різними платформами та стандартів BIM робить можливим участь різних учасників у будівельному процесі, що сприяє взаєморозумінню та співпраці на всіх етапах проекту. Відзначається, що це особливо важливо в умовах все більш глобалізованого будівельного ринку.

Зазначу також, що вдосконалення управління проектами через BIM може викликати позитивні зміни в економічному аспекті, зменшуючи витрати та ризики, що є критичним для учасників будівельної індустрії. Адаптація до цифрових інструментів та використання аналітичних засобів для прийняття управлінських рішень може допомогти компаніям пристосуватися до змінних умов ринку та підтримувати стійкість у конкурентному середовищі.

Враховуючи ці аспекти, можна висновувати, що впровадження BIM в управління проектами - це не лише технологічний стрибок, але й стратегічна ініціатива, яка визначатиме майбутнє будівельної галузі. Спрощення комунікації, збільшення точності та ефективності проектів, а також постійне вдосконалення процесів роблять BIM важливим кроком до сталого розвитку та інновацій у будівельній сфері.

## **РОЗДІЛ 3. АСПЕКТИ УПРАВЛІННЯ ПРОЄКТАМИ БУДІВНИЦТВА З ВИКОРИСТАННЯМ BIM**

### **3.1. Статут управління проєктами з використанням BIM**

Статут управління проєктами з використанням Building Information Modeling (BIM) визначає основні принципи, завдання та правила впровадження та використання BIM на рівні управління будівельним проєктом. Цей статут встановлює рамки та стандарти для впровадження технології BIM у всіх етапах життєвого циклу будівельного проєкту, спрямовуючи робочі процеси та взаємодію між учасниками проєкту. В першу чергу, статут визначає цілі та завдання використання BIM в конкретному проєкті. Він встановлює чіткі вимоги до створення цифрової моделі будівлі, об'єму і якості інформації, що повинна бути включена до цієї моделі. Також статут визначає очікувані вигоди від використання BIM, такі як підвищена точність, зменшення термінів виконання та оптимізація витрат.

Однією з ключових складових статуту є розподіл обов'язків та визначення ролей учасників проєкту. Він чітко визначає, хто відповідає за розробку, апдейт та управління цифровою моделлю на кожному етапі проєкту. Також статут визначає процедури обміну даними та взаємодії між різними структурними підрозділами та учасниками.

Статут управління проєктами також включає в себе питання якості та стандартизації. Визначаючи методології розробки, використання стандартів BIM (наприклад, IFC - Industry Foundation Classes), та встановлюючи процедури перевірки та аудиту, статут сприяє вдосконаленню інформаційної якості та уніфікації проєкту. До інших аспектів статуту входить визначення режимів доступу та прав користувачів до цифрової моделі, а також встановлення процедур зберігання та резервного копіювання інформації. Забезпечуючи конфіденційність та надійність даних, статут створює умови

для безперебійного функціонування та розвитку проекту. Загалом, статут управління проектами з використанням BIM визначає структуру та правила взаємодії всіх учасників проекту, надаючи основний документ, за яким керується весь процес впровадження та експлуатації технології BIM у будівництві.

Поза вищезазначеними аспектами, статут управління проектами з використанням Building Information Modeling (BIM) може також включати положення, що стосуються:

- Інтеграції з іншими технологіями. Розробка стратегій інтеграції BIM з іншими інноваційними технологіями, такими як штучний інтелект, розширена реальність або інтернет речей. Це може допомогти максимізувати потенціал високотехнологічного підходу до управління проектами.

- Контролю за безпекою та конфіденційністю даних. Визначення стратегій та методів для забезпечення безпеки і конфіденційності даних в рамках використання BIM. Це включає в себе захист від несанкціонованого доступу та кіберзагроз.

- Навчання та розвитку персоналу. Розробка програми навчання для персоналу, що визначає необхідні навички та знання для ефективного використання BIM. Забезпечення постійного розвитку з урахуванням технологічних змін та інновацій.

- Управління змінами. Визначення процедур та підходів до управління змінами в контексті використання BIM. Це охоплює як зміни в самому проекті, так і адаптацію до нових версій технологій BIM.

- Визначення метрик та показників успішності. Розробка системи метрик та показників для оцінки успішності впровадження BIM. Визначення ключових параметрів, за якими визначається ефективність та результативність проекту.

- Співпраці та взаємодії з контрагентами. Встановлення принципів та засад ефективної взаємодії з підрядниками, проектними організаціями та іншими учасниками будівельного процесу у контексті BIM. Сприяння

відкритому обміну даними та спільній роботі.

Ці аспекти в статуті допоможуть створити повніший та деталізований план впровадження BIM в управління проектами, забезпечуючи комплексний та ефективний підхід до впровадження цифрової технології в будівельний процес.

Протокол інформаційного моделювання будівлі (BIM) і план впровадження BIM є основними документами, які визначають межі відповідальності за виробництво та координація проектування протягом усього процесу BIM.

Протокол є важливою основою, на якій успішні призначення проектів, підтримується страхування професійної відповідальності та контрактна документація. Метою протоколу BIM є максимізація ефективності виробництва шляхом прийняття а злагоджений і послідовний підхід до роботи в BIM. Він також використовується для визначення стандарти, налаштування та найкращі практики, які забезпечують доставку високоякісних даних і рівномірний вихід креслення по всьому проекту. Необхідно забезпечити протокол BIM що цифрові BIM-файли структуровані правильно, щоб забезпечити ефективний обмін даними працюючи в середовищі спільної роботи між міждисциплінарними командами, як внутрішніми і в зовнішніх середовищах BIM.

Кожен проект BIM повинен мати власний протокол, і через унікальну природу будівельних проектів, кожен протокол, ймовірно, буде унікальним. Протокольным документом є ключ до успішного проекту BIM. Протокол BIM може варіюватися від, у найпростішому вигляді, схеми складання моделі та підтвердження того, що стандарти автоматизованого проектування BIM (CAD) конкретного BIM офісу учасника повинні бути дотримані детальна розбивка стандартів проекту які забезпечують розробку спільної моделі для використання іншими консультантами, будівельні моделісти та менеджери об'єктів. Протоколи BIM визначають способи, за допомогою яких кожен проект має власну унікальну організацію і структура. Вони надають команді

проекту дорожню карту для розуміння цілі та завдання BIM для конкретного проекту, його правила та те, як це зробити бути зібраним. Протоколи BIM надають новим членам команди засоби для розуміння та участі в тому, що часто за потреби є складною моделлю структури.

Відповідальність за складання протоколу зазвичай несе BIM-менеджер, який, у співпраці з різними менеджерами BIM CAD забезпечать прийнятну складається протокол. Протокол не призначений для реструктуризації договірних відносин або виступає в якості заміни повної угоди про будівництво. Це просто додаток, який потрібно додати до будівельного контракту та призначення різних консультантів. Незважаючи на це, адреси протоколу: важливі питання дизайну, даних і процесу, які необхідно визначити на початку проекту; право інтелектуальної власності; рівень розвитку (рівень визначення) моделі; управління моделлю; розподіл ризику; власність; допустимі варіанти використання моделі; графік результатів BIM; тощо

Типовий протокольний документ може (повинен) містити:

- Знайомство з проектом.
  - Огляд того, для чого в проекті буде використовуватися BIM.
  - Місце BIM-протоколу в пріоритеті контрактних документів.
  - Посилання на будь-яку іншу документацію, яку слід взяти до уваги (наприклад, відповідні стандарти САПР).
  - Органограма, на якій у простий спосіб показано всі сторони внесок у BIM, їхні обов'язки, ролі та відповідальність, шкали часу доставки та їх контактні дані.
  - Детальна інформація про те, якою мірою буде практика спільної роботи.
  - Деталі BIM-менеджера та ким він або вона має бути призначений.
- Відомості про менеджера BIM CAD для учасників.
- Визначення термінології, що використовується в протокольному документі.
  - Деталі програмного забезпечення, яке буде використовуватися.

- Матриця, яка показує різне програмне забезпечення, що використовується, і методологію, за допомогою якого файлу має бути забезпечений обмін між кожним типом програмного забезпечення. Деталі процедури передачі від одного консультанта до іншого (наприклад, якщо а ВІМ виходить за межі (існуючої) RIBA Stage D, ймовірно, що шари змодельовані архітектором потрібно буде передати іншим консультантам).
- Схема складання моделі (ключовий і часто забутий компонент усіх протоколів документи), що дозволяє кожному члену команди зрозуміти, як працює модель ВІМ влаштовано. Ця діаграма (або серія діаграм) була розроблена Менеджер інформації ВІМ, відповідний менеджер ВІМ САД, модель команди керівника та керівника проекту до складання протоколу.
- Файлова структура проекту – якщо проект спільний, файлова структура проекту і протоколи безпеки мають бути чітко визначені.
- Подробиці безпеки даних і резервного копіювання. Стандарти безпеки даних і резервне копіювання, коли записані копії даних ВІМ повинні зберігатися та кому вони повинні бути видані повинні бути викладені. Рівень безпеки залежить від проекту проектувати, причому військові чи урядові проекти, ймовірно, матимуть серйозну безпеку заходів, тоді як інші проекти вимагатимуть менших заходів. Однак це необхідно у всіх спільних проектах ВІМ, які не в змозі зробити жоден із учасників моделі змінювати роботу, виконану іншим учасником, без належних і дійсних дозволів будучи отриманим.

Ключові загальні дані для координації виходу. Ключові дані, які все сторони повинні дотримуватися, щоб забезпечити сумісність моделі, необхідно вказати. Ці будуть, наприклад, координати  $x$ ,  $y$ ,  $z$  для нуля проекту (або підтвердження використання глобальних координат) і висот поверхів. Зверніть увагу, що висоти слід приймати враховуйте різні консультанти, які встановлюють переваги, наприклад, «сталевий верх».

Якщо уподобання, нові елементи та бібліотеки слід використовувати у звичайному вигляді стандартів BIM CAD, то ці пункти необхідно вказати. Якщо додаткові дані (напр. вартість) мають бути пов'язані з елементами, це також потрібно вказати. Його потрібно встановити як і де мають бути створені нові об'єкти або елементи, і ким. Це має бути зазначено, як класифікувати елементи, і структуру бібліотеки для необхідно викласти проект.

Якщо потрібно використовувати шари, як це передбачено звичайними стандартами BIM CAD, це має бути заявив. Якщо ні (наприклад, через уподобання клієнта), використання шару для конкретного необхідно викласти відповідний проект. У протоколі необхідно визначити, хто має право на додавання або видалення шарів і який протокол для додавання або видалення шару. Якщо ручки мають використовуватися, як зазначено в звичайних стандартах САПР, це необхідно бути заявлено. В іншому випадку необхідно вказати використання набору пера для проекту. Протокол повинен визначати, хто має право змінювати набори ручок і що це за протокол для їх додавання або видалення.

Управління змінами: у протокольному документі має бути визначено метод, за допомогою якого зміна моделі керується та реєструється. BIM дозволяє консультантам працювати одночасно, а не дотримуючись традиційного послідовного робочого процесу. Налаштування формальний метод, за допомогою якого консультанти вимагають змін, дозволить внести зміни відстежується та відповідальність за будь-які несвоєчасні зміни (які можуть вплинути на проект розклад) взяти до відома.

Розробка протоколу: протокольні документи навряд чи будуть завершені спочатку складений. Можливо, виникнуть потреби в додаткових вимогах, або це може бути необхідним для внесення змін у ході проекту. Регулярні огляди BIM протоколу, як внутрішнього, так і з іншими співавторами в BIM заплановано, і за необхідності слід внести зміни та надіслати всім сторонам.

У протоколі має бути визначено, хто використовує модель BIM, хто

може вносити зміни дані після того, як вони були включені в модель BIM, і хто може переглядати модель BIM, але не може змінити модель BIM. Стосовно авторського права, протокол має визначити, як можуть бути ліцензії надається іншим учасникам для дозволених цілей.

Протокол також має стосуватися обмежень (за наявності) пов'язаної відповідальності з моделлю(ями) BIM. AEC (UK) BIM Protocol версії 2.0 заявлений AEC (UK) як 'уніфікація вказівок, передбачених попередніми документами, приведення робочі процеси разом в одному загальному документі, який можна застосувати до будь-якого проєкту з підтримкою BIM. Комплект документів будується на основі методичних рекомендацій і рамки, визначені документами стандартів Великобританії, включаючи BS 1192:2007 і майбутній PAS 1192-2:2012 разом із перевіреною найкращою практикою процедури, що забезпечують чіткий і стислий шлях до впровадження BIM авторське програмне забезпечення, наприклад Autodesk Revit і Bentley AECOsim Building AEC (UK) BIM Protocol v2.0 формує «центр» повного програмного забезпечення рішення. Додаткові документи містять додаткові деталі та вдосконалення необхідні для впровадження цих протоколів за допомогою спеціального програмного забезпечення для розробки BIM».

Чи є протокол BIM контрактом або договірним документом і в якому обсязі

важливо, щоб підрядник і професіонали з дизайну могли покладатися на моделі один одного проблеми, з якими потрібно зіткнутися та вирішити в протоколі BIM. Для того, щоб мати правові засоби захисту, сторони мають право ймовірно вимагатиме, щоб протокол BIM дійсно був контрактним документом. Зовсім недавно, поправки до контракту Joint Contracts Tribunal (JCT), внесені в грудні 2011 року в додаток до державного сектору Справедлива оплата, прозорість та інформаційне моделювання будівель (JCT, 2011) вимагають, щоб будь-який протокол BIM був контрактним документом.

Що стосується рівня довіри до моделей сторони не роблять жодних заяв щодо точності розмірів своїх моделей, і вони повинні використовуватися лише

для довідки – тому всі розміри необхідно отримати з креслень. Щоб уникнути складних і потенційно дорогих суперечок у майбутньому, будь-який протокол BIM повинен вирішувати цю проблему розмірної точності/рівня довіри разом із обсягом створених моделей (часто називають «рівнем визначення»). Успішний BIM залежить від суворого дотримання узгоджених стандартів (тобто стандартів програмного забезпечення, зберігання даних, пошуку даних тощо). Якщо немає однозначного документу протоколу BIM, на який можна посилатися, буде практично неможливо контролювати дотримання необхідних стандартів. Очевидно, що контроль за дотриманням стандартів стає дедалі меншою проблемою, оскільки учасники дедалі більше звикають працювати за ними. Однак, коли BIM використовується вперше, необхідні стандарти повинні бути надійно захищені, щоб забезпечити успішне впровадження нових робочих методологій. Навіть у рамках однієї практики модель, над якою працює багато співробітників, може швидко стати непридатною, якщо не дотримуватимуться узгоджені стандарти. Природно, коли BIM має використовуватися іншими особами за межами однієї практики, ще важливіше дотримуватись необхідних стандартів. Зрозуміло, що коли модель BIM використовується іншими консультантами, узгоджені стандарти повинні відповідати стандартам, застосовним до кожного з консультантів. Через цю потребу доцільно, щоб стандарти базувалися на загальному або універсальному стандартному документі. Одним із таких стандартів є BS 1192:2007 «Спільне виробництво архітектурної, інженерної та будівельної інформації». Кодекс практики». Попередня версія BS 1192, датована 1998 роком, надала керівництво для структурування та обміну даними CAD. Нова версія з акцентом на спільному виробництві має більш чіткий фокус і була оновлена до кодексу правил. Вперше новий стандарт пропонує чіткі вказівки щодо впровадження спільної роботи та надає технічні відомості про те, як використовувати добре структуровані імена для каталогів, файлів і шарів.

Тепер це кодекс практики, команді розробників знадобиться дуже вагома причина не впроваджувати BS 1192:2007. BS 1192:2007 встановлює

методологію управління виробництвом, розповсюдженням і якістю будівельної інформації, включно з інформацією, що генерується системами САПР, використовуючи дисциплінований процес для співпраці та визначену політику іменування. Стандарт застосовний до всіх сторін, залучених до підготовки та використання такої інформації протягом проектування, будівництва, експлуатації та демонтажу проектів, а також протягом усього ланцюга постачання. Стандарт також виступає в якості керівництва для розробників додатків, щоб вони могли підтримувати впровадження цього стандарту шляхом надання файлів конфігурації або додатків до додатків. Стандарт розвинувся, щоб надати професіоналам руку допомоги в тому, як вони можуть керувати інформацією, яка щодня проходить через їхні руки або комп'ютери.

Управління BIM BS 1192:2007 наголошує на важливості ефективної співпраці між учасниками будівельних проектів, щоб забезпечити можливість повторного використання даних з точністю та знаннями, щоб можна було досягти повної вигоди. Новий стандарт надає фірмам рекомендації щодо ефективного обміну даними та підвищення продуктивності всієї команди проекту, а також скорочення витрат. Співпраця між учасниками будівельних проектів є запорукою ефективності доставки об'єктів. Наразі багато проектів все більше працюють у нових середовищах спільної роботи з метою досягнення вищих стандартів забезпечення якості та повторного використання наявних знань і досвіду. Основною складовою цих середовищ для спільної роботи є здатність ефективно спілкуватися, повторно використовувати та обмінюватися даними без втрат, протиріч чи неправильного тлумачення.

Щороку значні ресурси витрачаються на внесення виправлень у нестандартні дані, навчання персоналу техніці створення даних, координацію зусиль субпідрядників, вирішення проблем, пов'язаних з відтворенням даних. Якщо впровадження стандартів не розглядається належним чином, існує ймовірність суттєвих перешкод як для продуктивності, так і для прибутковості команд проекту. BS 1192:2007 виправдовує включення «Кодексу правил» у

свою назву через вкрай необхідне включення вказівок щодо процесів, які повинні лежати в основі створення та управління проектними даними.

### **3.2. Структури декомпозиції проекту в системі BIM**

Структури декомпозиції проекту (СДП) в системі Building Information Modeling (BIM) відіграють ключову роль у визначенні та управлінні всіма елементами будівельного проекту. Цей інструмент сприяє систематизації та розподілу завдань та компонентів проекту, надаючи велику ступінь деталізації та контролю.

СДП в системі BIM визначаються як ієрархічні структури, які розкривають всі аспекти проекту від загального рівня до конкретних деталей. На початковому етапі вони включають основні етапи будівельного процесу, такі як архітектурне проектування, інженерія, будівництво та експлуатація. Поступово, на кожному рівні декомпозиції додаються нові підрівні та конкретні робочі елементи, щоб досягти повного розгортання всіх аспектів проекту.

У віртуальному просторі BIM, СДП використовуються для створення ієрархії об'єктів та елементів будівельної моделі. Наприклад, архітектурний етаж може бути поділений на зони, кожна з яких включає окремі приміщення та елементи інтер'єру. Такий деталізований підхід дозволяє кожному учаснику проекту взаємодіяти з конкретними частинами будівельної конструкції та аналізувати їх у контексті загального проекту.

Використання СДП в BIM також сприяє ефективній координації робіт між різними проектними групами. Кожна група може взяти на себе відповідальність за конкретний рівень декомпозиції та працювати над своїми завданнями, забезпечуючи при цьому гармонійну інтеграцію в межах загального проекту.

Враховуючи розглянуті аспекти, можна визначити, що СДП в системі

BIM стають основним інструментом для структурування, візуалізації та управління будівельним проектом на всіх його етапах. Це дозволяє забезпечити чіткість та логічність в управлінні проектом, а також покращує співпрацю між усіма учасниками будівельного процесу.

Поза вищезазначеними аспектами, важливо враховувати інші ключові риси та переваги використання Структур Декомпозиції Проекту (СДП) в системі Building Information Modeling (BIM):

- Гнучкість та Масштабованість. СДП в BIM надають можливість гнучкої адаптації до змін у проекті. Вони легко масштабуються та модифікуються, враховуючи нові елементи чи зміни в специфікаціях. Це дозволяє ефективно керувати проектом навіть у випадках змін у вимогах або дизайні.

- Візуалізація та розуміння. СДП надають візуальне представлення всієї ієрархії проекту, що полегшує розуміння структури та взаємозв'язків між елементами. Це особливо важливо для комунікації з усіма учасниками проекту, включаючи замовників, дизайнерів, інженерів та будівельників.

- Аналіз та оптимізація. СДП в BIM дозволяють проводити аналіз ресурсів, термінів виконання, а також інші види оптимізацій. Це стає можливим завдяки можливості систематизації та класифікації робіт на різних рівнях деталізації.

- Інтеграція з іншими інструментами. СДП легко інтегруються з іншими інструментами управління проектами, такими як системи планування ресурсів підприємства (ERP), що забезпечує єдність управлінського процесу та покращує взаємодію між різними підрозділами підприємства.

- Ефективність Робочих Процесів: Використання СДП дозволяє підвищити ефективність робочих процесів, зменшуючи можливість дублювання робіт та забезпечуючи систематизацію завдань. Це призводить до скорочення термінів виконання та оптимізації витрат.

- Синхронізація та оновлення в реальному часі. Системи BIM дозволяють вести роботу над проектом в реальному часі, забезпечуючи

автоматичну синхронізацію та оновлення СДП при будь-яких змінах в моделі. Це дозволяє усім учасникам проекту працювати з актуальною інформацією.

- Відстеження прогресу. СДП в BIM надають можливість точного відстеження прогресу виконання робіт на різних етапах проекту. Це сприяє плануванню та управлінню ресурсами, а також дозволяє вчасно виявляти та вирішувати можливі проблеми.

В цілому, використання СДП в системі BIM сприяє покращенню організації та управління будівельними проектами, надаючи зручний та ефективний інструмент для визначення, візуалізації та контролю всіх етапів робіт

### **3.3.Планування та моніторинг виконання проекту з використанням BIM**

Планування та моніторинг виконання проекту з використанням Building Information Modeling (BIM) є ключовими складовими ефективного управління будівельними проектами. Впровадження BIM у ці процеси надає та забезпечує більш точне та прозоре керування усіма етапами проекту, починаючи від концепції і закінчуючи експлуатацією.

- На етапі планування проекту з використанням BIM визначаються основні цілі, завдання та ресурси, а також встановлюється стратегія використання цифрової моделі будівлі. Це включає в себе:
- Визначення ресурсів, які будуть використовуватися для створення та управління BIM-моделлю. Це може включати в себе не лише технічні засоби, але й кваліфікацію персоналу, необхідного для роботи з BIM-технологіями.
- Розробка чіткого та реалістичного графіка виконання робіт з врахуванням усіх етапів проекту та взаємозв'язків між ними. BIM дозволяє враховувати терміни та зв'язки між різними частинами проекту для оптимального планування.

- Розподіл завдань між учасниками проекту з використанням ВІМ. Кожен учасник відповідає за конкретні аспекти моделі або робочих завдань, що дозволяє точно визначити відповідальність та уникнути недопорозумінь.
- Під час виконання проекту з використанням ВІМ важливо проводити систематичний моніторинг та аналіз виконання, враховуючи реальний прогрес та виправляючи можливі відхилення. Це включає такі етапи:
  - З використанням ВІМ можливий моніторинг в реальному часі. Зміни в моделі та їх вплив на робочі процеси можуть бути відстежені миттєво, дозволяючи швидко реагувати на будь-які зміни та проблеми.
  - Постійне відстеження прогресу виконання робіт у контексті графіка та планів. Застосування ВІМ дозволяє точно визначити, які роботи виконані, а які ще в очікуванні.
  - Моніторинг змін у проекті та їх вплив на ресурси, терміни та бюджет. ВІМ може автоматизувати процеси виявлення та аналізу змін, що полегшує прийняття рішень та управління ризиками.
  - Оптимізація Процесів.

На основі зібраної інформації відбувається постійна оптимізація зацікавлення та удосконалення робочих процесів. Зміни та удосконалення можуть бути внесені в реальному часі, що дозволяє ефективно адаптуватися до змінних умов та забезпечує високий рівень контролю за проектом.

Загалом, використання ВІМ у плануванні та моніторингу виконання проекту перетворює традиційний підхід до управління будівельними проектами. Це дозволяє забезпечити більшу точність, прозорість та ефективність в управлінні проектом на кожному його етапі, що призводить до покращення результативності та досягнення успішних результатів.

Іноді менеджера з інформації ВІМ також призначають координатором проекту ВІМ, оскільки ці дві ролі дуже тісно пов'язані і певним чином можуть вважатися такими, що їх може виконувати одна особа. Ролі та обов'язки ВІМ-координатора проекту включають:

- розробка, впровадження та підтримка протоколу BIM
- забезпечення того, щоб усі зацікавлені сторони узгоджувалися з протоколом BIM
- створення та підтримка програми координації BIM, яка узгоджується з програмою проекту
- виявлення будь-якого впливу на програму координації BIM, що виникає внаслідок помилок у передачі та використанні інформації під час процесу BIM
- створення семінарів з координації BIM та звітування про прогрес на зустрічах команди дизайнерів проекту
- ведення запису моделей BIM та їх статусу
- ведення запису про передачу прав власності на елементи (наприклад, передача елементів проектної роботи від архітектора до інженера-конструктора або навпаки)
- встановлення процедур контролю якості для перевірки того, що всі моделі є точними та що рівень деталізації відповідає меті
- виявлення та документування зіткнень між різними моделями дисциплін за допомогою програмного забезпечення для виявлення зіткнень
- забезпечення того, щоб кожна організація опублікувала версію моделі для кожного важливого етапу, визначеного в програмі координації BIM
- запис і моніторинг спільних даних і зв'язків між моделями (наприклад, сітки, рівні підлоги, спільні координати проекту)
- визначення та узгодження будь-яких потреб у спільній або спільній технічній інфраструктурі, вимог до сумісності пакетів програмного забезпечення та стандартів, які використовуватимуться кожним членом команди для виконання проекту BIM
- адміністрування узгодженого документа та системи обміну/публікації моделі
- мати виключну відповідальність і повноваження видавати обов'язкові інструкції з питань, пов'язаних з BIM

- координація передачі моделі та даних на узгоджених етапах у програмі координації BIM.

Координатор проекту BIM відповідатиме за створення та підтримку програми координації BIM, яка базується на досягненні етапних дат у проектній програмі команди дизайнерів. Програма координації визначатиме дати випуску ключових моделей, координаційні зустрічі BIM, дати випуску документації та будь-які інші етапи, пов'язані з управлінням процесом BIM. Програма координації BIM необхідна для забезпечення дотримання термінів проекту BIM. Процес співпраці, особливо над швидкими проектами, вимагає ретельного розгляду передачі інформації, щоб забезпечити координацію результатів. Недооцінка вимог кожної організації-учасниці щодо досягнення основних етапів зазвичай закінчується тим, що деякі організації виконують додаткову роботу, щоб забезпечити досягнення результатів, і це призводить до розчарування. Програма координації BIM допомагає команді проекту зрозуміти, які зусилля та часові обмеження потрібні для проекту.

Використовуючи та застосовуючи програму координації BIM, координатор проекту BIM також може якомога раніше повідомити керівника проекту про затримки, пов'язані з BIM, і скласти плани щодо їх усунення або зменшення. Це важливо, оскільки BIM — це координація.

### Висновки до розділу 3

Аспекти управління проектами будівництва з використанням BIM свідчать про переваги цієї технології у сучасному будівельному секторі. Впровадження BIM розширює можливості та підвищує ефективність у всіх етапах проектного циклу, вносячи інновації та покращення у традиційні підходи до управління проектами. За допомогою BIM, планування проекту стає більш точним та прозорим, дозволяючи розробляти реалістичні графіки виконання робіт та визначати залежності між різними завданнями. Відстеження виконання проекту в реальному часі надає можливість оперативно реагувати на будь-які зміни та уникати можливих проблем.

Ефективна взаємодія між учасниками проекту стає можливою завдяки чіткому розподілу завдань та відповідальностей у системі BIM. Це сприяє зменшенню можливостей для недорозумінь та дублювання робіт. Систематизація та ієрархічна структура моделі будівлі у BIM дозволяють всім учасникам проекту працювати з актуальною та узгодженою інформацією.

У контексті моніторингу виконання проекту, BIM відкриває можливості для точного відстеження прогресу та швидкого виявлення відхилень. Аналіз реальних даних дозволяє удосконалювати робочі процеси, а також забезпечує ефективне управління змінами та ризиками.

Окрім того, використання BIM сприяє оптимізації ресурсів та забезпечує інтеграцію з іншими технологіями управління проектами. Це створює умови для покращення робочих процесів та забезпечує високий рівень ефективності в управлінні будівельними проектами. Загальною висновкою є те, що впровадження BIM в управління проектами будівництва відкриває нові можливості для підвищення продуктивності та досягнення успішних результатів. Ця технологія стає ключовим фактором у модернізації будівельної галузі та підвищенні конкурентоспроможності в умовах швидко змінюючогося світу.

Також можна виокремити такі аспекти :

- Інноваційність та конкурентоспроможність. Використання BIM у управлінні проектами будівництва підкреслює інноваційний підхід до розробки та експлуатації будівель. Підприємства, які активно впроваджують цю технологію, здатні підвищувати свою конкурентоспроможність через вдосконалення ефективності та забезпечення високого рівня якості у кожному етапі проекту.
- Сталість та стійкість. BIM дозволяє забезпечити сталість та стійкість управління проектами навіть у змінних умовах. Враховуючи ризики та зміни у реальному часі, система BIM дозволяє підтримувати сталість виробничих процесів та швидко адаптуватися до нових обставин.
- Підвищення залучення замовників. BIM може слугувати ефективним інструментом для залучення замовників та інвесторів. Можливість візуалізації та інтерактивного взаємодії з проектом в режимі реального часу сприяє високому рівню розуміння та співпраці з усіма сторонами, що може позитивно впливати на розвиток партнерських відносин.
- Екологічна дієвість. BIM дозволяє враховувати екологічні аспекти в управлінні будівельними проектами, визначаючи оптимальні рішення для зменшення впливу на довкілля. Це стає важливим фактором у сучасному світі, де сталість та екологічна відповідальність набувають все більшого значення.
- Навчання та розвиток. Впровадження BIM також відкриває можливості для навчання та розвитку персоналу в будівельній галузі. Працівники можуть отримувати навички та знання, необхідні для ефективної роботи з цифровими технологіями, що сприяє підвищенню кваліфікації та професійному зростанню.

У розділі підкреслено важливість та переваги використання BIM в управлінні будівельними проектами, які визначають успішність та стійкість в реалізації будь-якого будівельного завдання у сучасному галузі будівництва

## РОЗДІЛ 4. ПЕРСПЕКТИВИ РОЗВИТКУ ВИКОРИСТАННЯ ВІМ В УПРАВЛІННІ БУДІВЕЛЬНИМИ ПРОЄКТАМИ

### 4.1. Потенціал та рекомендації впровадження ВІМ для покращення управління будівельними проєктами

Впровадження ВІМ в управління будівельними проєктами відкриває широкий потенціал для покращення ефективності та якості виконання завдань в будівельній галузі. Розглянемо основний потенціал та рекомендації для впровадження ВІМ у процеси управління будівельними проєктами.

1. Інтеграція та співпраця. ВІМ сприяє збільшенню рівня інтеграції та співпраці між різними учасниками проєкту. Рекомендується активно впроваджувати цю технологію для створення єдиної цифрової моделі, яка буде використовуватися всіма членами команди - від архітекторів до інженерів і будівельників.

2. Чітке визначення завдань та відповідальності. ВІМ надає можливість чітко визначати завдання та відповідальності кожного учасника проєкту. Рекомендується встановлювати чіткі ролі та відповідальності для кожного, щоб уникнути недопорозумінь та забезпечити координацію робіт.

3. Етапне планування впровадження ВІМ сприяє етапному плануванню проєкту. Рекомендується деталізувати робочі процеси та визначити етапи виконання завдань для оптимального використання технології на кожному етапі проєкту.

4. Систематичний моніторинг та аналіз регулярний моніторинг та аналіз прогресу за допомогою ВІМ дозволяє оперативно виявляти можливі відхилення та ризики. Рекомендується використовувати цю інформацію для прийняття обґрунтованих рішень та оптимізації робочих процесів.

5. Навчання та розвиток команди впровадження BIM вимагає навчання та розвитку персоналу. Рекомендується проводити тренінги та семінари для забезпечення кваліфікацій персоналу у роботі з цифровими технологіями.

6. Залучення замовників BIM може слугувати ефективним інструментом для залучення замовників та інвесторів. Рекомендується активно використовувати можливості візуалізації та інтерактивності для забезпечення замовників достовірною та зрозумілою інформацією.

7. Екологічна дієвість BIM може бути використаний для врахування екологічних аспектів управління проектами. Рекомендується активно використовувати BIM для розробки оптимальних та екологічно чистих рішень.

Враховуючи вищенаведені рекомендації та потенціал BIM, важливо підкреслити, що впровадження BIM в управління будівельними проектами є довгостроковою стратегією, спрямованою на створення стабільного та інноваційного середовища в галузі будівництва. Враховуючи динаміку ринку та зростаючі вимоги, використання BIM стає ключовим фактором для успішної реалізації проектів та забезпечення їхньої відповідності сучасним стандартам.

Потенціал BIM управління будівельними проектами не обмежується лише покращенням ефективності та якості процесів. Ця технологія відкриває шлях до новаторських підходів у реалізації проектів, створюючи зручні умови для інтеграції нових ідей та передових технологій. Окрім того, важливо зазначити, що успішне впровадження BIM вимагає не лише технічної готовності, але й зміни корпоративної культури та підготовки персоналу до використання цифрових інструментів. Компанії, які активно інвестують у розвиток компетенцій своєї команди та впровадження сучасних технологій, забезпечують собі конкурентну перевагу на ринку будівельних послуг.

Потенціал інформаційного моделювання будівель (BIM) для підтримки трансформації процесів проектування та будівництва був очевидним у

будівельній галузі. Незважаючи на те, що BIM вважається корисним для покращення якості проектування шляхом усунення конфліктів і зменшення кількості переробок, мало досліджень щодо використання BIM у всьому проекті для контролю якості будівництва та ефективного використання інформації. Завдяки узгодженості проектних даних з даними про якість, а процесу будівництва з процесом контролю якості, потенціал впровадження BIM в управління якістю полягає в його здатності представляти багатовимірні дані, включаючи проектні дані та часову послідовність. У цьому документі досліджуються та обговорюються переваги 4D BIM для якісного застосування на основі будівельних кодів шляхом побудови моделі в структурі визначення даних продукту, організації та процесу (POP). Наведено практичне дослідження для підтвердження використання запропонованої програми 4D BIM для контролю якості на етапі будівництва Міжнародного виставкового центру Wuhan International EXPO Center.

Якість продукту відображається в його здатності задовольняти заявлені або неявні потреби та внутрішні характеристики готового продукту на додаток до його зовнішнього дизайну. Таким чином, якість будівельного продукту можна визначити як: ступінь, до якого заявлені або неявні потреби та внутрішні характеристики гарантуються під час процесу будівництва. Це дослідження визначає якість як відповідність будівельним нормам і специфікаціям.

В офіційних документах у 2006 році в Китаї було зареєстровано 882 випадки порушення якості та безпеки будівництва. Протягом 2007–2008 років щонайменше 37 нещасних випадків зі смертельними наслідками сталися через неякісну роботу проектів. За перше півріччя 2009 року зареєстровано 257 випадків нещасних випадків на виробництві з якості та безпеки будівництва, в яких загинуло 306 осіб. Згідно зі статистичними даними, із 147 інженерних аварій, зібраних дослідниками, близько 1/3 руйнувань малоповерхових будинків були викликані неправильними методами або матеріалами будівництва. Більшість нещасних випадків, пов'язаних із якістю будівлі, на етапі будівництва трапляються в багатоповерхових проектах. 29% аварій на будівництві в

Німеччині безпосередньо пов'язані з проблемами якості будівництва. Аварії на об'єкті через низьку якість значно гірші в Китаї.

Через невизначеність і складність управління будівництвом і мінливість у проектному середовищі, якість слід ретельно досліджувати та контролювати на кожному етапі будівництва. На основі досвіду будівельних експертів і обширного огляду літератури існує три фактори, які сприяють труднощам в управлінні якістю. По-перше, критерії контролю якості для окремих компонентів розкидані в різних національних, промислових і місцевих кодексах контролю якості будівництва. Також часто ці специфікації перехресно посилаються одна на одну, створюючи складні залежності між специфікаціями. Наприклад, під час струминного цементування існує більше 3 кодів вимог щодо розміру, форми та механічних властивостей. По-друге, складно визначити відповідальність за аварію, оскільки учасники проекту формують складну мережу взаємовідносин. По-третє, нині контроль якості зосереджений на кінцевому компоненті, при цьому значно менше уваги приділяється контролю якості під час процесу будівництва. Ці проблеми значно ускладнюють управління будівництвом і сприяють дефектам якості. Через ці розрізнені та суперечливі коди високомобільні учасники проекту дотримуються лише підмножини кодів якості без повного розуміння. Таким чином, приховані небезпеки якості заховані глибоко в системі, що може створити потенціал для майбутніх будівельних катастроф.

Інші дослідники використовували комп'ютерну інформаційну технологію для розробки програм управління якістю для забезпечення якості, для створення веб-системи управління якістю для ефективного обміну інформацією та для інтеграції планування з інспектуванням і тестуванням, звітуванням про невідповідності та з коригуючими діями на етапі будівництва. Попередні дослідження були проведені для полегшення обміну інформацією та зв'язування розрізненої інформації. Однак у цих дослідженнях не вдалося повністю використати цифрову інформацію в проектній документації шляхом автоматичної передачі інформації, пов'язаної з якістю, у фразу конструкції, а

також належним чином розглянути взаємозв'язок між трьома основними факторами управління якістю: продуктом, організацією та процесом. Оскільки накази про внесення змін і графіки перевірок постійно змінюються протягом усього процесу будівництва, план контролю якості слід коригувати на основі як просторових, так і часових даних. Комплексний характер цих факторів вказує на те, що технологія візуалізації 4D (3D модель плюс час) буде вигідною для оцінки якості під час будівництва. Використання технології інформаційного моделювання будівель (BIM) у будівельних проектах має потенціал для покращення не лише процесу будівництва, але й процесу контролю якості шляхом зміни способу взаємодії учасників проекту один з одним.

BIM найчастіше сприймається як інструмент для візуалізації та координації АЕС (архітектура, інженерія та будівництво) робіт, уникнення помилок і упущень, підвищення продуктивності та підтримки планування, безпеки, управління вартістю та якістю будівельних проектів. Він включає в себе всі будівельні компоненти, включаючи геометрію, просторові відносини, властивості та кількості. BIM також може генерувати та підтримувати інформацію, отриману протягом усього життєвого циклу будівельного проекту — від проектування до технічного обслуговування — і може бути застосовано в різних сферах. Прикладами цього дослідження є BIM: планування та оцінка витрат, інтеграція перевірки безпеки для динамічного аналізу безпеки та динамічне управління безпекою на будівельному майданчику. Дослідження показують, що BIM є корисним для підготовки графіків і оцінок, відстеження та управління змінами, а також управління логістикою сайту. Більш обґрунтовані рішення зацікавленими сторонами проекту можуть бути прийняті завдяки відкритому спілкуванню та обміну даними, які зараз є здійсненими, після легкої перевірки вимог до проекту, а продуктивність можна проаналізувати за допомогою BIM. Однак немає досліджень найкращої практики, які б демонстрували впровадження 4D BIM-додатку для підвищення якості будівельних проектів.

Використання BIM забезпечило засіб підвищення загальної якості проекту. Він покращує якість проектування наступними способами:

- 1) підвищує ефективність і точність і покращує оцінку дизайну та комунікацію;
- 2) зменшує помилки за рахунок кращої координації між документами та всією командою, таким чином мінімізує конфлікти ;
- 3) моделювання та оптимізація можуть бути проведені для кращої продуктивності, зниження витрат і скорочення часу виконання;
- 4) автоматична генерація технічної документації виробляє точну та послідовну інформацію ;
- 5) скорочує витрати та час на технічне обслуговування, надаючи своєчасну та відповідну інформацію керівництву об'єкта ще на стадії проектування .

Дослідники сходяться на думці, що BIM може бути корисним для покращення якості проектів і що в майбутньому все більше проектів використовуватимуть BIM для передачі інформації від етапу проектування до будівельних робіт. Однак чітких вказівок щодо використання BIM для покращення якості немає . З огляду на це, у цьому документі пропонується програма на основі 4D BIM для управління якістю у фразі будівництва, яка може принести користь проекту наступними способами:

Забезпечення узгодженості інформації від проектування до фази будівництва. BIM — це параметричне моделювання, яке забезпечує табличні представлення компонентів і характерні взаємодії з їхніми елементами, такими як: ім'я, тип, атрибути, зв'язки та метадані. Великі дані для кожного будівельного виробу можуть бути використані як основа для автоматичної оцінки значущості відхилень між умовами проекту та виконання, замість того, щоб вручну оцінювати окремі креслення та змінювати замовлення.

Послідовність управління процесом під час будівництва. Відсоток виконання кожної діяльності в графіку будівництва можна безперервно переглядати в програмі BIM [30]. Таким чином, перевірки якості можна запланувати відразу після завершення одного завдання, перед початком

наступного завдання, що робить процес перевірки якості своєчасним і узгодженим з процесом будівництва;

Співпраця між учасниками. Використання технології BIM у будівельних проектах має потенціал для покращення процесу, дозволяючи всім членам команди співпрацювати точніше та ефективніше, ніж при використанні традиційних процесів

Необмежене розширення використання інформації BIM у поєднанні з іншими передовими технологіями. Ці передові технології пов'язують цифрове з фізичними об'єктами . Уже були проведені дослідження для дослідження поєднання BIM та інших технологій, таких як AR (доповнена реальність) для управління дефектами якості .

Отже, впровадження Building Information Modeling в управління будівельними проектами є стратегічним кроком у напрямку оптимізації та сучасного розвитку галузі. Зрозуміння потенціалу BIM та систематична реалізація рекомендацій можуть значно покращити якість проектів, зменшити ризики та забезпечити стійкий розвиток в умовах сучасного будівельного ринку.

#### **4.2. Виклики, перешкоди та перспективи в роботі менеджерів при впровадженні BIM**

Впровадження BIM у будівельній галузі, хоча і обіцяюче, зіштовхується з рядом викликів та перешкод для менеджерів проектів. Одним із викликів є потреба в серйозних змінах в організаційних процесах та в культурі компаній. Введення цифрових технологій вимагає нових навичок управління та готовності персоналу адаптуватися до інновацій. Першою перешкодою є вартість впровадження та навчання персоналу. Реалізація BIM вимагає інвестицій у програмне забезпечення, обладнання та навчання персоналу для ефективного використання цієї технології. Це може бути важко для менеджерів, які повинні раціоналізувати бюджет та переконати вище керівництво в необхідності інвестицій. Ще однією перешкодою є необхідність

стандартизації та спільної роботи між різними учасниками проекту. Відсутність єдиної стандартизованої системи BIM може призвести до конфліктів та труднощів у взаємодії між архітекторами, інженерами, підрядниками та іншими учасниками. Крім того, величезний обсяг даних, які генерує BIM, може викликати труднощі у їх обробці та зберіганні. Менеджери повинні вирішити питання щодо безпеки, інтеграції та ефективного використання цих об'ємних інформаційних потоків.

З необхідністю змін у внутрішніх процесах та інфраструктурі виникає виклик щодо прийняття нових методологій та підходів до роботи. Менеджери повинні бути готові до того, що впровадження BIM супроводжується значним культурним та організаційним змінами. Однак, при всіх цих викликах, впровадження BIM відкриває перед менеджерами широкі перспективи. Вона дозволяє покращити взаємодію та комунікацію між учасниками проекту, спростити планування та моніторинг виконання, а також забезпечити точніше управління ресурсами та витратами. Підвищення продуктивності та якості робіт, зменшення ризиків та підвищення конкурентоспроможності - це лише деякі з переваг, які можна отримати з впровадженням BIM в управлінні будівельними проектами.

Нові можливості, що відкриваються завдяки впровадженню BIM, також полягають у покращенні прогнозування та управління ризиками. Здатність реалізовувати сценарії та визначати можливі проблеми ще на етапі проектування дозволяє менеджерам зменшити ймовірність затримок та невдач.

Однією з перспектив є також підвищення відповідальності та прозорості в управлінні. BIM дозволяє створювати документацію та аналізувати дані в реальному часі, що полегшує моніторинг процесів та дозволяє ефективно реагувати на будь-які зміни у проекті.

Перспективою впровадження BIM є також забезпечення сталості та екологічної відповідальності. Врахування аспектів сталого розвитку у виробничих процесах та вибір оптимальних рішень для зменшення впливу на

довкілля стає більш доступним та ефективним завдяки аналізу BIM.

Отже, впровадження BIM, хоча й супроводжується викликами та перешкодами, відкриває широкий потенціал для покращення управління будівельними проектами. Менеджери, які готові до адаптації та вдосконалення своїх підходів, зможуть скористатися перевагами цифрових технологій у своїй роботі, що призведе до більш якісного та ефективного виконання будівельних проектів.

Враховуючи переваги, можна припустити, що впровадження BIM має бути головним пріоритетом для фірм, впроваджуватися на всіх/більшості проектів, підтримуватися власниками всіх типів проектів і значно підвищити ефективність проекту. Однак це не так. Багато бар'єрів все ще існують. Наприклад, сумісність визначається як одна з головних переваг впровадження BIM. Інтероперабельність визначається як здатність програмного забезпечення/комп'ютерної системи обмінюватися інформацією з однієї платформи на іншу без втрати інформації. Взаємодія між програмними системами дозволяє багатьом зацікавленим сторонам проекту співпрацювати, оскільки деталі проекту та інформація вдосконалюються, оновлюються та розвиваються. Це дає допомогу при розробці проблем і змінює робочий процес, що призводить до меншої кількості помилок (Azhar 2011), зменшує надмірність завдань, підвищує ефективність і дозволяє зацікавленим сторонам витратити більше часу на аналіз даних, ніж на їх повторне створення. Однак одна з найбільших проблем сумісності походить від економіки, в якій ми працюємо. З одного боку, наявність кількох постачальників програмного забезпечення сприяє інноваціям, ринковій конкуренції та зниженню вартості програмного забезпечення; водночас це також створює проблеми, які може бути важко вирішити, особливо щодо сумісності.

Враховуючи безліч компаній-виробників програмного забезпечення на сьогоdnішньому ринку існує більша ймовірність того, що багато програмного забезпечення несумісні одне з одним, якщо їх не створила одна організація. Також є випадки, коли ці дані були втрачені в процесі передачі (Tulenheimo

2015). Імовірність того, що зацікавлені сторони використовують різне програмне забезпечення, також є високою, враховуючи контекст проекту, галузеве розмаїття та переваги програмного забезпечення зацікавлених сторін. Крім того, існує ймовірність того, що зацікавлені сторони проекту не знайомі з його перевагами або не знають про протоколи передачі інформації, що робить сумісність програмного забезпечення непридатною для використання (Migilinskasa et al. 2013). Крім того, можна заощадити час і гроші включає в себе параметри ВІМ, ефективні процеси та багатофункціональні інструменти, але вимагає значних початкових інвестицій. Ці перші інвестиції включають час і вартість навчання та найму співробітників для використання ВІМ і пов'язаного з ним програмного забезпечення, а також потребу в доповненні програмного забезпечення та кращого обладнання (Tulenheim 2015). Окрім бар'єрів зі списку, на продуктивність організації може вплинути постійне навчання, яке потребують співробітники.

Наявність таких ресурсів (часу та грошей) може бути неправдоподібною для менших/нових фірм, що призведе до того, що організації можуть бути пасивними щодо впровадження ВІМ (Migilinskasa та ін. 2013). Крім того, з використанням ВІМ ще одним потенційним занепокоєнням серед зацікавлених сторін, особливо генерального підрядника, є повноваження редагувати модель, коли кілька зацікавлених сторін очікують брати участь у створенні та розробці моделі, таким чином створюючи занепокоєння щодо юридичних, договірних та відповідальних означає, особливо коли кілька зацікавлених сторін постійно розробляють/редагують модель проекту. У такому сценарії важко переконатися у відсутності помилок і, якщо вони є, визначити відповідальну зацікавлену сторону. Крім того, керування моделлю протягом проекту може викликати занепокоєння. Окрім публічних проектів, модель власності також може бути проблемою, яку потрібно вирішити на початку проекту.

Таким чином, узагальнюючи, ВІМ є інноваційною концепцією для більшості фірм, що працюють у галузі АЕС. ВІМ пропонує нову парадигму

проектування, будівництва, експлуатації та обслуговування об'єктів. Однак, навіть при найбільш сумлінному використанні, зацікавлені сторони можуть зіткнутися з проблемами під час його впровадження в проєкті або в організації. Часом зацікавлені сторони проєкту не знають про труднощі, з якими вони можуть зіткнутися під час впровадження на рівні проєкту чи організаційному рівні. Таким чином, дослідження було спрямоване на виявлення та узагальнення всіх проблем/бар'єрів, пов'язаних із впровадженням BIM на рівні проєкту та організаційному рівні, згідно з літературою.

Дослідження мало на меті визначити бар'єри, пов'язані з впровадженням BIM, після ретельного огляду літератури. Проаналізувавши різні дослідницькі публікації, дослідження вдалося визначити 36 перешкод, які впливають на впровадження BIM. Більшість викликів, у тому числі ті, які найчастіше зустрічаються в літературі, були визначені на рівні організації. Це вказує на те, що компаніям доводиться долати більший опір щодо впровадження BIM, ніж проєктів. Більшість суттєвих перешкод стосувалися підготовки працівників, їхньої відсутності

національні стандарти BIM у США, управління даними та сумісність програмного забезпечення. Якщо різні державні та приватні організації, пов'язані з будівельною галуззю, не подолають ці перешкоди якнайшвидше, існує висока ймовірність того, що ці перешкоди можуть почати впливати на рівні проєкту та загальне впровадження BIM у галузі. Крім того, два з трьох найпоширеніших бар'єрів «Час, необхідний для найму/навчання людей використанню BIM, і Вартість найму або навчання людей використанню BIM» стосувалися економічних умов компанії та її здатності інвестувати в підтримку інноваційності та конкурентоспроможність. Ці два бар'єри можуть мати вирішальне значення для малих і середніх проєктних і будівельних компаній.

Дослідження надає проєктним і будівельним компаніям, які або мають низьку зрілість BIM, або ще не запровадили BIM, здатність визначати та визначати пріоритети проблем. Роблячи це, компанії можуть відповідним чином відповісти на кожен з визначених проблем під час створення плану

впровадження BIM. Крім того, це дослідження підкреслює потребу в програмному забезпеченні, яке є одним із важливих аспектів подальшого впровадження BIM у галузі.

Майбутні дослідження також необхідно провести, щоб визначити серйозність виявлених проблем з точки зору зацікавлених сторін, таких як проектні фірми, будівельні фірми, власники та інші. Цей аналіз важливий, оскільки кожен із визначених викликів може сприйматися кожною зацікавленою стороною по-різному, залежно від серйозності. Тому в майбутньому рекомендується аналіз серйозності виявлених проблем з точки зору зацікавлених сторін. Дослідники також вважають, що кожен із цих бар'єрів можна згрупувати в ширші категорії, такі як сумісність, освіта, наймання, технології, правові проблеми та інші, щоб визначити групи, які охоплюють максимальні виклики. Крім того, дослідники очікують, що з часом завдяки технологічному прогресу деякі проблеми можуть бути усунені. Більше того, необхідність постійного оновлення проблем, пов'язаних із впровадженням BIM на проектному та організаційному рівні, вважається важливою.

#### **4.3. Врахування змін до нормативної бази України та вплив на методи управління проектами в будівництві**

Впровадження Building Information Modeling (BIM) в сферу будівництва вносить значні зміни в нормативну базу та методи управління проектами. Це тісно пов'язано з широким переходом від традиційних паперових документів та 2D-моделей до цифрових технологій та тривимірних інформаційних моделей. Зміни в нормативній базі стають основою для створення стандартів та правил використання BIM. Багато країн та регіонів вже розробляють та впроваджують відповідні документи, які регулюють використання цієї технології в будівельній галузі. Це охоплює вимоги до змісту BIM-моделей, обов'язковість використання

ВІМ на окремих етапах проекту, а також узгодженість між учасниками проекту в їх використанні.

Враховання змін до нормативної бази впливає на методи управління проектами в будівництві у багатьох аспектах. По-перше, впровадження нових стандартів змінює підходи до розробки та виконання проектів, вимагаючи адаптації методів управління. По-друге, зміни в нормативах стимулюють вдосконалення процесів управління якістю та безпекою в будівельних проектах. Діловодство стає більш структурованим та прозорим завдяки можливості в реальному часі аналізувати та змінювати ВІМ-моделі. По-третє, враховання змін до нормативної бази вимагає посилення співпраці між різними учасниками проекту, що впливає на комунікацію та обмін інформацією між архітекторами, інженерами, підрядниками та замовниками. Це вимагає зміни традиційної ієрархії та підтримки нових методів взаємодії. В цілому, враховання змін до нормативної бази та впровадження ВІМ впливає на управління проектами в будівництві, роблячи його більш ефективним, прозорим та адаптованим до сучасних вимог галузі.

Впровадження в Україні технологій інформаційного моделювання будівель — ВІМ-технологій, дозволить вивести будівельну галузь на новий рівень, підвищити якість контролю будівельних робіт та сприятиме реалізації в країні сучасних проектів. Це, у свою чергу, зможе позитивно вплинути на підвищення позиції України у рейтингу легкості ведення бізнесу Doing Business за компонентом “Отримання дозволів на будівництво”.

Таку думку висловив заступник Міністра регіонального розвитку, будівництва та житлово-комунального господарства України Лев Парцхаладзе..

“У сучасному суспільстві відбуваються дуже швидкі зміни, пов’язані зі стрімким розвитком інформаційних технологій. Більшість країн вже включилися до процесу переходу на ВІМ-технології. Це Великобританія, США, Нідерланди,

Сінгапур, Казахстан, Білорусь та інші країни. Україна також розпочала роботу щодо введення BIM-технологій. І ми маємо розвивати цей напрям. Це не лише сприятиме реалізації в країні нових сучасних проектів і виведе українську будівельну галузь на більш високий рівень проектування, а й підвищить якість контролю будівельних робіт. Це, у свою чергу, позитивно вплине на позицію України у рейтингу Doing Business за компонентом “Отримання дозволів на будівництво” – сказав він.

Серед плюсів впровадження BIM-технологій Парцхаладзе назвав моментальне отримання доступу до будь-якої інформації про об’єкт, якісний контроль робіт на всіх етапах, уникнення колізій у проектах, істотне скорочення вартості будівництва, а також більш раціональне використання ресурсів.

“Головна перевага у впровадженні BIM-технологій у будівництві — можливість досягти практично повної відповідності характеристик майбутнього об’єкта вимогам замовника, що дуже важливо”, — підкреслив заступник Міністра. Загалом BIM-технології передбачають віртуальне будівництво об’єкта до його фактичного зведення. Це дозволяє зменшити невизначеність, підвищити безпеку, вирішити проблеми, а також моделювати і аналізувати потенційні впливи різних чинників на всіх етапах будівництва. Зараз Україна — одна з лідерів за темпами зростання у Doing Business серед 190 країн. За показником “Отримання дозволів на будівництво” за 2 роки ми покращили позицію з 140 на 30-те місце. У загальному рейтингу наша країна займає 71 сходинку.

Кабінет Міністрів України затвердив розроблену Мінрегіоном Концепцію впровадження технологій будівельного інформаційного моделювання (BIM-технологій) в Україні, а також план заходів з її реалізації. Відповідне розпорядження було прийнято 17 лютого. Застосування BIM-технологій – один із ключових кроків цифрової трансформації будівництва.

У більшості розвинених країн світу вже активно застосовуються BIM-технології під час проектування об'єктів будівництва. Зокрема, для об'єктів державного замовлення, їх використання обов'язкове. Українська будівельна галузь наразі має дуже низький рівень цифровізації, а BIM-технології застосовують у своїй діяльності лічені організації.

«BIM-технології – інструмент подальшого реформування, модернізації та цифрової трансформації будівельної галузі України. Їх системне впровадження на державному рівні дозволить оптимізувати витрати на будівництво та експлуатацію об'єктів, підвищити надійність та безпеку будівель та споруд, зробити вітчизняну будівельну продукцію конкурентоздатною», – зазначає Міністр розвитку громад та територій Олексій Чернишов. Також BIM-технології – це новий підхід до управління цифровою інформацією, що застосовується у будівництві та містобудуванні та передбачає збір і комплексну обробку всієї архітектурно-конструкторської, технологічної, економічної та іншої інформації про об'єкт. Завдяки їх застосуванню можна віртуально відтворити об'єкт ще до початку його будівництва, відслідковувати процеси життєвого циклу будівельного об'єкту – від проектування до його зведення, експлуатації та демонтажу. Такий підхід дає змогу підвищити безпеку та надійність будівель і споруд, здійснювати оперативне керівництво процесами будівництва та контролю якості виконання будівельних робіт, суттєво зменшити ймовірність помилок у проектах, зменшити вартість будівництва та оптимізувати витрати на стадії експлуатації.

Концепція визначає механізми впровадження BIM-технології у будівництві як інструменту для подальшої цифрової трансформації будівельної галузі України. Вона розрахована до 2025 року і буде реалізовуватись поетапно.

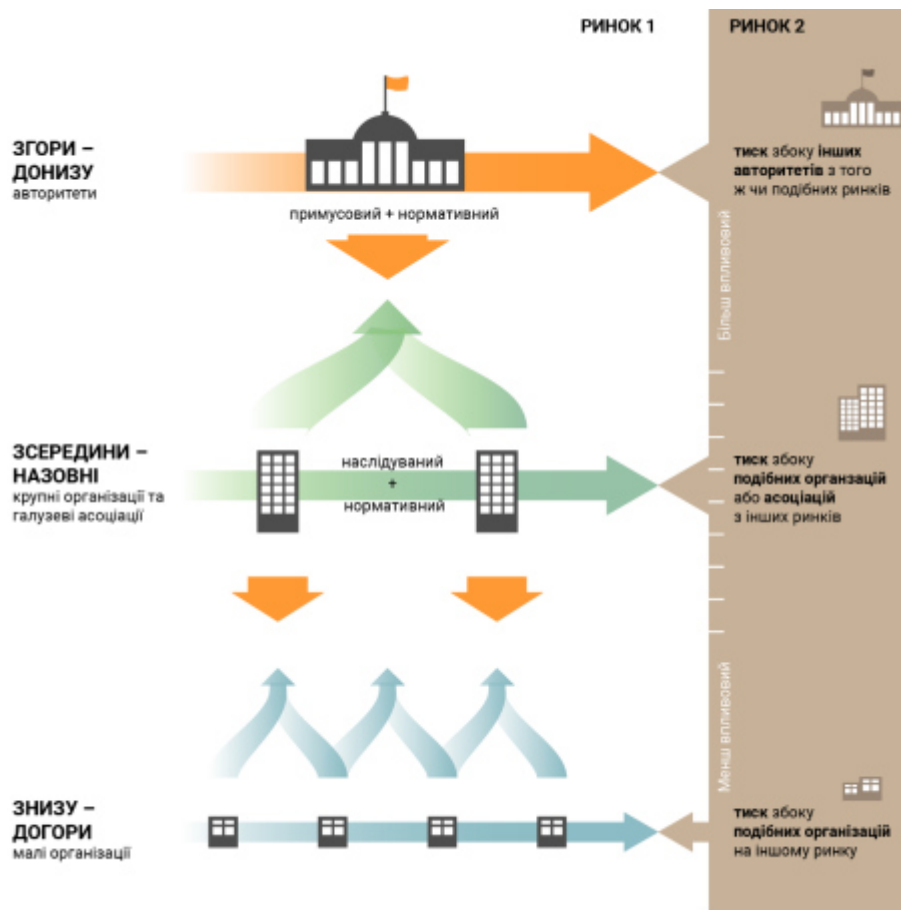


Рис4.3.1. Модель поширення ВІМ [].

На початковому етапі протягом 2021 – 2022 років передбачається:

- розробити та затвердити необхідні зміни в акти законодавства у сфері застосування ВІМ-технологій;
- прийняти нормативні документи (стандарти), гармонізовані з міжнародними та європейськими нормативними документами із будівельного інформаційного моделювання;
- прийняти національні стандарти, які визначають основні вимоги до проектної документації та проведення експертизи;
- затвердити Національний класифікатор будівель і споруд та Національний класифікатор будівельної продукції, матеріалів, робіт та послуг;
- розробити проекти повторного використання для пріоритетних об'єктів соціальної інфраструктури, створених із використанням ВІМ-технологій;

- розробити методичку визначення та оцінювання життєвого циклу об'єктів будівництва;
- забезпечити умови для навчання (підвищення кваліфікації) щодо використання BIM-технологій у будівництві.

На другому етапі з 2023 до 2025 року передбачається:

- забезпечити повну актуалізацію будівельних норм з урахуванням особливостей застосування BIM-технологій;
- забезпечити реалізацію пілотних проектів будівництва з використанням будівельного інформаційного моделювання на рівні не менше ніж 10 відсотків проектів будівництва, що фінансуються за рахунок видатків державного бюджету. Формування наступних кроків суттєво залежить від результатів 1-ої фази, темпів досягнення поставлених у ній цілей та появи нових технологій, які знаходяться у стані постійного розвитку. При цьому розпочаті на 1-ій фазі заходи потребують продовження та більш глибоко використання. Загалом, усі заходи можна поділити за напрямками: організаційний, дослідження, стандартизації, юридичний, освітній, комунікаційний, державне замовлення та досягнення визначених BIM-рівнів. Для наочності та розуміння відмінностей між усіма складовими процесу впровадження далі наводиться загальний план впровадження BIM-технологій в Україні.



## Висновки до розділу 5

ВІМ в управлінні будівельними проектами вказує на обіцяючий шлях розвитку цієї технології у будівельній галузі. Зростання використання ВІМ відображає високий рівень інтересу та підтримки з боку індустрії, що вказує на значущий внесок цієї технології в ефективність та якість будівельних проєктів.

Перспективи використання ВІМ полягають у подальшому розширенні функціоналу та можливостей цієї технології. Прогрес у напрямку використання штучного інтелекту, аналізу даних та розширеної реальності дозволить ще глибше інтегрувати ВІМ у всі аспекти управління проектами. Вдосконалення інтерфейсів та зручність використання програмних засобів ВІМ також сприятимуть його широкому прийняттю серед фахівців галузі.

Розширення використання ВІМ в глобальному масштабі впливає на стандартизацію та уніфікацію процесів у будівельній галузі. Спільні стандарти та протоколи обміну даними дозволять різним учасникам проєктів ефективно взаємодіяти та спільно працювати, що збільшить швидкість виконання проєктів та знизить ризики помилок. Окрім того, перспективи розвитку використання ВІМ включають рост популярності цієї технології в малих та середніх будівельних підприємствах. Зниження вартості програмного забезпечення та розширення навчальних ресурсів забезпечать більший доступ до ВІМ для широкого кола фахівців.

Перспективи розвитку використання Building Information Modeling (ВІМ) в управлінні будівельними проектами включають зростання співпраці та інтеграції з іншими технологічними та інноваційними рішеннями. Об'єднання ВІМ із штучним інтелектом, Інтернетом речей та блокчейн-технологіями може відкрити нові можливості для управління проектами, забезпечуючи вдосконалену аналітику, автоматизацію та забезпечуючи взаємодію з іншими сучасними системами.

Розширення застосування ВІМ в секторі інфраструктури та міського

планування також є перспективною областю. Це може включати в себе використання BIM для оптимізації робіт із реконструкції та розширення доріг, транспортних мереж, водопостачання та інших великих інфраструктурних об'єктів, що вимагають комплексного управління.

Очікується, що з часом буде розроблено та впроваджено нові стандарти та методології для використання BIM в різних країнах та галузях. Це стане додатковим стимулом для уніфікації та взаємодії між різними підприємствами та професіоналами у будівельній галузі.

BIM в управлінні будівельними проектами обумовлюють інноваційні зміни в екологічно-стійкому будівництві. BIM може стати ключовим інструментом для оптимізації використання ресурсів та ефективного планування сталого будівництва. Аналіз впливу на навколишнє середовище, оптимізація матеріалів та використання енергії можуть бути легко впроваджені в BIM, сприяючи зменшенню вуглецевого сліду будівництва. Зростання використання віртуальної реальності та доповненої реальності в синергії з BIM відкриває можливості для учасників проекту візуалізувати та взаємодіяти з проектом ще на етапі його концептуалізації. Це полегшує прийняття рішень та сприяє більшій залученості всіх сторін, що має ключове значення для успішності будівельного проекту. Загалом, BIM не лише просто автоматизує процеси управління проектами, але і стає механізмом для впровадження новаторських ідей, підвищення якості та сталості будівництва. Його гнучкість та здатність адаптуватися до змін в технологічному середовищі роблять BIM важливим інструментом для будівельної галузі в майбутньому.

Усе це вказує на те, що BIM визначає нові стандарти для ефективного управління будівельними проектами, стаючи каталізатором для постійного розвитку та сучасного підходу до проектного управління в будівельній галузі. Узагальнюючи, перспективи використання BIM в управлінні будівельними проектами виглядають обіцяюче та зоряне. З ростом свідомості, підтримкою галузі та сталою тенденцією до цифрової трансформації, BIM стає не просто інструментом, але й необхідною складовою для досягнення високих

стандартів в управлінні будівельними проєктами.

## ВИСНОВКИ

Написавши наукову роботу та поринувши у тему дослідження можна зробити висновок про важливість та перспективність впровадження BIM у будівельну галузь. Використання BIM в управлінні будівельними проектами виявляється ключовим фактором у досягненні високої ефективності та стандартів якості. Ця технологія дозволяє не лише покращити координацію між учасниками проекту, але й зробити процес управління більш прозорим та ефективним.

Аналізуючи результати дослідження, стає очевидним, що впровадження BIM сприяє не тільки підвищенню точності та консистентності даних, але й покращує здатність аналізувати та прогнозувати різні аспекти проекту. Це дозволяє менеджерам проектів приймати інформовані рішення та вчасно реагувати на зміни. Зазначені в роботі методи та інструменти впровадження BIM визначають напрямки розвитку та удосконалення процесів управління будівельними проектами. При цьому важливо враховувати гнучкість підходу та готовність до постійного вдосконалення, оскільки технологічні та індустріальні виклики змінюються. У майбутньому, ймовірно, спостерігатимемо подальше розширення функціоналу BIM та зростання його впливу на всі аспекти будівельного циклу. Здатність BIM стати інтеграційним каркасом для взаємодії різних сторін та технологій вказує на те, що вона стане необхідністю для будь-якої успішної будівельної організації. Враховуючи, використання BIM управляє та перетворює парадигму будівельної галузі, роблячи її більш ефективною, стійкою до змін та готовою до майбутніх викликів.

Впровадження BIM не лише оптимізує процеси управління проектами в будівництві, але і сприяє підвищенню конкурентоспроможності підприємств у галузі. Однією з ключових переваг є можливість зменшення ризиків та витрат завдяки більш ефективному контролю та попередженню можливих проблем. Засвідчено, що впровадження BIM забезпечує збільшення якості будівельних проектів, сприяючи вдосконаленню проектування та будівельних процесів. Це

відбито в покращенні планування, зменшенні конфліктів та поліпшенні співпраці між різними учасниками проєкту. У контексті швидко змінюючогося світу будівельної галузі, де ролі та очікування учасників проєкту розвиваються, BIM стає важливим інструментом адаптації. Можливість швидко реагувати на зміни та динамічно керувати проєктами робить BIM стратегічно важливим для будь-якої успішної будівельної компанії.

Загалом, дане дослідження вказує на те, що впровадження BIM не лише суттєво покращує процеси управління проєктами будівництва, але і відкриває нові горизонти для розвитку та інновацій в цій важливій галузі. У майбутньому, успішні будівельні проєкти будуть неможливі без використання технології BIM, яка стає не тільки інструментом, але й стратегічним партнером у сучасному управлінні будівельними проєктами.

BIM є не лише технологічним аспектом, але й культурним зміщенням в індустрії. Забезпечення взаємодії між різними учасниками, від архітекторів та інженерів до замовників та підрядників, вимагає нових підходів до співпраці та обміну інформацією. Успіх впровадження BIM також залежить від вивчення та усвідомлення тимчасових труднощів, які можуть виникнути на початкових етапах. Необхідно надавати належну увагу навчанню персоналу, розвивати їхні навички та стимулювати активну участь у впровадженні нової технології. Також слід зазначити, що BIM є динамічною системою, яка постійно змінюється та оновлюється. Практика показує, що компанії, які активно слідкують за новими трендами та удосконалюють свої підходи до використання BIM, здатні досягати значущих конкурентних переваг. Загалом, висновки даного дослідження свідчать про те, що управління будівельними проєктами за допомогою BIM не є просто перехідним етапом у розвитку галузі, але стратегічним кроком, що дозволяє досягти вищого рівня ефективності, інновацій та сталості. Запровадження BIM не тільки прискорює будівельні проєкти, але й відкриває двері для нових можливостей та високого стандарту управління проєктами в сучасній будівельній індустрії.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. BIM- технології: поняття, історія розвитку, перспективи / Навчально-інформаційний портал НУБіП України – [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://elearn.nubip.edu.ua/mod/book/tool/print/index.php?id=333304#>
2. What is BIM (Building Information Modeling / Trimble – [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://constructible.trimble.com/construction-industry/what-is-bim-building-information-modelingS>
3. Application BIM / Dormakaba – [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://www.dormakaba.com/tw-en/sales---support/bim-application>
4. A BIM-based construction quality management model and its applications / sciencedirect – [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0926580514001204>
5. Yan, H., and Damian, P. (2008). Benefits and Barriers of Building Information Modelling. 12th International Conference on Computing in Civil and Building Engineering, Beijing.
6. Singleton, J. (2011). Building Information Modelling (BIM): The Good and the Bad. [http://www.singleton.com/en/Publications/Building\\_Information\\_Modelling\\_BIM\\_the\\_Good\\_and\\_the\\_Bad.a\\_spx](http://www.singleton.com/en/Publications/Building_Information_Modelling_BIM_the_Good_and_the_Bad.a_spx) (1/15/2017).
7. Day, M. (2011). How to avoid the problems with BIM. <http://www.bdonline.co.uk/how-to-avoid-the-problems-withbim/5019272.article>, (1/22/2017).
8. Siddiqui, M. Z., Pearce, A. R., Ku, K., Langar, S., Ahn, Y. H., and Jacocks, K. (2009). “Green BIM approaches to architectural design for increased sustainability.” Proc., Int. Conf. on Construction Engineering and Management/Project Management (ICCEMICCPM), Korean Institute of Construction Engineering and Management, Seoul.
9. Navendren, D., Manu, P., Shelbourn, M., and Mahamadu, A. (2014). “Challenges to Building Information Modelling Implementation in UK: Designers' Perspectives.” Proceedings of 30th Annual ARCOM Conference, Portsmouth, 733-742.

10. Modeling and Integrated Use of Visualization Tools.” Journal of Architectural Engineering, 16(1), 37–45. Ku, K., and Taiebat, M. (2011). “BIM experiences and expectations: The constructors’ perspective.” International Journal of Construction Education Research, 7(3), 175–197.
11. Chawla, R. (2012). BIM legal issues from a practical perspective. <https://www.thenbs.com/knowledge/bim-legalissues-from-a-practical-perspective>, (12/30/2016).
12. Autodesk Whitepaper. (2009). Improving Building Industry results through Integrated Project Delivery and Building Information Modeling. <http://usa.autodesk.com/adsk/servlet/usearch/results?la=enandrq=0andnh=10andoq=white+paperandsiteID=123112andcol=wacjprdandcol=usupprdandcatID=123155andst=21andid=2088334andqt=BIM+white+paper> , (09/16/2009).
13. Udom, K. (2012). BIM: mapping out the legal issues. <https://www.thenbs.com/knowledge/bim-mapping-out-thelegal-issues> (1/20/2017).
14. McGraw-Hill Construction. (2010). Green BIM: How building information modeling is contributing to green design and construction, Bedford, MA.
15. Урядовий портал <https://www.kmu.gov.ua/news/uryad-zatverdiv-koncepciyu-vprovadzhennya-v-ukrayini-vim-tehnologij-u-budivnictvi>
16. BIM реклама та реальність / Український центр сталевих будівництва – [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://uscc.ua/news/bim-reklama-i-realnost>
- 17.
- 18.
- 19.
- 20.
- 21.
- 22.
- 23.
- 24.

25.

26.

27.

28.

29.

30.











