

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Національний університет «Запорізька політехніка»

Факультет будівництва, архітектури та дизайну

(повне найменування інституту, назва факультету)

Кафедра будівельного виробництва та управління проектами

(повне найменування кафедри)

Пояснювальна записка

до дипломного проекту (роботи)

магістра

(ступінь вищої освіти)

на ТЕМУ ОПТИМІЗАЦІЙНІ РІШЕННЯ ТЕХНОЛОГІЧНИХ
ЗАЛЕЖНОСТЕЙ БУДІВЕЛЬНИХ РОБІТ НА БАЗІ ІНФОРМАЦІЙНОГО
МОДЕЛЮВАННЯ

OPTIMIZATION SOLUTIONS OF TECHNOLOGICAL DEPENDENCES OF
CONSTRUCTION WORKS BASED ON INFORMATION MODELING

Виконав: студент(ка) 2 курсу, групи БАД-122м
Спеціальності 192 Будівництво та цивільна
інженерія

(код і найменування спеціальності)

Освітня програма (спеціалізація)

Промислове та цивільне будівництво

Залюбовський Р.А.

(прізвище та ініціали)

Керівник Кулік М.В.

(прізвище та ініціали)

Рецензент

(прізвище та ініціали)

2023

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Національний університет «Запорізька політехніка»
(повне найменування закладу вищої освіти)

Інститут, факультет ФБАД
Кафедра будівельного виробництва та управління проектами
Ступінь вищої освіти другий (магістерський)
Спеціальність 192 Будівництво та цивільна інженерія
(код і найменування)
Освітня програма (спеціалізація) Промислове та цивільне будівництво
(назва освітньої програми (спеціалізації))

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри БВУП, к.т.н, доц.
О.М. Назаренко
“ ” 20 року

З А В Д А Н Н Я

НА ДИПЛОМНИЙ ПРОЄКТ (РОБОТУ) СТУДЕНТА(КИ)

Залюбовський Руслан Анатолійович
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема проєкту (роботи) Оптимізаційні рішення технологічних залежностей будівельних робіт на базі інформаційного моделювання optimization solutions of technological dependences of construction works based on information modeling

керівник проєкту (роботи) Кулік Михайло Валерійович, к.т.н., доцент,
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом закладу вищої освіти від “ ” 2023 року №

2. Строк подання студентом проєкту (роботи) 12 грудня 2023 року

3. Вихідні дані до проєкту (роботи) нормативно-технічна документація, вихідні дані стосовно досвіду вибору технологій та матеріалів утеплювання

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) 1. Аналіз технологій інформаційного моделювання (BIM) у будівництві. 2. BIM як платформа для створення засобів планування різних етапів життєдіяльності будівель та споруд. 3. Розробка автоматизованої системи технологічних залежностей.

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень) Слайди презентації, графічний матеріал 8-10 аркушів A1 розруковані на A3 з титульним аркушем та зброшуровані

6. Консультанти розділів проєкту (роботи)

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	прийняв виконане завдання
Аналіз технологій інформаційного моделювання (BIM) у будівництві	Кулік М.В., доцент		
BIM як платформа для створення засобів планування різних етапів життєдіяльності будівель та споруд	Кулік М.В., доцент		
Розробка автоматизованої системи технологічних залежностей	Кулік М.В., доцент		
Нормоконтролер	Бобраков А.А., доцент		

7. Дата видачі завдання “12” жовтня 2023 року.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломного проєкту (роботи)	Строк виконання етапів проєкту (роботи)	Примітка
1	Постановка завдань по роботі	1 тиждень	Завдання
2	Аналіз технологій інформаційного моделювання (BIM) у будівництві	2–5 тижні	Розділ 1
3	BIM як платформа для створення засобів планування різних етапів життєдіяльності будівель та споруд.	6–8 тижні	Розділ 2
4	Розробка автоматизованої системи технологічних залежностей.	9-12 тиждень	Розділ 3
9	Оформлення графічної частини	13 тиждень	
10	Нормоконтроль та рецензування	14 тиждень	
11	Захист роботи.	15 тиждень	

Студент(ка)

(підпис) Залюбовський Р.А.
(прізвище та ініціали)

Керівник проєкту (роботи)

(підпис) Кулік М.В.
(прізвище та ініціали)

РЕФЕРАТ

Структура та обсяг роботи. Робота являє собою наукове дослідження. Робота складається із вступу, трьох розділів, висновків, списку використаних джерел.

Актуальність теми роботи. Інформаційне моделювання будівництва (BIM) – це новий погляд на процес оптимізації проектування і будівництва. За допомогою BIM технології створюється інформаційна модель, яка забезпечує точне бачення проекту в цілому.

Метою роботи є аналіз використання технологій інформаційного моделювання при проектуванні будівель та теоретизації побудови оптимізаційних моделей використання систем проектування.

Досягнення поставленої мети передбачає вирішення в роботі таких основних задач:

- вивчити особливості та нормативну базу технологій інформаційного моделювання;
- розглянути зміну організаційної структури підприємства при впровадженні технології інформаційного моделювання.
- розглянути особливості побудови моделі об'єктних технологічних залежностей;

Об'єктом дослідження є сучасні підходи до проектування за допомогою інформаційного моделювання будівель.

Предметом дослідження є обґрунтування теоретичних положень оптимізаційних рішень проектування будівель та споруд за допомогою інформаційного моделювання будівель.

Методологія дослідження: аналіз та оцінка літературних джерел, інформаційних показників та їхній аналіз.

Новизна роботи дослідження є основою для подальшого дослідження з розробки структури послідовного оптимізованого впровадження методик інформаційного моделювання та може слугувати інформаційним додатком до дисциплін що викладаються на будівельних спеціальностях.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	6
РОЗДІЛ 1. АНАЛІЗ ТЕХНОЛОГІЙ ІНФОРМАЦІЙНОГО МОДЕЛЮВАННЯ (BIM) У БУДІВНИЦТВІ	10
1.1 Аналіз загальних відомостей про технології інформаційного моделювання у будівництві	10
1.2 Нормативна база технологій інформаційного моделювання (BIM) у будівництві	18
1.3 Основні принципи впровадження, плюси та мінуси впровадження технологій інформаційного моделювання (BIM) у будівництві	21
1.4 BIM як інструмент для зниження ризиків інвестиційного проекту у будівництві та управлінням життєвим циклом	30
1.5 Етапи реалізації методики контролю календарного графіку будівництва на основі BIM технології.	43
РОЗДІЛ 2. BIM ЯК ПЛАТФОРМА ДЛЯ СТВОРЕННЯ ЗАСОБІВ ПЛАНУВАННЯ РІЗНИХ ЕТАПІВ ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ БУДІВЛЬ ТА СПОРУД.....	46
2.1 BIM для проектування життєдіяльності будівель та споруд	46
2.2 Побудова системи технологічних залежностей.....	50
РОЗДІЛ 3. РОЗРОБКА АВТОМАТИЗОВАНОЇ СИСТЕМИ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ЗАЛЕЖНОСТЕЙ.....	58
3.1 Автоматизована розробка систем технологічних залежностей	58
3.2 Система технологічних залежностей на улаштування пальових фундаментів.....	69
3.3 Використання даних з інформаційної моделі при побудові моделі технологічних залежностей при виробництві БМР.....	75
ВИСНОВКИ	81
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	82

ВСТУП

Тривимірна модель будівлі тісно пов'язана з інформаційною базою даних, тому зміна хоча б одного параметра будівельного об'єкта тягне за собою також зміну всіх пов'язаних з ним систем і об'єктів, включаючи креслення, специфікації, візуалізації, календарний графік.

Традиційне проектування будівель в значній мірі ґрунтується на двовірних технічних кресленнях (плани, фасади, розрізи і т. п.).

Інформаційне моделювання будівель розширює його за межі 3D, збільшуючи три основних просторових виміри.

3D модель будівлі або іншого будівельного об'єкта, пов'язана з інформаційною базою даних, в якій кожному елементу моделі можна привласнити необмежену кількість додаткових атрибут.

Виявлені основні переваги інформаційного моделювання, а саме:

- значне скорочення часу проектування для типових, регулярних об'єктів, а також для внесення змін у проектну документацію;
- упередження конфліктів між системами та підсистемами будівлі і окремими елементами;
- детальне опрацювання збільшує прогностичність техніко-економічних показників та зменшення операційних витрат;
- виявлення взаємозв'язків між елементами будівлі, функціональністю;
- здатність до накопичення предметних знань;
- можливість дослідження та оптимізації експлуатаційних показників;
- компактність систем, що проектуються, можливість значного ускладнення їх функції та форми.

Для того, щоб вирішити проблеми у сфері будівельної індустрії та підвищити конкурентоспроможність будівельної галузі у сучасному світі, з'явилася технологія BIM. Технологія BIM переводить будівельну галузь у сферу інформаційних технологій. BIM та інформаційні технології інтегровані для того, щоб створити науково-практичну систему оцінки ефективності

проектів для будівельних проектів, що базується на використанні технології BIM на етапі будівництва, щоб оцінити та виміряти зміни та зміни в управлінні проектом на основі фактичних вхідних даних, економічна ефективність та інші аспекти технології BIM, що використовується в будівництві. На основі методів функціонального моделювання, моделювання даних та моделювання процесів, встановлено еволюційну модель BIM та цифровий інтегрований процес доставки. Різні джерела даних інтегруються та класифікуються за системою класифікації та кодування, і це одна з основних цілей використання інформаційних технологій у BIM, а модель роботи та обслуговування BIM отримується шляхом реорганізації даних та оптимізації моделі. Модель BIM з експлуатації та обслуговування може бути краще сумісна з інформаційною системою управління об'єктами та покращити ефективність та оперативність управління та обслуговування.

Сьогодні представлення та використання контексту інформаційного моделювання - це виклик на наступні роки у галузі штучного інтелекту, особливо коли ми стикаємося з дуже великими базами даних, що викликає комплекс проблем. Поняття контексту стало дуже важливим, оскільки воно може охопити багато цікавих та основних аспектів того, як ми розуміємо проекти, таких як відносність, місцевість, упередженість та контекстна залежність.

Актуальність теми роботи. Інформаційне моделювання будівництва (BIM) – це новий погляд на процес оптимізації проектування і будівництва. За допомогою BIM технології створюється інформаційна модель, яка забезпечує точне бачення проекту в цілому.

В даний час світова будівельна галузь зазнає значних змін, пов'язаних з відмовою від традиційних методів проектування та будівництва з передачею проектної інформації у паперовому вигляді на користь інноваційних способів реалізації проектів. Їхня зростаюча складність, відсутність необхідної інформації для прийняття рішень у потрібний час, наростаючий тиск за термінами в умовах традиційних методів їх реалізації змусили шукати нові

підходи до організації будівництва. Поступовий повсюдний перехід на технології інформаційного моделювання будівель та споруд (BIM - технології) і став відповіддю на необхідність збирання, обліку та обробки у процесі проектування, будівництва та експлуатації об'єктів капітального будівництва значних обсягів інформації, подальше коригування даних у процесі реалізації проекту. Зараз технології інформаційного моделювання знайшли широке застосування саме на стадії проектування, створено та адаптовано велику кількість програм для виконання різних завдань на цій стадії. Проте BIM - модель може бути джерелом необхідної інформації як роботи з об'єктом наступних стадіях життєвого циклу об'єкта, але й розрахунку тривалості виконання різних будівельно - монтажних робіт на об'єкті, тобто. для побудови моделі об'єктних технологічних залежностей.

Метою роботи є аналіз використання технологій інформаційного моделювання при проектуванні будівель та теоретизації побудови оптимізаційних моделей використання систем проектування.

Досягнення поставленої мети передбачає вирішення в роботі таких **основних задач:**

- вивчити особливості та нормативну базу технологій інформаційного моделювання;
- розглянути особливості впровадження технологій інформаційного моделювання на підприємстві;
- розглянути зміну організаційної структури підприємства при впровадженні технології інформаційного моделювання.
- розглянути особливості побудови моделі об'єктних технологічних залежностей;

Об'єктом дослідження є сучасні підходи до проектування за допомогою інформаційного моделювання будівель.

Предметом дослідження є обґрунтування теоретичних положень оптимізаційних рішень проектування будівель та споруд за допомогою інформаційного моделювання будівель.

Методологія дослідження: аналіз та оцінка літературних джерел, інформаційних показників та їхній аналіз.

Новизна роботи дослідження є основою для подальшого дослідження з розробки структури послідовного оптимізованого впровадження методик інформаційного моделювання та може слугувати інформаційним додатком до дисциплін що викладаються на будівельних спеціальностях.

РОЗДІЛ 1. АНАЛІЗ ТЕХНОЛОГІЙ ІНФОРМАЦІЙНОГО МОДЕЛЮВАННЯ (BIM) У БУДІВНИЦТВІ

1.1 Аналіз загальних відомостей про технології інформаційного моделювання у будівництві

Інформаційне моделювання об'єктів будівництва (BIM) - процес створення та використання інформації щодо споруджуваних, а також завершених об'єктів будівництва з метою координації вхідних даних, організації спільного виробництва та зберігання даних, а також їх використання для різних цілей на всіх стадіях життєвого циклу.

На кожній стадії інформаційного моделювання до моделі вносяться додаткові дані та різні зміни, тому інформаційна модель відображає обсяг інформації про об'єкт на даний момент.

Інформаційна модель - сукупність представлених в електронному вигляді документів, графічних і текстових даних по об'єкту будівництва, що розміщується в середовищі загальних даних і є єдиним достовірним джерелом інформації по об'єкту на всіх або окремих стадіях його життєвого циклу.

Життєвий цикл будівлі або споруди – період, протягом якого здійснюються інженерні дослідження, проектування, будівництво (у тому числі консервація), експлуатація (у тому числі поточні ремонти), реконструкція, капітальний ремонт, знесення будівлі чи споруди.

BIM-модель виступає базою даних, сховищем усієї інформації про об'єкт на кожній стадії його життєвого циклу.

Ця інформація в першу чергу призначена і може використовуватись для:

- прийняття конкретних проектних рішень;
- розрахунку вузлів та компонентів будівлі;
- створення проектної та іншої документації;

- складання кошторисів та будівельних планів;
- замовлення та виготовлення матеріалів та обладнання;
- Управління зведенням будівлі;
- Управління експлуатацією протягом усього життєвого циклу об'єкта;
- управління будівлею як об'єктом комерційної діяльності;
- проектування та управління реконструкцією або ремонтом будівлі;
- зносу та утилізації будівлі;
- інших пов'язаних із будинком цілей.

Залежно від стадії життєвого циклу об'єкта може бути представлена у таких форматах:

- 2D: документація, підготовлена у процесі проектування об'єкта, у двомірному форматі;
- 3D: просторова 3D-модель (модель об'єкта у трьох вимірах – у координатах X, Y та Z);
- 4D: 3D-модель з додаванням тимчасового виміру;
- 5D: 4D-модель (або 3D-модель) з додаванням інформації про витрати;
- 6D: 5D-модель (4D- або 3D-модель) з додаванням інформації про експлуатацію об'єкта.

Таким чином, всі учасники будівельного процесу задіяні у створенні моделі, вносячи до неї свої зміни та коригування.

Види, склад та зміст інформаційної моделі залежать від поставлених цілей та завдання інвестиційно-будівельного проекту, виду будівельного об'єкта, завдань застосування інформаційного моделювання, а також вимог замовника та чинного законодавства до складу та змісту технічної та іншої документації відповідної стадії життєвого циклу.

До складу інформаційної моделі слід включати:

- цифрову інформаційну модель (ЦІМ) - об'єктно-орієнтована параметрична тривимірна модель, що представляє у цифровому вигляді фізичні, функціональні та інші характеристики об'єкта (або окремих його частин) у вигляді сукупності інформаційно насичених елементів;

- інженерну цифрову модель місцевості (ІЦММ) – форма подання інженерно-топографічного плану у цифровому об'єктно-просторовому вигляді для автоматизованого вирішення інженерних завдань проектування об'єктів будівництва. Складається з цифрової моделі рельєфу та цифрової моделі ситуації;

- зведена цифрова модель (ЗЦМ) - цифрова інформаційна модель об'єкта, що складається з окремих цифрових інформаційних моделей/інженерних цифрових моделей місцевості (наприклад, з різних дисциплін або частин об'єкта будівництва), з'єднаних між собою таким чином, що внесення змін до однієї з моделей не призводить до зміни інших. Основне призначення зведеної моделі - підтримка процесів узгодження технічних рішень та виявлення колізій;

- технічну документацію, склад та зміст якої визначається чинним законодавством на кожній стадії життєвого циклу, та дані, вироблені на основі цифрової інформаційної моделі та інженерної цифрової моделі місцевості.

Вимоги замовника до інформаційних моделей фіксуються в технічному завданні (завданнях), яке включає розділ з вимогами до інформаційної моделі.

Завдання інформаційного моделювання на кожній із стадій життєвого циклу:

- 1) При обґрунтуванні інвестицій:

- 1.1) Розробка та порівняння варіантів архітектурно-містобудівних концепцій, визначення техніко-економічних показників об'ємно-планувальних рішень.

- 1.2) Аналіз розташування та інженерно-геологічної та екологічної ситуації майбутнього об'єкта будівництва.

- 1.3) Візуалізація, необхідна для зорового спостереження та аналізу.

- 2) При пошуках та проектуванні на підставі побудованих інформаційних моделей виконуються такі завдання:

2.1) Випуск креслень та специфікацій.

2.2) Перевірка та оцінка технічних рішень.

2.3) Просторова міждисциплінарна координація та виявлення колізій.

2.4) Підрахунок обсягів робіт та оцінка кошторисної вартості.

2.5) Інженерно-технічні розрахунки.

2.6) Розробка проекту організації будівництва, комплексного укрупненого мережного графіка.

3) При будівництві:

3.1) Візуалізація процесу будівництва - процес, у якому спеціалізовані програмні інструменти інформаційного моделювання використовуються для інтеграції даних та календарно-мережевого графіка будівництва з метою:

- аналізу та оптимізації послідовності виконання робіт за проектом;
- пошуку просторово-часових перетинів, які можуть виникнути у процесі будівельних робіт;
- перевірки здійсненності організаційно-технологічних рішень;
- контролю виконаних фізичних обсягів будівельно-монтажних робіт та візуалізації план-фактного аналізу.

3.2) Управління будівництвом – процес, у якому спеціалізовані програмні інструменти інформаційного моделювання використовуються з метою:

- розроблення комплексного укрупненого мережного графіка та графіка виконання робіт, оптимізованих з позиції цільових установок проекту;
- координації будівельно-монтажних та пусконаладжувальних робіт з розробкою та видачею робочої документації та поставками обладнання;
- оперативного планування та моніторингу будівельно-монтажних та пусконаладжувальних робіт;
- Оптимізації чисельності персоналу на будівельному майданчику;
- аналізу поточного стану будівництва та вироблення компенсуючих заходів.

- 3.3) Геодезичні розбивні роботи.
- 3.4) Геодезичний контроль у будівництві.
- 3.5) Моніторинг охорони праці та промислової безпеки на будівельному майданчику.
- 3.6) Цифрове виробництво будівельних конструкцій та виробів.
- 4) При експлуатації:
 - 4.1) Планування технічного обслуговування та ремонту.
 - 4.2) Моніторинг експлуатаційних показників.
 - 4.3) Управління експлуатацією будівель та споруд.
 - 4.4) Моделювання надзвичайних ситуацій.

Рівень опрацювання LOD (Level Of Development) – набір вимог, що визначає повноту опрацювання елемента цифрової інформаційної моделі. Рівень опрацювання визначає мінімальний обсяг геометричних, просторових, кількісних, а також будь-яких атрибутивних даних, необхідних для вирішення завдань інформаційного моделювання на конкретній стадії життєвого циклу об'єкта.

У 2008 році Американський Інститут Архітектури (AIA) розвинув концепцію LOD у вигляді протоколу AIA E202-2008, Building Information Modeling Protocol Exhibit (типова форма додатку до договору на проект BIM). На сьогоднішній день діють удосконалені версії цього протоколу: AIA E203-2013 Building Information Modeling and Digital Data Exhibit та AIA Contract Document G202-2013 Building Information Modeling Protocol Form.

Система рівнів опрацювання LOD повинна використовуватися для:

- для сприяння всім учасникам проекту, для однозначного розуміння та конкретизації необхідних результатів робіт з інформаційного моделювання;
- Для планування процесу інформаційного моделювання.

Система рівнів опрацювання включає п'ять базових рівнів опрацювання: LOD 100, LOD 200, LOD 300, LOD 400, LOD 500, що характеризують процес розробки елемента від концептуального до стану закінченого будівництвом об'єкта. Вимоги до рівнів опрацювання мають

уточнюючий характер, тобто визначення кожного наступного рівня опрацювання елемента уточнює та доповнює визначення всіх попередніх рівнів. ЦІМ може містити елементи у різних рівнях опрацювання.

Опис базових рівнів опрацювання LOD наведено у таблиці 1.1

Таблиця 1.1 - Опис базових рівнів опрацювання LOD

LOD	Опис	Застосування
LOD 100	Елемент ЦІМ представлений у вигляді об'ємних формоутворюючих елементів з приблизними розмірами, формою, просторовим положенням та орієнтацією або у вигляді двомірного об'єкта, а також необхідною атрибутивною інформацією	При обґрунтуванні інвестицій для розробки архітектурно-містобудівного рішення
LOD 200	Елемент ЦІМ представлений у вигляді тривимірного об'єкта або складання з попередніми змінними розмірами, формою, просторовим положенням, орієнтацією та необхідною атрибутивною інформацією	
LOD 300	Елемент ЦІМ представлений у вигляді об'єкта або складання, з точними фіксованими розмірами, формою, точним просторовим положенням, орієнтацією та необхідною атрибутивною інформацією	При проектуванні: - для підготовки проектної та робочої документації; - Виявлення колізій
LOD 400	Елемент ЦІМ представлений у вигляді конкретного складання з точними фіксованими розмірами, включаючи розміри елементів вузлових з'єднань, формою, просторовим положенням, орієнтацією, даними з виготовлення та монтажу, а також іншою необхідною атрибутивною інформацією	При проектуванні: - для розробки робочої документації; - Для вирішення інших завдань. При будівництві: - для розробки проекту виконання робіт (зокрема, для розробки монтажних вузлів)
LOD 500	Елемент ЦІМ представлений у вигляді конкретного складання з фактичними розмірами, формою, просторовим становищем, орієнтацією та атрибутивною інформацією, достатньою для передачі моделі в	При будівництві: - для формування цифрової моделі «Виконавча»

	експлуатацію, у тому числі з додатком виконавчої документації	

Кожен елемент ЦІМ на різних рівнях опрацювання включає всі три аспекти: рівень опрацювання геометричних даних, графічне відображення і рівень опрацювання атрибутивних даних.

Рівень опрацювання геометричних даних - це опис геометричних параметрів елемента ЦІМ (форма, просторове розташування, габарити, довжина, ширина, висота, товщина, діаметр, площа, об'єм, площа перерізу, ухил, рівень та ін.).

Графічне відображення є відображення основоположних геометричних параметрів елемента моделі (зовнішній образ/вид, колір тощо).

Рівень опрацювання атрибутивних даних - це опис атрибутів елемента ЦІМ (маркування, код за класифікатором організації, матеріали, маса, технічні та технологічні параметри, виробник, найменування за каталогом, артикул за каталогом та ін.).

Інформаційна модель створюється з базових (бібліотечних) елементів, що є певними елементами будівлі. Ці базові елементи містять інформацію про певні будівельні елементи, яка може знадобитися як зараз, так і для подальшого чи повного опрацювання (аналізу) проекту (моделі будівлі).

Використання класифікаторів будівельних елементів при інформаційному моделюванні має низку незаперечних переваг:

- зменшує кількість проектних помилок;
- підвищує якість проектів;
- забезпечує більш високий рівень взаємодії між виконавцями у межах одного або кількох проектів;
- забезпечує правильний обмін, в тому числі через формат IFC, модельною інформацією для користувачів, що працюють в різних BIM - програмах;
- суттєво полегшує виконання комплексних проектів великого обсягу, у

тому числі державного рівня;

- значно полегшує складання кошторисів, визначення вартості та планування будівельно-монтажних робіт, управління логістикою та будівництвом;

- суттєво полегшує підготовку тендерних умов та оцінку пропозицій, що надійшли на конкурс, для замовників, а також підготовку самих конкурсних пропозицій з боку виконавців;

- збільшує продуктивність роботи проектувальників, будівельників та експлуатаційників, причому як окремо, так і взятих разом.

Розробка національних (наднаціональних) класифікаторів ведеться у багатьох країнах світу. Серед систем, що претендують на таку роль і конкурують одна з одною, можна відзначити CCS у Данії, NS 3451 у Норвегії, MasterFormatDivisions у США, Uniclass 2 у Великій Британії (зараз активно створюється його заміна для BIM Рівень 2).

Як формати видачі цифрових моделей об'єктів будівництва слід використовувати формати з відкритою специфікацією.

Для передачі ЦИМ рекомендується використовувати формат із відкритою специфікацією IFC версії 2x3 і вище.

Програмне забезпечення за стандартом IFC версії 2x3 сертифіковано компанією buildingSMART, понад 150 додатків підтримують експорт та/або імпорт даних за стандартом IFC.

Для впровадження стандарту IFC використовують технології впровадження STEP.

STEP – стандарт обміну даними моделі виробу. Дозволяє описати весь життєвий цикл виробу, включаючи технологію виготовлення та контроль якості продукції.

Частиною цього стандарту є мова моделювання EXPRESS.

EXPRESS - Формат структури обміну, що використовує кодування відкритим текстом даних про виріб (інформаційної моделі).

У випадках, коли замовник для вирішення різних завдань передбачає

внесення змін до моделі на наступних стадіях ЖЦ об'єкта будівництва, разом з моделлю у відкритих форматах можуть передаватися моделі у вихідних форматах.

Якщо програмні засоби не дозволяють використовувати відкритий формат IFC, допускається використовувати можливості програмних засобів для передачі інформації, реалізовані на основі API інтерфейсів і оригінальних форматів програмних засобів.

1.2 Нормативна база технологій інформаційного моделювання (BIM) у будівництві

В Україні BIM-технології вже застосовуються у діяльності окремих організацій, що переважно визначається двовимірним проектуванням, зберігання та передача інформації під час якого здійснюється окремо в паперовому та/або в електронному форматі. Проблема полягає у тому, що, попри свою зручність та ефективність, використання BIM технологій не є обов'язковим і потребує часу та ресурсів для необхідного освоєння програмного забезпечення.

Отже, поступове, системне впровадження BIM-технологій потребує державного регулювання.

У площині використання BIM у світовій та Європейській практиці, Великобританія [2] очолює ініціативи, пов'язані з BIM. NBS (Національні будівельні специфікації) — це британська система специфікації будівництва, яка використовується архітекторами та іншими спеціалістами з будівництва для опису матеріалів, стандартів і виконання будівельного проекту. Він був запроваджений в 1973 році і зараз ним користуються понад 5000 офісів.

За словами Дена Россітера, старшого BIM-комунікатора в BRE Global, BIM з'явився у Великобританії просто тому, що будівництво було в незадовільному стані, що робило його занадто дорогим та неефективним. Уряд мав на меті виправити цю ситуацію.

У 2008 році, зі світовою фінансовою кризою, з'явилася можливість для змін. Державний сектор більше не мав фінансових ресурсів, щоб витратити їх на марнотратні проекти. Тож у 2009 році у звіті Construction Excellence були висвітлені ключові моменти будівельної галузі у Великобританії. Цей звіт показав, що промисловість працює досить не ефективно. Це не відповідало цілям витрат, часу і було не ефективним.

Це призвело до мандата уряду Великобританії, тобто аналітичної моделі поетапного підходу з різними рівнями зрілості BIM. Нижче наведено різні рівні зрілості впровадження BIM:

Нульовий рівень: полягає у відсутності співпраці. Цей рівень перевищили більшість країн світу.

Рівень 1: включає поєднання 3D CAD для концептуальної роботи та 2D (двовимірного) для складання правової документації та виробничої інформації. Управління стандартами САПР здійснюється відповідно до стандартів, а електронний обмін даними здійснюється в загальному середовищі даних (CDE), яке зазвичай керується головним підрядником.

Рівень 2: характеризується великою спільною роботою. Це вимагає обміну інформацією, характерною для проекту, який координується між різними системами та учасниками проекту. Програмне забезпечення САПР має бути здатним до експорту в загальний формат файлу: IFC. Цей рівень був встановлений урядом Великобританії як мінімальна ціль для всього державного будівництва. BIM Level 2 був успішним у Великобританії. У 2013 році це допомогло заощадити понад 804 мільйони фунтів стерлінгів на будівництві.

Рівень 3: Хоча цей рівень на даний момент не повністю визначений, існує певна згода щодо його найважливіших характеристик. Це включає створення нових міжнародних стандартів «відкритих даних», які прокладають шлях для швидкого обміну даними на ринку. Іншим ключовим елементом буде створення середовища співпраці, яке прагне до спільної та відкритої роботи, а також навчання клієнта державного сектору

використанню BIM.

Станом на квітень 2016 року всі державні будівельні постачальники Великобританії, які беруть участь у тендерах на державні проекти, що закуповуються централізовано, повинні працювати на рівні 2 BIM. Отже, якщо суб'єкт не використовує BIM, то він не отримає роботу від уряду.

В Україні скоріш за все потрібен подібний поетапний підхід з впровадженням інформаційних баз даних та їх інтегруванням у проектні процеси, зокрема Кабінет Міністрів України затвердив концепцію впровадження технологій будівельного інформаційного моделювання (BIM-технологій) до 2025 року та план її реалізації [3].

Метою Концепції є визначення механізмів впровадження BIM-технологій у будівництві як інструменту для подальшого реформування, модернізації та цифрової трансформації будівельної галузі України.

На початковому етапі системного впровадження BIM-технологій передбачається створення відповідних умов (здійснення нормативно-правового та технічного регулювання, розвиток нормативно-технічного забезпечення), навчання суб'єктів архітектурної діяльності (замовників будівництва, відповідальних виконавців робіт, пов'язаних із створенням об'єктів архітектури, власників (управителів) об'єктів), впровадження пілотних проектів у частині проектування та будівництва об'єктів різного призначення.

Основополагаючими стандартами в області технологій інформаційного моделювання є стандарти, розроблені міжнародною організацією зі стандартизації (ISO). ISO є незалежною неурядовою міжнародною організацією, членами якої є 165 національних органів зі стандартизації.

Через своїх членів він об'єднує експертів для обміну знаннями та розробками добровільних, заснованих на консенсусі, відповідних ринку міжнародних стандартів, які підтримують інновації та забезпечують вирішення глобальних проблем [4].

В області BIM, розроблені ISO представлені наступні стандарти:

- ISO 12006-3:2012. Organization of information about construction works. Part 3: Framework for object-oriented information;
- ISO 29481-1:2010. Information delivery manual. Part 1: Methodology and format (переизданв 2016 году);
- ISO 16739:2013. Industry Foundation Classes (IFC) for data sharing in the construction and facility management industries, який є фундаментом стандартизації технології інформаційного моделювання у будівництві. Це відкритий міжнародний стандарт даних BIM, які передаються між програмними додатками, використовуваними різними учасниками будівництва. Для цього використовується мова моделювання даних EXPRESS.

1.3 Основні принципи впровадження, плюси та мінуси впровадження технологій інформаційного моделювання (BIM) у будівництві

Технології інформаційного моделювання у будівництві зовсім недавно почали розвиватися в Україні, проте все більше будівельних компаній починають вивчення питання впровадження BIM-технологій. Плюси та мінуси впровадження технології інформаційного моделювання представлені у таблиці 1.1.

Таблиця 1.2 - Плюси та мінуси впровадження технології інформаційного моделювання в діяльність будівельної організації.

Плюси BIM	Мінуси BIM
Скорочення вартості будівництва та більш ефективне використання ресурсів	Дорожнеча впровадження цієї технології
Скорочення кількості проектних змін та помилок у виробництві	Не розроблено належна нормативно-правова база
Скорочення часу будівництва об'єкта в цілому та спрощення підготовки робочої документації	При нераціональному впровадженні підприємство може зазнати великих збитків до банкрутства.

Можливість проектування кількох варіантів для подальшого вибору найбільш оптимального за витратами часу та ресурсів	Розробка програмного забезпечення за кордоном (зовнішньополітичний фактор)
Спрощення проектування унікальних будівель та споруд	Збільшення часу на проектування будівель та споруд через необхідність з нуля створювати параметричні моделі у програмних комплексах

На прикладі організацій що активно впроваджують технології інформаційного моделювання можна виділити 3 різні підходи до застосування BIM-технологій:

- 1) Власними силами компанії без зміни складу співробітників.
- 2) Власними силами компанії, але із залученням нового фахівця.
- 3) Залучення сторонньої організації, що надає послуги з впровадження.

Розглянемо переваги та недоліки кожного з них на прикладі впровадження

BIM-технологій у діяльність будівельної організації.

Власними силами компанії без зміни складу співробітників.

Керівництво компанії призначає відповідального фахівця, який зобов'язаний займатися використанням BIM. Зразковий набір робіт, що здійснюються призначеним фахівцем:

- занурення у предметну область інформаційного моделювання;
- вибір 3D САПР та освоєння технології тривимірного проектування;
- Створення технології, що вдосконалить існуючий процес формування креслень;
- Застосування технології на практиці, для початку своєю власною тематикою.

Отримані результати:

- Тривимірна модель об'єкта створена в єдиній дисципліні;
- є напрацювання стандарту підприємства із двовимірного проектування з переходом на тривимірне проектування (рідко можлива ситуація без напрацювання стандартів плоского проектування);
- у кращому випадку компанія має технологію 3D – проектування в

єдиній тематиці; до BIM справа не доходить навіть у межах однієї дисципліни.

Мінуси та помилки підходу:

- керівництво не бере участі у процесі впровадження технологій інформаційного моделювання;
- фахівець, який займається використанням, не звільнений від поточної діяльності;
- робота проводиться в межах найбільш знайомої фахівця дисципліни, робота з інших дисциплін не проводиться;
- призначений фахівець не наділений достатніми повноваженнями;
- не завжди виділений спеціаліст має необхідний кругозір, навички міждисциплінарної роботи, загальносистемний підхід та організаторські здібності;
- Витрачені ним зусилля непорівнянні з масштабом поставленого завдання;
- робота над новим складним напрямом ведеться в умовах дефіциту часу та підвищеної відповідальності та, як правило, не закінчується.

Таким чином, при реалізації першого сценарію впровадження організація отримує лише одну складову проектної моделі, що продумує тривимірне проектування в рамках єдиної дисципліни, але впровадження BIM так і не приступає.

Такий сценарій можливий лише в невеликих організаціях з обмеженим фінансуванням, що спеціалізуються на випуску одного розділу ПСД. Для створення та впровадження тривимірної технології проектної діяльності він недостатній.

Власними силами підприємства, але із залученням нового спеціаліста.

Керівництво компанії виділяє невеликі кошти та запрошує на роботу з впровадження BIM спеціаліста, найбільш підготовленого з погляду рекрутингової компанії (за резюме, співбесіди або, рідше, рекомендації).

Фахівець наділяється деякими повноваженнями. При цьому йому

можуть зобов'язати паралельне виконання ще низки робіт.

Зразковий набір робіт, які здійснюють новий спеціаліст:

- занурення у предметну галузь проектної організації;
- ознайомлення з існуючими бізнес-процесами компанії;
- обґрунтування вибору 3D САПР та освоєння технології тривимірного проектування стосовно організації;
- створення технології, що вдосконалисть існуючий процес формування креслень;
- пошук внутрішніх ресурсів для освоєння нових технологій 3D-проектування;
- напрацювання технологій спільної роботи в межах дисциплін;
- спроба створити технології міждисциплінарної взаємодії;
- застосування технології на практиці, для початку водної, рідше у двох дисциплінах.

Отримані результати:

- отримано частину інформаційної моделі з однієї-двох дисциплін;
- створено стандарти проектування та відпрацьовано механізми спільної роботи у технології креслення, тобто 2D;
- навчено спеціалістів одного-двох напрямків роботи в 3D САПР (дуже часто для цього запрошуються сторонні фахівці);
- здійснено напрацювання із спільного 3D-проектування в межах окремо взятих дисциплін;
- компанія отримує технологію 3D-проектування в обмеженій тематиці;
- до BIM справа не доходить навіть у межах однієї дисципліни.

Мінуси та помилки підходу:

- керівництво недостатньо бере активну участь у роботах;
- ні в кого немає чіткого розуміння, які повноваження потрібні для виконання робіт;
- Потрібен час на занурення в робочі процеси та знайомство з особливостями робочої взаємодії всередині колективу;

- Існує залежність від суб'єктивних факторів (темперамент, авторитет, завантаженість, складність проектів та ін);
- ресурсів однієї людини недостатньо для вирішення такого масштабного завдання;
- Зовнішні компанії залучаються тільки для навчання співробітників 3D САПР.

Таким чином, компанія отримує удосконалений за термінами існуючий процес проектування та покращену за якістю та узгодженістю проектних рішень документацію. Налагоджується спільне проектування у межах існуючої технології. Окремі співробітники знайомляться з технологією та перевагами тривимірного проектування. При цьому освоєння технології спільної роботи в 3D, у кращому випадку, обмежується взаємодією фахівців у межах однієї дисципліни, або спільною роботою однаків у кількох дисциплінах. Концепція BIM залишається нереалізованою. У решті випадків він недостатній.

Залучення сторонньої організації, що надає послуги із запровадження.

Керівництво порушує перед власниками компанії питання необхідності впровадження BIM, отримує схвалення і розпочинає реалізації робіт. Запрошуються компанії - системні інтегратори, постачальники програмного забезпечення або просто ініціативні колективи, які рекламують свої послуги з впровадження BIM. Строк виконання та обсяг передбачуваних робіт визначаються договором.

Зразковий набір робіт, що здійснюється компанією з впровадження:

- Проведення навчання співробітників замовника за наявним набором САПР для удосконалення існуючого процесу формування креслень;
- обґрунтування вибору 3D САПР, її розгортання чи налаштування існуючої 3D САПР під стандарти організації;
- створення робочої групи з фахівців усіх дисциплін, задіяних у роботах із впровадження, та вибір об'єкта для пілотного проекту;
- навчання робочої групи базовим інструментам 3D САПР;

- проведення пілотного проекту з одночасним опрацюванням технології тривимірного проектування стосовно об'єкта проектування;
- формування пропозицій щодо внесення змін до процесів взаємодії та реорганізації рольових функцій при 3D-проектуванні;
- обґрунтування необхідності створення нових ролей та введення їх у процес проектування -3D-проектування;
- напрацювання технологій спільної роботи в межах дисциплін;
- складання формалізованого опису технології міждисциплінарної взаємодії;
- моніторинг застосування технології на практиці (при проектуванні аналогічного об'єкта).

Отримані результати:

- одержано інформаційну модель основних дисциплін;
- Створено стандарти підприємства для існуючої технології плоского проектування;
- запропоновано технологію спільної міждисциплінарної роботи у 2D;
- всі фахівці компанії пройшли навчання роботі із запропонованою технологією та підвищили свої навички володіння інструментами САПР у 2D;
- опрацьовано базові технології 3D - проектування - як групова робота, так і міждисциплінарна взаємодія.

Глибина та обсяг опрацювання визначаються, насамперед, термінами робіт, обраним об'єктом та грамотністю команди (робочої групи).

Мінуси та помилки підходу:

- керівництво відстежує процес виконання робіт із фінансової та іншої звітності, а не по суті отриманих результатів;
- До роботи не залучаються фахівці рівня Головного Інженера Проекту (ДІП);
- необхідність попередніх (обстеження) та/або додаткових (створення архіву) робіт складно обґрунтовується;

- Співробітники робочої групи відволікаються на поточні роботи;
- Взаємини між замовником та виконавцем полягають в основному в навчанні та проведенні одного пілотного проекту. На практиці з'ясовується, що одного об'єкта недостатньо навіть для побудови 3D технології, не кажучи вже про BIM;
- має місце боротьба скорочення фінансування робіт. Ще на стадії підписання договору та узгодження технічного завдання замовник прагне скоротити терміни та збільшити роботи, а виконавець – збільшити гроші, щоб убезпечити себе від непередбачених обставин, враховуючи масштабність майбутніх робіт із впровадження ще не створеної концепції BIM;
- якість виконання робіт залежить від загону чинників: ступеня довіри між замовником і виконавцем; грамотності та мотивованості робочої групи; адміністративного рівня фахівців, залучених до процесу; вміння замовника організувати процес робіт;
- Зазвичай роботи з впровадження технологій проектування не передбачають створення системи зберігання проектно-кошторисної документації, в силу чого багато хто розглядає останні як самостійне завдання. А технології тривимірного проектування диктують ще організацію зберігання моделі. Об'єктивна неможливість роз'єднати процеси створення та зберігання моделі та документації зводить нанівець досягнуті результати щодо впровадження.

Таким чином, при реалізації третього сценарію впровадження компанія таки отримує технології тривимірного проектування, але це далеко не BIM.

З даної інформації можна назвати кілька етапів, які необхідні виконання будь-якої організації, перехідної використання BIM - технологій[24]:

- технічна база;
- вибір робочої групи та проекту для реалізації;
- Стандарт підприємства. Якщо в організації вже існує стандарт

підприємства, то необхідно орієнтувати роботу в BIM на нього, інакше слід оцінити ступінь необхідності та обсяг розробки такого стандарту;

- спільна робота замовника та виконавця;

- Навчання. Фахівці повинні освоїти функціонал програмних продуктів, в яких вони мають працювати;

- пілотний проект;

- технічна документація. Завершивши таку серйозну працю, важливо не втратити накопичені знання (це може статися, якщо, наприклад, з компанії піде системний адміністратор або її покинуть співробітники, які брали участь у впровадженні). Щоб уникнути виникнення подібних проблем, слід чітко зафіксувати письмово (на електронному та паперовому носіях) всі етапи процесу у вигляді технічних рекомендацій, регламентів, політик і висновків.

Також, для грамотного використання BIM - технології, необхідно розуміти у чому полягає ефективність впровадження інформаційного моделювання для підприємств різних розмірів. У таблиці 3 проводиться порівняння ефективності впровадження технологій інформаційного моделювання на малих, середніх та великих підприємствах.

Таблиця 1.3 – Ефективність впровадження BIM для підприємств різних розмірів

Критерії оцінювання	Малі та середні будівельні організації	Великі будівельні організації
Витрати використання BIM	Витрати використання технології можуть фінансово «спустошити» підприємство.	Легше переносять витрати на впровадження технології.
Час впровадження BIM	Коротші терміни впровадження технології, але, через тимчасові витрати, підприємства можуть, не дочекавшись ефекту від впровадження, збанкрутувати.	В середньому, від 2 до 4 років на використання BIM та отримання «віддачі» від технології.
Кадрові зміни	Витрати на підвищення кваліфікації кадрів та поява нової посади BIM-менеджера.	Витрати на підвищення кваліфікації кадрів та поява нової посади BIM-менеджера або утворення BIM відділу, які будуть для великих компаній менш болючими.
Використання програм, які дозволяють застосовувати BIM	Найчастіше використовують не весь комплекс програм, а окремі складові, необхідні для роботи.	Використовують повний комплекс програм, що дає змогу отримати найбільший ефект від впровадження BIM.
Отримання замовлень	Підвищення конкурентоспроможності підприємства та отримання замовлень, які неможливо реалізувати під час використання традиційних методів.	Підвищення конкурентоспроможності підприємства та можливість працювати з унікальними, масштабними проектами.
Функціонування моделі BIM	Через відсутність великих замовлень і, відповідно, великого обсягу інформації, з моделлю легше працювати.	Через великі обсяги інформації модель може стати повільною, що створить деякі незручності при роботі з нею.

1.4 BIM як інструмент для зниження ризиків інвестиційного проекту у будівництві та управлінні життєвим циклом

Факт того, що будівництво є однією зі сфер діяльності, схильної до великої кількості ризиків, незаперечний. Багато ризиків є унікальними і неповторними, тому складно зібрати будь-яку історичну статистику щодо них. Багато хто, але не всі. Є повторювані з одного інвестиційного проекту до іншого ризики, які призводять до очікуваних і відомих наслідків. Налагодженої, структурованої системи з виявлення та зниження ризиків у будівництві на сьогоднішній день немає. А ризикоутворюючі фактори присутні у всіх основних ресурсах будівельної сфери, таких як інвестиції у довгострокові активи, предмети праці (сировини, матеріалів, енергоресурсів), основні виробничі фонди та працю.

Крім всього вищезгаданого, причинами кризових ситуацій є також:

- рекламції та штрафи за браковану продукцію, за порушення термінів, за невідповідність якості будівельної продукції;
- аварії у процесі виробництва будівельної продукції та поломки обладнання;
- витік конфіденційної інформації;
- поломка комп'ютерів та іншої електроніки, що автоматизує процес виробництва.

Рідше зустрічаються, але за шкодою та наслідком є важчими такі форсмажорні обставини:

- стихійні лиха;
- аварії в енергетичних мережах;
- пожежі та вибухи;
- смерть керівника та провідних фахівців;
- раптова поява сильних конкурентів.

Серед інших причин, що викликають збільшення рівня ризику,

вказувалися також порушення авторських прав, опортуністична поведінка, страйки, шахрайство, недобросовісна конкуренція.

Реалізація ризикових факторів може призвести до ризику. Класифікувати ризики можна за різними ознаками. У таблиці наведено авторську класифікацію серед виникнення ризиків.

Таблиця 1.4 - Класифікація ризиків за середою виникнення

Зовнішні	Внутрішні
1. Природноприродні	1. Майнові
2. Транспортні	2. Виробничі
3. Екологічні	3. Фінансові
4. Політичні	4. Ризики рентабельності
5. Ризики, пов'язані з купівельною спроможністю грошей та дефляційні:	5. Інвестиційні
5.1) інфляційні та дефляційні	5.1) ризики втраченої вигоди
5.2) Валютні ризики	5.2) ризики зниження доходності
5.3) Ризики ліквідності	5.2.1) процентні ризики
6. Форс-мажорні	5.2.2) кредитні ризики
	5.3) ризики прямих фінансових втрат
	5.3.1) біржові ризики
	5.3.2) ризики банкрутства
	5.3.3) селективні ризики
	6. Торгові
	7. Комерційні
	8. Проектні

Умовно розділивши інвестиційний проект на 5 стадій, хочеться уточнити, що на першій стадії проекту виникає сама ідея будівництва об'єкта, збір інформації про подібні об'єкти, маркетингові дослідження, збирання необхідних документів у необхідних інстанціях, розробка проекту, що враховує не лише архітектурні, об'ємно-планувальні, технічні, санітарно-епідеміологічні, екологічні, а й інші вимоги та норми. Основні ризики цієї стадії:

1. Природні.
2. Форс-мажорні ризики.
3. Політичні ризики.

4. Кон'юнктурні ризики.

5. Проектні ризики.

На цій же стадії після розробки проекту включається узгодження проекту, отримання необхідних дозволів на будівництво, оформлення плям під забудову.

На другій стадії інвестиційно-будівельного проекту, коли зібрані всі необхідні документи, укладаються договори з контрагентами, які надалі забезпечуватимуть життєздатність проекту.

Найважливішими договорами цієї стадії є договір підряду, договори постачання, логістичні угоди. Основні ризики, які можуть бути реалізовані на другій стадії:

1. Політичні ризики.
2. Ризики, пов'язані з купівельною спроможністю грошей та інфляційні.
3. Форс-мажорні ризики.
4. Ризик неправильного вибору контрагента.
5. Інвестиційні ризики.
6. Ризики втраченої вигоди.
7. Селективні ризики.

На третій стадії відбувається саме будівництво об'єкта. Важливими моментами цієї стадії є, безумовно, неухильне дотримання вимог проекту, і навіть виконання робіт з організаційному плану з розрахунком здачі об'єкта термін. Виділимо основні ризики стадії будівництва:

1. Екологічні ризики.
2. Політичні ризики.
3. Ризики, пов'язані з купівельною спроможністю грошей.
4. Природні ризики.
5. Форс-мажорні ризики.
6. Селективні ризики.
7. Виробничі ризики.
8. Майнові ризики.

На четвертій стадії відбувається безпосередня здача об'єкта підрядником з подальшим прийманням замовником, а також враховується момент переходу права власності, остаточним розрахунком за чинними договорами, включаючи договір підряду. Здача в експлуатацію також умовно віднесена до цієї стадії інвестиційно-будівельного проекту. Основними ризиками четвертої стадії є:

1. Форс-мажорні ризики.
2. Ризики, пов'язані з купівельною спроможністю грошей та дефляційні.
4. Політичні ризики.
5. Майнові ризики.
6. Фінансові ризики.
7. Ризики прямих фінансових втрат.
8. Комерційні ризики.
9. Торгівельні ризики.

І завершальною, п'ятою стадією приймемо стадію експлуатації об'єкта.

Договори, що діяли в період будівництва, вже не діють, а до них на зміну приходять договори із власниками нерухомості, з обслуговуючими організаціями. Найбільш ймовірні ризики на стадії експлуатації:

1. Форс-мажорні ризики.
2. Виробничі ризики.
3. Майнові ризики.
4. Проектні ризики.

Для мінімізації ризиків під час реалізації інвестиційно-будівельного проекту використовується інструментарій ризик-менеджменту. З кожним роком він напрацьовується, налагоджується і стає зручнішим у застосуванні з метою управління ризиками. Серед відомих інструментів такі, як SWIFT-аналіз, застосування VaR-методу, матриця МакКінзі, дерево подій, дерево помилок, сценарний аналіз та багато інших.

Найновішим у цьому списку інструментів є використання

інформаційної моделі, відомої під аббревіатурою BIM (Building Information Modeling). Маються на увазі ті інформаційні моделі будівництва та інформаційні моделі будівель, які пов'язуються з тимчасовими та вартісними параметрами у ході реалізації інвестиційних проектів. Цифрова інформаційна модель об'єкта, що будується, на всіх етапах його життєвого циклу допомагає у вирішенні виникаючих завдань і управління ризиками.

Основні причини, через які BIM-моделювання починає впроваджуватися у систему управління ризиками – це можливість контролювати бюджет зниження витрат і зменшення фінансових ризиків.

BIM технології стають все більш доступними та застосовними при реалізації інвестиційно-будівельних проектів, оскільки будівельні компанії здатні фінансувати покупку комп'ютерної техніки та програмного забезпечення.

BIM-моделювання дає можливість успішного господарювання в умовах цифрової економіки, що стає пріоритетним розвитком сучасної економіки.

Сьогодні процеси проектування, будівництва та експлуатації об'єктів капітального будівництва у всьому світі проходять шлях серйозних змін, пов'язаних із цифровізацією економіки. У практиці багато років порушувалося питання, як раціонально та ефективно експлуатувати будівлі. Дебати на цю тему відновилися з новою силою після того, як була розроблена технологія інформаційного моделювання будівель та виникла гіпотеза, що BIM-інформація, що отримується протягом життєвого циклу об'єкта, може допомогти підвищити ефективність управління нерухомістю (FM – Facility Management).

Етап експлуатації є найтривалішим у життєвому циклі об'єкта та може становити 50 і більше років. Крім того, саме він робить основний внесок у вартість його життєвого циклу. Як свідчать підрахунки, вартість життєвого циклу від п'яти до семи разів вища за вартість вихідних інвестицій і втричі перевищує вартість будівництва. Існує колосальна економічна та екологічна потреба в тому, щоб управління новозбудованими та вже існуючими

об'єктами нерухомості здійснювалося максимально ефективним способом.

Проведені закордонні дослідження потенційності BIM у напрямі підвищення ефективності експлуатації будівель, а також дослідження бар'єрів, що перешкоджають її використанню, показали, що потенціал BIM виникає завдяки покращенню ручних процесів передачі інформації, наприклад, виконавчої документації. При цьому наголошувалося, що технологія також підвищує точність даних та збільшує ефективність експлуатації з точки зору швидкості доступу до даних про об'єкт. Також була виявлена недостатність досліджень на основі реальних прикладів, особливо стосовно існуючих будівель, незважаючи на той факт, що новозбудовані будівлі становлять лише незначний відсоток у загальному фонді будівель. Отримані результати стали свідченням цінності системи BIM підвищення ефективності FM-замовлень на роботи, і навіть точності геометричних інформаційних записів.

Управління нерухомістю (FM) – це узагальнюючий термін, що зводить разом широке коло функцій, що відносяться до нерухомості та її користувача, і приносять користь організації та її співробітникам загалом.

FM глобально за своєю природою, охоплює все – від управління нерухомістю та фінансами до технічного обслуговування та санітарного утримання будівлі. Уряди багатьох країн світу визнали неефективність застосовуваних процесів, які впливають на будівельну індустрію в цілому, рекомендувавши використання інформаційного моделювання будівель як стратегію, спрямовану на вирішення питань продуктивності, що знижується в даній сфері.

Інформаційне моделювання будівель в управлінні нерухомістю – це процес генерування та управління інформацією про будинок протягом усього його життєвого циклу. Наприклад, уряд Великобританії як однієї з провідних країн з використання BIM-технологій санкціонував використання BIM-моделей стосовно всіх об'єктів громадського будівництва, починаючи з 2016 р., з включенням передачі цифрових даних, необхідних для етапу

експлуатації будівлі. В останньому огляді BIM-технологій, представленому в NBS National BIMreport, опубліковані результати досліджень, в основному спрямованих на знаходження рішень з різних аспектів, що стосуються впровадження BIM у процеси планування, проектування та будівництва. BIM для FM – це сфера діяльності, що знову виникає, і тому наявні знання по суті даного предмета поки що обмежені. Крім того, зусилля, спрямовані на дослідження інформаційного моделювання в FM, головним чином фокусувалися на новозбудованих будинках, незважаючи на той факт, що нове будівництво становить зазвичай незначну величину від загального фонду будівель. У світовій практиці реальний досвід застосування BIM FM також недостатній.

Однією з основних проблем у сфері експлуатації будівель на основі BIM, на наш погляд, є відсутність реальних процесів для вдосконалення побудованої моделі з урахуванням виконавчої документації. Також неясно, хто найкраще підходить для того, щоб вести завантаження даних у модель та супроводжувати цю модель. Зазвичай, управлінці нерухомістю підключаються до процесів життєвого циклу будівлі дуже обмеженою мірою і вже на пізніх етапах передачі споруд замовникам. З іншого боку, проектні рішення, зазвичай, не перевіряються з погляду їхнього впливу експлуатаційну вартість чи обслуговування. Як результат таких упущень, дані для процесу експлуатації або недостатні, або неадекватні. Часто необхідні дані насправді відсутні або вони неточні, оскільки модель не піддавалася доопрацюванню на основі проектних змін, зроблених після завершення етапу проектування, і, таким чином, вона є неточною моделлю споруди, яка б відповідала тому, що побудовано.

Індустрія управління нерухомістю задоволена негнучкою у своїх підходах до нових технологій. Нестача в FM-індустрії інформаційних моделей та відсутність розуміння системи перешкоджає прийняттю BIM.

І це особливо важливо, тому що BIM-модель для використання в FM вважається окремим ресурсом будівлі, який вимагає постійного

обслуговування для того, щоб він залишався цінним для самої будівлі та її власників.

Крім того, операційна сумісність BIM-технологій та FM-технологій продовжує залишатися проблемним моментом, суть якого полягає у передачі інформації та даних тим, хто працює на етапі експлуатації. І насправді, у існуючих будинках, наприклад, успадкована документація може застосовуватися протягом наступного десятиліття або навіть двох. Відсутність контрактних та юридичних рамок для практичного застосування BIM стосовно FM є ще однією проблемною зоною, де є труднощі. На сьогоднішній день більшість контрактів вимагає передачі паперових документів, що містять переліки обладнання, листки даних на продукцію, гарантії, переліки запасних частин, графіки профілактичного обслуговування і т. д. Ця інформація є істотною для підтримки управління з боку власника та управлінця нерухомістю. На даний момент процес передачі інформації на етап FM здійснюється, як правило, вручну. В результаті, передана інформація виявляється неповною та неточною.

Удосконалення процесів передачі даних є одним з основних спонукальних мотивів для використання BIM FM. Незважаючи на існуючі, на даний момент складності операційної сумісності, BIM-дані та інформація, зібрані протягом життєвого циклу

будівлі, зменшують вартість та час, потрібні для збору та побудови FM-систем. Так, наприклад, дані, що стосуються приміщень, систем, обробки, можуть бути отримані у вигляді підготовлених у цифровому форматі BIM моделей, і при цьому вони не вимагають повторного введення наступних по порядку FM-системи. Більш того, важливо, що якість та надійність даних покращуються, а це, у свою чергу, веде до підвищення ефективності діяльності FM-організацій.

Аналізуючи складнощі, пов'язані з переходом відтепер існуючих FM-процесів до заснованих на BIM процесах, важливо виділити кілька ключових проблем, пов'язаних з практичною реалізацією технології. Так, необхідна

розробка короткої та чіткої специфікації BIM для FM з метою визначення інформації, необхідної для того, щоб вона відповідала особливим вимогам даної сфери бізнесу та FM-функцій.

Іншою проблемою є обмежена сумісність між BIM-технологіями та FM-технологіями, яка ускладнюється величезною різницею між життєвими циклами BIM-технологій, FM-технологій та терміном служби будівель. Це означає, що стандарти даних та оперативна сумісність залишатимуться критично важливим фактором для прийняття BIM для використання у FM-технологіях.

Проведений аналіз питання доцільності застосування BIM у FM показав, що цінність та потенціал сучасної інформаційної технології моделювання з позиції експлуатації об'єкта полягає головним чином у наступному:

- удосконалення наявних на даний момент ручних процесів передачі інформації; підвищенні точності FM-даних;
- збільшення ефективності виконання замовлень на роботи, з точки зору швидкості їх виконання, доступу до даних та локалізації втручань. Така цінність витягується із здатності BIM забезпечувати широко забезпечену даними візуальне середовище та представлену інтегрованими даними середовище.

Тим не менш, є і складності, що перешкоджають застосуванню BIM у FM. До них відносяться: недостатньо чітке визначення ролей, обов'язків, а також контрактних рамок та рамок відповідальності; труднощі у забезпеченні оперативної сумісності BIM та FM-технологій; недостатня чіткість вимог щодо практичного застосування BIM FM. Крім цих труднощів, сучасна практика експлуатації будівель на основі BIM виявила додаткову проблему, яка пов'язана із суттєвою різницею у тривалості життєвих циклів BIM-технологій, FM-технологій та терміну служби будівель. Це означає, що в середній довгостроковій перспективі FM-організації повинні бути готові працювати з різними інформаційними стандартами та стандартами даних,

замість того, щоб йти шляхом адаптації своїх бізнес-процесів до специфічних технологій. Тому для ефективної віддачі інвестицій у цифрову економіку та отримання від неї дивідендів необхідно розвивати не лише інститути, компетенції та інфраструктуру інформаційного середовища, а й кадровий потенціал. Безумовно, розробка та використання нових технологій може здійснюватись лише фахівцями, які володіють стрункою системою знань за такими технологіями. Важливо підкреслити, що зараз настав час готувати відповідно до вимог цифрової економіки компетентні кадри, зокрема й у FM-середовищі з акцентом на BIM-технології.

Рівень конкурентоспроможності у галузі будівництва у багатьох країнах світу досяг свого максимуму завдяки реалізації повноцінних BIM-проектів.

Комплексний розвиток науки і техніки зачепив усі галузі промисловості, у тому числі й галузь будівництва. Підвищується роль інформаційних технологій в управлінні будівельним виробництвом, а також розробки проектної документації. Якісно опрацьовані проектні рішення безпосередньо відбиваються на показниках безпеки, ефективності та надійності споруд.

Будівництво великих будівельних об'єктів спричиняє залучення сотень одиниць техніки, десятки сотень підрядників. Величезна кількість професійних будівельників різних спеціальностей залучається в процес будівництва, для кожного з яких на день визначається виробниче завдання, ведеться аналіз результатів виконання графіків робіт, а також поставок, замовлення будівельних матеріалів, необхідних для будівництва тощо. Без сучасних можливостей інформаційних технологій масштабним процесом управляти практично неможливо, оскільки інформація про всі виробничі процеси може займати до сотні тисяч мегабайт інформації.

Значно скоротилися терміни виконання робіт проектувальників, на які раніше витрачалася більшість від сумарного часу виконання проекту. Істотно знизився вплив «людського фактора», який із застосуванням BIM-технології

став можливим лише на стадії введення даних. Виключаються невідповідності, неточності та помилки, з'являється можливість автоматизованої перевірки колізій, оптимізації процесів обробки інформації, покращується якість проектної документації. Все це завдяки впровадженню технології інформаційного моделювання.

У багатьох країнах світу (наприклад, США, Сінгапур, країни Північної Європи та ін.) у будівельній галузі активно впроваджуються технології BIM-моделювання. Масштаб впровадження BIM-технологій у згаданих вище країнах насамперед пояснюється вигодами від застосування даної технології на різних етапах та рівнях реалізації проекту (як на рівні окремого підприємства, галузі, так і держави в цілому).

До BIM-моделей на сьогоднішній день пред'являється досить широкий перелік вимог, спрямований на вирішення найрізноманітніших завдань – від випуску специфікацій до моменту планування утилізації об'єкта. Подібні вимоги, як правило, відображають усі інженерно-технічні рішення, інформаційне наповнення складових моделі, що безпосередньо закладаються в об'єкт будівництва.

Працюючи з моделями BIM, не можна не зіткнутися з певними труднощами. До складнощів можна віднести відсутність загального стандарту передачі даних за проектом, положення електронного документообігу. Також можна відзначити, що різні будівельні компанії, задіяні у проекті, мають різний рівень запровадження технології інформаційного моделювання. Це ускладнює обмін інформацією щодо проекту.

Не дивлячись на низку складнощів, пов'язаних із впровадженням, очевидно, що BIM-технології здатні значно допомогти на окремих етапах проектування, у тому числі й у автоматизації процесу формування проектно-кошторисної документації.

Для вирішення цього питання необхідно розробити концепцію ресурсно-інформаційної моделі зберігання та управління базою знань з

властивими їй механізмами швидкої трансформації інформації, що вводиться, про ресурси в проектно-кошторисну документацію. Концепція «інформаційно-ресурсної моделі» будівельного об'єкта включає поняття певного класу моделей, головною функцією якого є можливість на основі накопиченого досвіду підвищення якості моделі.

Інформаційно-ресурсні моделі містять властивості моделей інформаційно-описового класу, основні функції яких – опис, зберігання, зміна інформації про об'єкт.

На сьогоднішній день розробка подібної концепції є актуальною темою, і не виключає необхідності дослідження та освоєння досвіду зарубіжних країн у галузі формування нормативної бази будівництва, що включають технічні, економічні, кошторисні нормативи.

Реалізація такої системи є актуальною на етапі планування будівництва, оскільки успіх проекту безпосередньо залежить від того, чи він завершений у встановлені терміни та в рамках бюджету, відповідно до очікувань замовника. Важливим завданням для провадження діяльності

Будівельна компанія є своєчасне і повне забезпечення потреб необхідними ресурсами. Показники вартості будуть основою кошторисних розрахунків, що визначають обсяг фінансування будівництва.

Для того щоб не допустити випуск неякісної або бракованої будівельної продукції та забезпечити її високу якість, необхідна установка модуля, який відповідає за контроль якості сировини та матеріалів.

Саме висока якість продукції в умовах переважаючої конкурентної боротьби та значною мірою забезпеченості споживачів товарами є головним фактором успіху.

На сьогоднішній день можна відзначити, що 3D проектування – це вже пройдений етап у будівництві, оскільки вимоги ринку диктують потребу у 4D та 5D форматному проектуванні. Об'єкт будівництва необхідно розглядати не тільки у просторі, але й у часі у вигляді календарно-мережевого планування, що називають 4D, а додавання інформації про вартість прийнято позначати

5D.

Реалізація взаємодії з програмними засобами 3D проектування допустимо за допомогою мови введення кошторисних програм на основі унікального формату запису інформації про обсяги робіт, що застосовуються індекси, розцінки, коефіцієнти та інші параметри ціноутворення.

Необхідно відзначити, що реалізація автоматичного формування позицій локального кошторису, що містять вартість матеріалів і виробів, на практиці можлива, але лише при створенні бази даних, де встановлюється зв'язок між елементом 3D-моделі та каталогом цін.

У ході дослідження завдання здійснення взаємодії між ресурсно-інформаційною BIM-моделлю та системою ціноутворення необхідно реалізувати наступний підхід: по-перше, сформулювати модель об'єкта 3D моделі із заповненням технічно незмінними характеристиками, геометрія, матеріал тощо, по-друге, сформулювати відомості обсягів робіт. На першому етапі необхідно створити базу даних, яка містила б такі дані як найменування виробу, індекси перерахунку кошторисної вартості, номер конкретної розцінки зі збірки одиничних розцінок чи державних елементних кошторисних нормативів.

Створення такої бази даних дозволить зв'язати вартісні параметри та засоби 3D моделювання.

Ресурсно-інформаційне моделювання будівель – це ціла стратегія, яка має на увазі комплексний підхід до моделювання об'єктів будівництва. BIM-технології мають величезний потенціал, але, на жаль, не до кінця «обкатаний». Розвиток BIM-технологій гальмують колосальні фінансові витрати на впровадження, до яких відносяться і витрати на закупівлю або оновлення програмного забезпечення, навчання працівників, і адаптація робочих процесів під нові вимоги тощо.

Таким чином, розробка бази даних будівельних матеріалів та продукції, що містить інформацію про вартість, дозволить реалізувати багатоваріантне порівняння технічних рішень з точки зору економічного обґрунтування,

дасть можливість у режимі реального часу аналізувати проекти у вартісному вираженні залежності від технічних рішень, а також дозволить гнучко підходити до питань ціноутворення, оперативно оновлюючи бази даних кошторисних розцінок.

1.5 Етапи реалізації методики контролю календарного графіку будівництва на основі BIM технології.

Своєчасне виконання всіх завдань згідно із затвердженим календарним графіком інвестиційно-будівельного проекту (далі – ІБП) – головна мета, від якого залежить успіх усього проекту. У цих умовах актуальним стає питання точного моніторингу та аналізу ходу будівельно-монтажних робіт (далі – БМР) у реальному часі. Контроль виконаних обсягів у будівництві на даний момент здійснюється відразу декількома підрозділами інженерно-технічних працівників (далі – ІТП), які складають найчастіше складний ланцюжок діловодства. Зрештою, це ускладнює аналіз кінцевого результату та ставить під сумнів його актуальність.

Виходячи з вищесказаного, доцільно розглянути ефективність впровадження нових спеціалізованих програм та методик у систему організації ІБП. А також запропонувати новий системний інструмент для моніторингу проекту та зниження ризиків у будівництві.

В основі BIM лежить тривимірна інформаційна модель майбутнього проекту. У ній закладені основні характеристики (матеріал) та фізичні параметри (геометричні розміри) матеріалів, що використовуються при будівництві та майбутній експлуатації об'єкта, а також об'єкт прив'язаний до календарного графіка будівництва та ув'язаний за ключовими точками. BIM – це інформаційна платформа, на яку можна накласти додаткові технології та можливості з прив'язкою до проектованої споруди.

Етапи реалізації методики представлені на схемі.



Рисунок 1.1 – Етапи реалізації методики

Розглянемо етапи.

Крок 1. Формування 3d-моделі проекту.

На початковій стадії роботи формується 3D модель проекту, всі елементи якої синхронізовані з розділами та об'єктами проекту.

Як інструмент використовуються програмні продукти Autodesk.

Крок 2. Формування планової моделі проекту.

Формування планової моделі проекту виконується за допомогою імпортування у програмне середовище моделі календарного графіка із програми планування.

Крок 3. Формування фактичної моделі проекту.

Фактична модель формується на основі регулярної фіксації та занесення в модель виконаних обсягів БМР за конкретний період.

Інформація заноситься в модель в момент обходу об'єкта інженером,

проводиться фіксація всіх видів робіт, інформація заноситься в портативний комп'ютер або мобільний пристрій.

Крок 4. Формування комплексної моделі проекту.

У результаті ми маємо можливість об'єднати початкову 3D модель проекту з плановою та фактичною, отримавши таким чином комплексну модель, в якій по кожному проектному елементу міститься наступна додаткова інформація:

- інформація про використовувані матеріали елементів моделі та фізичні показники;
- термін виконання робіт з влаштування проектних елементів моделі;
- інформація про фактично виконані обсяги робіт.

Крок 5. Систематизація та аналіз даних.

Сформувавши комплексну модель проекту на певну дату, з'являється можливість поетапно систематизувати отримані дані та провести їх аналіз.

Розрахувавши відсоткове співвідношення проектного обсягу та фактичного, можна внести актуальні дані у календарний графік та провести аналіз завдань. Зіставлення плану і факту дає чітке розуміння ситуації, що склалася на об'єкті. Слід зазначити, що моніторинг обсягів короткий, суворо фіксований інтервал часу (наприклад, тиждень) дає змогу провести великий аналіз статистичних даних.

Такий рівень деталізації дає можливість системного та варіативного контролю виконання бізнес-плану та накопичує інформаційну базу для складання календарних графіків нових проектів.

З обсягу даних отриманих протягом період будівництва можна зробити розрахунки середніх показників вироблення з кожного виду робіт, проаналізувати відхилення від календарного графіка і виявити їх причини.

РОЗДІЛ 2. BIM ЯК ПЛАТФОРМА ДЛЯ СТВОРЕННЯ ЗАСОБІВ ПЛАНУВАННЯ РІЗНИХ ЕТАПІВ ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ БУДІВЕЛЬ ТА СПОРУД

2.1 BIM для проектування життєдіяльності будівель та споруд

Усуваючи обмеження існуючих інструментів керування планування різних етапів життєдіяльності, важливо прийняти рішення, доступні в рамках інструментів, які використовуються протягом усього життєвого циклу будівель. Це забезпечує ефективне управління планування різних етапів життєдіяльності, від етапів планування, через наступні етапи, тобто етапи проектування, будівництва, введення в експлуатацію, використання та обслуговування, до кінця терміну служби. Таким чином, інтеграція існуючих інструментів із BIM запропонувала б більшу гнучкість, щоб впливати на вартість та продуктивність будівель на етапі, коли зміна дизайну обходиться дешевше. Таким чином, шість функцій BIM повинні бути прийняті для керування плануванням різних етапів життєдіяльності, як показано на рисунку 2.1.



Рисунок 2.1 - Структура функціональних можливостей BIM для керування плануванням різних етапів життєдіяльності

Функціональні можливості BIM:

- 1) Командне спілкування та інтеграція.
- 2) Параметричне моделювання та візуалізація.
- 3) Аналіз і моделювання продуктивності будівлі.
- 4) Автоматичне формування документів.
- 5) Покращене управління життєвим циклом будівлі.
- 6) Сумісність програмного забезпечення з іншими програмами.

Таблиця 2.1 – Порівняння інтерфейсів прикладного програмування

Програма не забезпече ння	Revit	Мікростанція	ArchiCAD	Vectorworks	Цифровий Проекти	AllPlan	SketchUp Pro	Архітектур а IDEA	Tekla Structures	RhinoBIM
Розробник	Autodesk	Bentley	Graphisoft	Немечек	Гері	Немечек	Trimble Навігація	4 млн	Текла корпорація	Роберт Макніл
Розширення файлу	.rvt	.dng	.pln	.wmx	.CATProduct	.ndw	.skp	.dwg	.tsc	.3 дм
Діючий	вікна,	Windows, Mac, Linux	Windows, Mac, Linux	вікна,	вікна,	вікна, Mac,	вікна,	вікна,	вікна,	вікна,
система	Mac,			Mac, Linux	Mac, Linux	Linux	Mac, Linux	Mac, Linux	Mac, Linux	Mac, Linux
	Linux									
Основне використ ання	дуга,	Дуга, Дизайн, Електрика та Mex.	Дуга, Дизайн і Mex.	Дуга, Дизайн	Дуга, Дизайн, Електрика та Mex.	Дуга, Дизайн, Електри ка та Mex.	Дуга, Дизайн, Електрика та Mex.	Дуга, Дизайн	Дуга, Дизайн, Електрика та Mex.	дуга, дизайн, Електротехніка та механ.
	дизайн,									
	Електротехніка та механ.									
API	.NET API	MDL API	GDL API	VectorScript	.NET API	API Python	Ruby & C	Жодного	Tekla Open	Носоріг
							API		API	загальний
Мова	C#,	C++	C++	C#	VB.NET	C++	Рубі, C	Жодного	C++	VB.NET, C#, Python
	VB.NET, VC++, F#									
Підключати	.dll	.dll	.dll	.dll	.dll	.dll	.dll	Жодного	.dll, .exe	.dll
Об'єкт	GUID	теги	GUID	Теги схеми	Теги схеми	GUID	Теги схеми	GUID	GUID	GUID
Ідентифікатор										
Управління пам'яттю	Автоматичний	Автоматичний	Автоматичний	Автоматичний	Автоматичний	Посібник	Посібник	Автоматичний	Автоматичний	Автоматичний
IFC	Імпорт/	Імпорт/	Імпорт/	Імпорт/	Імпорт/	Імпорт/	Експорт	Імпорт/	Імпорт/	Імпорт/
	Експорт	Експорт	Експорт	Експорт	Експорт	Експорт		Експорт	Експорт	Експорт
ODBC	Так	Так	Так	Так	Немає	Немає	Так	Немає	Немає	Немає
Підтримка										

Ступінь співпраці та спілкування проектних груп має вирішальне значення для успіху будівельних проектів [6]. Управління плануванням різних етапів життєдіяльності будівель та споруд не є винятком із цього, тому що важливо, щоб на всіх етапах життєвого циклу надавалося постійне обґрунтування управління плануванням етапів життєдіяльності будівель та споруд, і всі зацікавлені сторони повинні бути віддані цьому. У зв'язку з цим BIM може відігравати важливу роль у забезпеченні того, щоб усі зацікавлені сторони брали активну участь у прийнятті рішень, пов'язаних із управлінням, безпосередньо від планування протягом усього життєвого циклу будівлі.

Відповідно до вищевикладеного факту, дані свідчать про те, що впровадження BIM у проектах дозволяє кожному члену проектної групи зосередитися на успіху проекту.

Підхід до взаємовідносин із зацікавленими сторонами також заохочує філософію «спільний ризик і спільну винагороду», яка породжує ефективність процесу, гармонію між зацікавленими сторонами [7]. Таким чином, BIM забезпечує надійну платформу для спілкування та обміну інформацією між усіма зацікавленими сторонами. BIM також забезпечує координацію проектування, гармонізацію завдань, виявлення колізій і моніторинг процесу керування плануванням життєвим циклом. Включення практик співпраці в інструменти управління планування сприятиме ефективній участі всіх проектних команд. Впровадження BIM також сприятиме прозорому доступу до спільної інформації, контрольованій координації та моніторингу процесів.

Спільна взаємодія у плануванні життєдіяльності проєкту проходить через все програмне забезпечення BIM, і саме функціональність параметричного моделювання дозволяє попередньо запрограмувати та запроектувати параметри в цифрові моделі, щоб дозволити автоматичне маніпулювання моделлю [8]. Для інтелектуального моделювання будівель необхідні параметричне моделювання та візуалізація. Так [9], параметричне моделювання використовує об'єктно-орієнтований підхід, який дозволяє повторно використовувати екземпляри об'єктів у побудові моделей, зберігаючи при цьому атрибути, поведінку та обмеження об'єкта. Ця функція сприяє впровадженню BIM в індустрії архітектури, інженерії та будівництва для покращення виконання проєктів і продуктивності будівлі. Однак параметричне моделювання не використовувалось для використання забезпечення процесу керування плануванням життєдіяльності будівель на етапі проектування. Це говорить про те, що BIM-платформа, яка дозволяє параметричне моделювання та візуалізацію процесу аналітики планування життєдіяльності будівель, допоможе оптимізувати процес керування

планування для порівняння та мінімізації впливу альтернатив проектування з вибору оптимальних варіантів. Крім того, увімкнення цієї функції в інструментах керування плануванням життєдіяльності допоможе належним чином підготуватися до фактичного будівництва будівлі та запровадити відповідні заходи щодо оптимізаційних рішень експлуатації.

Ключовою перевагою програмного забезпечення BIM є автоматичний збір параметрів проекту для створення звітів. Використання BIM під час проектування усуне людські помилки під час введення даних. Наприклад, існуючі інструменти керування плануванням різних етапів життєдіяльності вимагають від практиків вручну переносити параметри проекту. Таким чином, такий підхід робить ці інструменти вразливими до помилок в оцінці відходів. Аналіз показує, що розробка плану ПБР і деконструкції є важливою вимогою для успішного управління [10]. Однак не існує жодного інструменту з можливістю генерування плану організації робіт та планів деконструкції з моделей побудови. Таким чином, функції BIM, які дозволяють генерувати проектну документацію на вимогу (наприклад, креслення плану, розрізи та графіки) з моделі будинків, можуть бути використані для розробки плану організації робіт. Таким чином, це може покращити координацію проектування, управління часом та інженерні можливості діяльності з управління планування життєвого циклу будівель та споруд та документації.

2.2 Побудова системи технологічних залежностей

Система технологічних залежностей (СТЗ) - модель, яка призначена для технологічного ув'язування робіт, які необхідно виконати на об'єкті, між собою та визначення тимчасової області виконання кожної з них.

Система необхідна реалізації методики двоетапної розробки календарного плану будівельно - монтажних робіт на програму будівельної організації. Основою СТЗ є технологія зведення об'єкта, що розглядає об'єкт загалом із його внутрішнім взаємозв'язком робіт, що виражається

встановленням технологічної послідовності робіт цього об'єкта. Т.к. роботи мають різні обсяги, трудомісткості, тривалість, то поелементне проходження робіт один за одним призводить до значного збільшення тривалості будівництва. Таким чином, технологічна послідовність відображає тільки якісну сторону технології в частині взаємопов'язання робіт між собою та передування їх щодо один одного.

Також роботи об'єкта пов'язані і кількісною оцінкою. Щоб включити роботу у виробничий план, у технологічному плануванні, необхідно враховувати:

- у якому технологічному стані перебуває робота з попередніми до неї (якісна оцінка взаємозв'язку);

- Як співвідносяться обсяги технологічно пов'язаних робіт. Цей пункт означає поєднання виконання робіт у випадках, де це можливо. Такі кількісні співвідношення по початку та закінченню технологічно пов'язаних робіт прописані у нормативних документах з виконання робіт, у правилах з техніки безпеки.

Вимоги до моделі зумовлюють наступну сукупність якостей:

- визначати можливість планування роботи у кожному плановому відрізку планованого року;

- можливість розподіляти обсяг роботи у певній часовій галузі, що має технологічне обмеження на початок та закінчення виконання робіт;

- можливість «акумулювати» у собі різноманітність організаційних рішень з урахуванням того, що прийняте рішення на виконання роботи може змінитися, а також конкретизуватися у процесі вироблення організаційних рішень завдання календарного планування та залежно від ситуації, що склалася на будівельному майданчику;

- можливість здійснювати контроль за ходом виконання робіт на об'єкті у будь-який час, а також аналізувати результати прийнятого рішення;

- кількісна та якісна стійкість;

- можливість розраховувати різні параметри, необхідні розробки

календарних планів виконання робіт;

- Можливість проведення агрегації та дезагрегації інформації для різних рівнів управління будівельним виробництвом.

Таким чином, СТЗ служить для аналізу стану модельованого об'єкта будівництва та вироблення регламентуючих рішень, а суть технологічного моделювання полягає у встановленні технологічних зв'язків між роботами та визначенні обсягів, які відкривають фронт для планування технологічно взаємопов'язаного обсягу подальшої роботи з її початку та закінчення. т.к. СТЗ стабільна до впливів різних факторів.

Багатоваріативність моделі проявляється у разі, якщо параметри, що її описують, мають деяку область допустимих рішень.

Завдання розробки багатоваріативної моделі будівництва зводиться до пошуку для кожної роботи цієї області, у межах якої параметри можуть змінювати свої значення з метою отримання оптимального календарного плану БМР з урахуванням різних обмежень та умов діяльності будівельної організації. Такою областю може служити тимчасова область, обмежена раннім початком і пізнішим закінченням [11].

Роботи взаємопов'язані між собою як на початку, і після закінчення, тобто. у взаємозв'язку беруть участь технологічні зв'язки між початками та технологічні зв'язки між закінченнями суміжних робіт.

Позначимо аналізовану роботу як роботу j , попередню їй роботу - роботою $(j - 1)$, наступну роботу j - роботою $(j + 1)$.

Для побудови моделі об'єктних технологічних залежностей потрібні такі параметри:

- директивний (нормативний) час будівництва;
- Тривалість однієї робочої зміни;
- Обсяг робіт на кожній роботі j - $V_1, V_2, \dots, V_m$;
- мінімальний обсяг роботи «по початку» для кожної роботи, j - $V_{\min j-1, j}$

Мінімальний обсяг роботи «по початку» - обсяг роботи, який необхідно виконати на даній роботі для того, щоб розпочати виконання наступної

роботи.

Після визначення мінімального обсягу робіт «по початку» необхідно розрахувати параметр «не раніше початку», який відбиває технологічну залежність спочатку, полягає у цьому, що у наступній роботі не можна планувати початкові і наступні обсяги робіт раніше, ніж попередньої [11].

Параметр «не раніше початку» - час, який потрібно витратити виконання мінімального обсягу роботи «по початку» у тому, щоб розпочати виконання наступної роботи.

Цей параметр обчислюється за формулою:

$$t_{j,j=1}^H = \frac{V_{minj,j-1}^H * v_{j-1}}{r_{j-1}} + t_{техн} \quad (2.1)$$

де $t_{j,j=1}^H$ – мінімальне початкове відставання j роботи від попередньої роботи ($j-1$);

$V_{minj,j-1}^H$ – мінімальний обсяг попередньої роботи ($j-1$), що забезпечує можливе планування одиниці обсягу наступного процесу j ;

v_{j-1} – нормативна трудомісткість виконання одиниці обсягу на попередній роботі ($j - 1$);

r_{j-1} - необхідна кількість трудових ресурсів для виконання мінімального обсягу $V_{minj,j-1}^H$;

$t_{техн}$ – час, необхідне виконання технічних, технологічних та інших вимог і обмежень, зумовлених технологією, технікою безпеки та іншим.

Параметр «не раніше початку» характеризує також мінімальне початкове відставання щодо початку наступної роботи залежно від початку попередньої. Наступна робота технологічно може розпочатися не раніше, ніж на попередній роботі буде виконано мінімальний обсяг «по початку» мінімальним складом трудових ресурсів.

Після розрахунку параметра «не раніше початку» можна розпочинати розрахунок часу початку роботи, яке розраховується за такою формулою:

$$t_j^H \geq t_{j-1}^H + t_{j,j-1}^H \quad (2.2)$$

де t_j^H – початок роботи j ;

t_{j-1}^H – початок попередньої роботи $(j - 1)$;

$t_{j,j-1}^H$ - параметр «не раніше початку» до роботи j .

$V_{minj-1,j}^o$ - Мінімальний обсяг роботи «по закінченню» для кожної роботи -

Мінімальний обсяг роботи «по закінченню» - обсяг роботи, який необхідно виконати на даній роботі для того, щоб закінчити виконання наступної роботи.

Після визначення початку роботи j можна приступати до розрахунку параметра "не раніше по закінченню", який показує технологічну неможливість планування закінчення наступної роботи раніше закінчення попередньої на величину $V_{minj,j+1}^o$;

Параметр "не раніше після закінчення" - час, який необхідно витратити на виконання мінімального обсягу роботи "по закінченню" для того, щоб закінчити виконання наступної роботи.

Цей параметр обчислюється за формулою:

$$t_{j,j+1}^o = \frac{V_{minj,j+1}^o \times v_{j+1}}{r_{j+1}} + t_{техн} \quad (2.3)$$

де $t_{j,j+1}^o$ - мінімальне кінцеве відставання роботи $(j+1)$ від попередньої j ;

$V_{minj,j+1}^o$ - мінімальний обсяг роботи $(j + 1)$, який необхідно виконати після закінчення попереднього процесу j ;

v_{j+1} – нормативна трудомісткість виконання одиниці обсягу на роботі $(j+1)$;

r_{j+1} - необхідна кількість трудових ресурсів для виконання мінімального обсягу $V_{\min j,j+1}^o$;

$t_{\text{техн}}$ - час, необхідне виконання технічних, технологічних та інших вимог і обмежень, зумовлених технологією, технікою безпеки та іншим.

Цей параметр характеризує мінімальне кінцеве відставання роботи, яка визначає технологічну можливість закінчення наступної роботи, за умови, що вона закінчиться не раніше, ніж на ній виконається мінімальний обсяг роботи після закінчення попереднього процесу.

Після знаходження параметра «не раніше після закінчення» необхідно розрахувати час закінчення кожної роботи за формулою:

$$t_j^o \geq t_{j+1}^o - t_{j,j+1}^o \quad (2.4)$$

де t_j^o - закінчення роботи j ;

t_{j+1}^o - закінчення наступної роботи $(j+1)$;

$t_{j,j+1}^o$ - параметр «не раніше після закінчення» для роботи j .

Після розрахунку цих параметрів необхідно визначити тимчасову сферу виконання роботи.

Час виконання роботи j лежить у межах мінімального відставання її початку від роботи $(j - 1)$ та мінімального випередження закінчення роботи $(j + 1)$.

Перша робота, яка не має попередніх, має тимчасову область, обмежену початком координат та мінімальним випередженням закінчення цієї роботи по відношенню до закінчення наступної.

Остання робота, яка не має наступних, має тимчасову сферу виконання, обмежену директивним терміном будівництва та мінімальним відставанням початку її роботи від попередньої роботи.

Обмеженням зсуву по часовій області початку роботи служить показник насичення трудовими ресурсами при безперервному її виробництві,

який повинен перевищувати $R_{j,\max}$ - максимального насичення трудовими ресурсами в кожному будівельному процесу [11].

Розраховується кількість трудових ресурсів із використанням раніше отриманих даних за формулою:

$$R_{j,\text{розр}} = \frac{V_j \times v_j}{8 \times t_j} \quad (2.5)$$

де $R_{j,\text{розр}}$ - кількість трудових ресурсів, що розраховується;

V_j – обсяг роботи j ;

v_j – нормативна трудомісткість виконання одиниці обсягу на роботі j ;

8 - тривалість однієї зміни, год;

t_j - тимчасова сфера виконання роботи j .

Перевірка на відсутність перенасиченості трудовими ресурсами здійснюється шляхом порівняння розрахованої кількості трудових ресурсів $R_{j,\text{розр}}$ з кількістю трудових ресурсів, яка може бути спрямована на виконання роботи за повного використання тимчасової області $R_{j,\max}$.

Якщо $R_{j,\text{розр}} \leq R_{j,\max}$, кількість трудових ресурсів, заданих до виконання роботи j , оптимально.

Якщо $R_{j,\text{розр}} > R_{j,\max}$, кількість трудових ресурсів необхідно зменшувати для скорочення термінів будівництва та економії коштів.

Відповідно до сказаного можна виділити такі особливості СТЗ [11]:

- модель служить технологічною основою для планування будівельно-монтажних робіт. У моделі відсутня низка «диктуючих» умов і вимог (безумовний початок подальшої роботи після виконання певного обсягу на попередній, рівномірності та безперервності виконання роботи, жорсткої залежності між кількістю трудових ресурсів, розподілених по роботах та запланованим обсягом у плановому періоді та ін.), що значною мірою підвищує ступінь варіабельності моделі в порівнянні з застосовуваними та дозволяє отримувати точніші результати при вирішенні завдань

календарного планування;

- СТЗ не зазнає якісних змін, тобто. не переходить з одного виду ВТМ в інший у процесі взаємопов'язання до загального календарного плану, отже, має стійкість, що дозволяє включити її до складу нормативної бази;

- модель не втрачає свою гнучкість при укрупненні вихідної інформації для різних рівнів планування.

РОЗДІЛ 3. РОЗРОБКА АВТОМАТИЗОВАНОЇ СИСТЕМИ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ЗАЛЕЖНОСТЕЙ

3.1 Автоматизована розробка систем технологічних залежностей

Підготовка моделі об'єктно-технологічних залежностей (СТЗ) здійснюється у MSExcel. Необхідно побудувати таблицю, яка міститиме всі дані, необхідні для розрахунку параметрів та побудови моделі.

Побудова СТЗ починається з визначення директивного часу (осередок С1 рисунку 3.1), яке встановлюється Замовником і вказується у проекті організації будівництва. Однією з цілей побудови СТЗ є встановлення найбільш оптимального часу виконання будівельно-монтажних робіт, тому після закінчення побудови даний показник може змінюватися у більший або менший бік. Разом з директивним часом визначається і тривалість однієї зміни (комірка С2 на рисунку 3.1). Для зручності розрахунку ці показники необхідно привести до однакових одиниць виміру.

Потім визначається послідовність робіт, що описана в технологічній карті на виконання конкретного виду будівельно-монтажних робіт. На малюнку 2 представлені дані таблиці визначення послідовності робіт.

Буфер обмeна		Шрифт				
H16		f _x				
	A	B	C	D	E	F
1		Директивний час	350			
2		Тривалість зміни	8			
3		Найменування роботи, що розглядається	Найменування попередньої роботи	Найменування подальшої роботи	Обсяг роботи	Витрати праці робітників-будівельників на одиницю обсягу, чол-ч
4		Подібне вдавлювання паль		Іспит паль динамічними навантаженнями	5	3,28
5		Іспит паль динамічними навантаженнями	Пробне вдавлювання паль	Іспит паль статичними навантаженнями	5	1
6		Іспит паль статичним навантаженнями	Іспит паль динамічними навантаженнями	Буріння лідерних свердловин	5	2
7		Буріння лідерних свердловин	Іспит паль статичними навантаженнями	Масове вдавлювання паль	95	3,6
8		Масове вдавлювання паль	Буріння лідерних свердловин	Вивіз шламу з будівельного майданчику	95	3,28
9		Вивіз шламу з будівельного майданчику	Масове вдавлювання паль		95	1,8
10						

Рисунок 3.1 - Вказівка директивного часу та тривалості зміни

Для кожної конкретної поточної роботи (j) (стовпець B рисунку 3.2) встановлюється попередня (j-1) (стовпець C малюнку 2) і наступна (j+1) (стовпець D рисунку 3.2) робота. Задається обсяг для кожної роботи, який встановлюється Замовником та зазначений у проекті виконання робіт. Даний показник виражений у фізичних одиницях.

	A	B	C	D	E	F
1		Директивний час	350			
2		Тривалість зміни	8			
3		Найменування роботи, що розглядається	Найменування попередньої роботи	Найменування подальшої роботи	Обсяг роботи	Витрати праці робітників-будівельників на одиницю обсягу, чол-ч
4		Подібне вдавлення паль ↓		Іспит паль динамічними навантаженнями ↓	5	3.28
5		Іспит паль динамічними навантаженнями	Пробне вдавлення паль	Іспит паль статичними навантаженнями	5	1
6		Іспит паль статичним навантаженнями	Іспит паль динамічними навантаженнями ↑	Буріння лідерних свердловин	5	2
7		Буріння лідерних свердловин	Іспит паль статичними навантаженнями	Масове вдавлення паль	95	3.6
8		Масове вдавлення паль	Буріння лідерних свердловин	Вивіз шламу з будівельного майданчику	95	3.28
9		Вивіз шламу з будівельного майданчику	Масове вдавлення паль		95	1.8
10						

Рисунок 3.2 - Вибір попередньої та подальшої роботи

На рисунку 3.3 дані показники відображені у таблиці

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M
1		Директивний час	350										
2		Тривалість зміни	8										
3		Найменування роботи, що розглядається	Найменування попередньої роботи	Найменування подальшої роботи	Обсяг роботи	Витрати праці робітників-будівельників на одиницю обсягу, чол-ч	Трудомісткість на весь обсяг виконання роботи, чол-година	Мінімальний обсяг по початку, фіз. од.	Мінімальний об'єм по початку, %	Не раніше по початку	Мінімальний об'єм по закінченню, фіз. од.	Мінімальний об'єм по закінченню, %	Час технологічного закінчення, год
4		Подібне вдавлення паль		Іспит паль динамічними навантаженнями	5	3.28	16.4	5	100%		5	100%	0
5		Іспит паль динамічними навантаженнями	Пробне вдавлення паль	Іспит паль статичними навантаженнями	5	1	5	5	100%	4.1	5	100%	72
6		Іспит паль статичними навантаженнями	Іспит паль динамічними навантаженнями	Буріння лідерних свердловин	5	2	10	5	100%	73.25	5	100%	72
7		Буріння лідерних свердловин	Іспит паль статичними навантаженнями	Масове вдавлення паль	95	3.6	342	95	100%	74.5	5	5%	0
8		Масове вдавлення паль	Буріння лідерних свердловин	Вивіз шламу з будівельного майданчику	95	3.28	311.6	95	100%	85.5	95	100%	0
9		Вивіз шламу з будівельного майданчику	Масове вдавлення паль		95	1.8	180	100	100%	77.9	100	100%	0

Рисунок 3.3 - Завдання мінімальних обсягів «по початку» та «по закінченню»

Після цього необхідно визначити мінімальні обсяги виконання кожної роботи, як «по початку», і «по закінченню».

Мінімальний обсяг роботи «по початку» розташований у стовпцях H, I на рисунку 3.3.

Мінімальний обсяг роботи «по закінченню» розташований у стовпцях K, L рисунку 3.3.

Мінімальний обсяг роботи за обома показниками розраховується виходячи з технології виконання робіт, що задається нормативною документацією, і може бути представлений як у фізичних одиницях, так і у відсотковому співвідношенні.

Після розрахунків необхідних обсягів робіт можна приступати до розрахунку параметрів «не раніше початку» і «не раніше закінчення», т.к. початок та закінчення роботи можна розраховувати тільки з урахуванням цих показників.

Розрахунок параметра «не раніше початку» у таблиці показаний на рисунку 3.4.

Параметр «не раніше початку» розрахований у стовпці J рисунку 3.4.

Цей параметр обчислюється за формулою (2.1).

де $V_{j,j-1}^H$ - мінімальний обсяг попередньої роботи (j-1), що забезпечує можливе планування одиниці обсягу наступного процесу j. Цей обсяг роботи в розрахунку - мінімальний обсяг роботи "по початку" (стовпець H або стовпець I на рисунку 3.4);

v_{j-1} - нормативна трудомісткість виконання одиниці обсягу на попередньої роботи (j-1). Даний показник можна отримати зі збірок Єдиних норм та розцінок для кожного виду робіт (стовпець F на рисунку 3.4);

g_{j-1} - необхідна кількість трудових ресурсів для виконання мінімального обсягу $V_{Hinj,j-1}$ (стовпець R на рисунку 3.4);

$t_{\text{техн}}$ - час, необхідне виконання технічних, технологічних та інших вимог і обмежень, зумовлених технологією, технікою безпеки та іншим (стовпець M рисунку 3.4).

Параметр «не раніше початку» розрахований у стовпці J рисунку 3.4.

Цей параметр для роботи j (рядок 4 на рисунку 3.4) впливає на час виконання наступної роботи (j+1) (рядок 5 на рисунку 3.4). Щодо наступної роботи (j+1) робота j - попередня, тому всі показники беруться для попередньої роботи, але параметр розраховується саме для роботи (j+1).

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R
1		Директивний час	350															
2		Тривалість зміни	8															
3		Найменування роботи, що розглядається	Найменування попередньої роботи	Найменування подальшої роботи	Обсяг роботи	Витрати праці робітників-будівельників на одиницю обсягу, чол-ч	Трудомісткість на весь обсяг виконання роботи, чол-година	Мінімальний обсяг по початку, фіз. од.	Мінімальний обсяг по початку, %	Не раніше по початку	Мінімальний обсяг по закінченню, фіз. од.	Мінімальний обсяг по закінченню, %	Час техніко-технологічне	Не раніше по закінченню	Початок розглядаємої роботи	Закінчення розглядаємої роботи	Тимчасова область	Різок на виконання мінімального обсягу
4		Подбне вдавлення паль		спит паль динамічними навантаженнями	5	3.28	16.4	5	100%		5	100%	0					
5		спит паль динамічними навантаженнями	Пробне вдавлення паль	спит паль статичними навантаженнями	5	1	5	5	100%	4.1	5	100%	72	73.25	0	29.85	29.85	4
6		спит паль статичними навантаженнями	Буріння лідерних свердловин	Буріння лідерних свердловин	5	2	10	5	100%	73.25	5	100%	72	74.5	4.1	103.1	99	4
7		Буріння лідерних свердловин	спит паль статичними навантаженнями	Масове вдавлення паль	95	3.6	342	95	100%	74.5	5	5%	0					
8		Масове вдавлення паль	Буріння лідерних свердловин	Вивіз шламу з будівельного майданчику	95	3.28	311.6	95	100%	85.5	95	100%	0	77.9	151.85	182.1	30.25	4
9		Вивіз шламу з будівельного майданчику	Масове вдавлення паль		95	1.8	180	100	100%	77.9	100	100%	0	90	237.35	260	22.65	4
10															315.25	350	34.75	2

Рисунок 3.4 - Розрахунок параметра «не раніше початку»

Перша робота не має попередніх, параметр «не раніше початку» для цієї роботи не розраховується.

Розрахунок початку роботи j представлений у таблиці рисунок 3.5.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R
1		Директивний час	350															
2		Тривалість зміни	8															
3		Найменування роботи, що розглядається	Найменування попередньої роботи	Найменування подальшої роботи	Обсяг роботи	Витрати праці робітників-будівельників на одиницю обсягу, чол-ч	Трудомісткість на весь обсяг виконання роботи, чол-година	Мінімальний обсяг по початку, фіз. од.	Мінімальний обсяг по початку, %	Не раніше по початку	Мінімальний обсяг по закінченню, фіз. од.	Мінімальний обсяг по закінченню, %	Час технологічне	"Не раніше по закінченню"	Початок розглядаємої роботи	Закінчення розглядаємої роботи	Тимчасова область	Як на виконання мінімального обсягу
4		Подібне вдавлення паль		Іспит паль динамічними навантаженнями	5	3.28	16.4	5	100%		5	100%	0					
5		Іспит паль динамічними навантаженнями	Пробне вдавлення паль	Іспит паль статичними навантаженнями	5	1	5	5	100%	4.1	5	100%	72	73.25	0	29.85	29.85	4
6		Іспит паль статичними навантаженнями	Іспит паль динамічними навантаженнями	Буріння лідерних свердловин	5	2	10	5	100%	73.25	5	100%	72	74.5	4.1	103.1	99	4
7		Буріння лідерних свердловин	Іспит паль статичними навантаженнями	Масове вдавлення паль	95	3.6	342	95	100%	74.5	5	5%	0	4.5	77.35	177.6	100.25	4
8		Масове вдавлення паль	Буріння лідерних свердловин	Вивіз шламу з будівельного майданчику	95	3.28	311.6	95	100%	85.5	95	100%	0	77.9	151.85	182.1	30.25	4
9		Вивіз шламу з будівельного майданчику	Масове вдавлення паль		95	1.8	180	100	100%	77.9	100	100%	0	90	237.35	260	22.65	4
10															315.25	350	34.75	2

Рисунок 3.5 - Розрахунок початку роботи j

Початок першої роботи приймається рівним 0.

Початок кожної роботи залежить від часу виконання мінімального обсягу "по початку" на попередній роботі, а це - параметр "не раніше по початку". Тому, початок кожної роботи j (крім першої) (стовпець O на рисунку 3.5) розраховується шляхом підсумовування початку попередньої роботи (j-1) та параметра «не раніше початку» (стовпець J на рисунку 3.5) для роботи j за формулою (3.2).

Розрахунок параметра «не раніше після закінчення» представлений у таблиці рисунку 3.6.

СУММ																			=K5*F5/R5+M5	
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R		
1	Директивний час		350																	
2	Тривалість зміни		8																	
3	Найменування роботи, що розглядається	Найменування попередньої роботи	Найменування подальшої роботи	Обсяг роботи	Витрати праці робітників-будівельників на одиницю обсягу, чол-ч	Трудомісткість на весь обсяг виконання роботи, чол-година	Мінімальний обсяг по початку, фіз. од.	Мінімальний обсяг по початку, %	Не раніше по початку	Мінімальний обсяг по закінченню, фіз. од.	Мінімальний обсяг по закінченню, %	Час технологічне	"Не раніше по закінченню"	Початок розглядаємої роботи	Закінчення розглядаємої роботи	Тимчасова область	Як на виконання мінімального обсягу			
4	Подібне вдавлення паль		Іспит паль динамічними навантаженнями	5	3.28	16.4	5	100%		5	100%	0								
5	Іспит паль динамічними навантаженнями	Пробне вдавлення паль	Іспит паль статичними навантаженнями	5	1	5	5	100%	4.1	5	100%	72	=K5*F5/R5+M5	0	29.85	29.85	4			
6	Іспит паль статичними навантаженнями	Іспит паль динамічними навантаженнями	Буріння літерних свердловин	5	2	10	5	100%	73.25	5	100%	72	74.5	4.1	103.1	99	4			
7	Буріння літерних свердловин	Іспит паль статичними навантаженнями	Масове вдавлення паль	95	3.6	342	95	100%	74.5	5	5%	0	4.5	77.35	177.6	100.25	4			
8	Масове вдавлення паль	Буріння літерних свердловин	Вивіз шламу з будівельного майданчику	95	3.28	311.6	95	100%	85.5	95	100%	0	77.9	151.85	182.1	30.25	4			
9	Вивіз шламу з будівельного майданчику	Масове вдавлення паль		95	1.8	180	100	100%	77.9	100	100%	0	90	237.35	260	22.65	4			
10														315.25	350	34.75	2			

Рисунок 3.6 – Розрахунок параметра «не раніше після закінчення»

Параметр «не раніше по закінченню» розрахований у стовпці на малюнку 3.6.

Цей параметр обчислюється за формулою (2.3).

де $V_{\min j, j+1}^o$ – мінімальний обсяг роботи j , який необхідно виконати після закінчення попереднього процесу $(j+1)$. Цей обсяг роботи з розрахунку - мінімальний обсяг роботи «по закінченню» (стовпець К чи стовпець L рисунку 3.6);

v_{j+1} – нормативна трудомісткість виконання одиниці обсягу на роботі $(j+1)$. Даний показник можна отримати зі збірок Єдиних норм та розцінок для кожного виду робіт (стовпець F на рисунку 3.6);

r_{j+1} - необхідна кількість трудових ресурсів для виконання мінімального обсягу $V_{\min j, j+1}^o$ (стовпець R рисунку 3.6);

$t_{\text{техн}}$ - час, необхідне виконання технічних, технологічних та інших вимог і обмежень, зумовлених технологією, технікою безпеки та іншим (стовпець M рисунку 3.6).

Цей параметр даної роботи j (рядок 4 рисунку 3.6) впливає закінчення подальшої роботи $(j+1)$ (рядок 5 рисунку 3.6), тому за розрахунку всі показники беруться до роботи $(j+1)$.

Остання робота не має наступних, відповідно, параметр "не раніше по закінченню" для неї не розраховується.

Розрахунок закінчення роботи j представлений у таблиці рисунку 3.7.

	K	L	M	N	O	P	Q	R
j	Мінімальний об'єм по закінченню, фіз. од.	Мінімальний об'єм по закінченню, %	Час техніко-технологічне	"Не раніше по закінченню"	Початок розглядаємої роботи	Закінчення розглядаємої роботи	Тимчасова область	Rmax на виконання мінімального об'єму
	5	100%	0					
				73.25	0	29.85	29.85	4
4.1	5	100%	72					
				74.5	4.1	103.1	99	4
3.25	5	100%	72					
				4.5	77.35	177.6	100.25	4
74.5	5	5%	0					
				77.9	151.85	182.1	30.25	4
85.5	95	100%	0					
				90	237.35	=P9-N8	22.65	4
77.9	100	100%	0					
					315.25	350	34.75	2

Рисунок 3.7 - Розрахунок закінчення роботи j

Закінчення останньої роботи дорівнює заданому директивному часу.

Розрахунок закінчення кожної роботи починається з останньої роботи. Закінчення роботи j залежить від часу закінчення наступної роботи (j+1) та параметра «не раніше закінчення» для даної роботи. Тому закінчення кожної роботи розраховується шляхом віднімання параметра «не раніше після закінчення» для роботи j (стовпець N_{на} на рисунку 3.7) із закінчення наступної роботи (j+1) (стовпець P на рисунку 3.7) за формулою (2.4).

Якщо закінчення будь-якої роботи розраховується з негативним знаком, то часу виконання робіт (директивного часу) недостатньо, отже, необхідно цей час збільшити.

Необхідно підібрати директивний час таким чином, щоб тимчасова область виконання робіт була мінімальною.

Розрахунок тимчасової області роботи j представлений таблиці рисунку 3.8.

Для побудови моделі потрібно також розрахувати, скільки часу виконуватиметься робота j , тобто. її тимчасову область (стовпець Q рисунку 3.8). Цей показник розраховується шляхом віднімання початку роботи j (стовпець O на рисунку 3.8) із закінчення роботи j (стовпець P_{на} на рисунку 3.8).

	M	N	O	P	Q	R	S
й , %	Час техніко-технологічне	"Не раніше по закінченню"	Початок розглядаємої роботи	Закінчення розглядаємої роботи	Тимчасова область	R _{max} на виконання мінімального об'єму	
100%	0						
		73.25	0	29.85	=P4-O4	4	
100%	72						
		74.5	4.1	103.1	99	4	
100%	72						
		4.5	77.35	177.6	100.25	4	
5%	0						
		77.9	151.85	182.1	30.25	4	
100%	0						
		90	237.35	260	22.65	4	
100%	0						
			315.25	350	34.75	2	

Рисунок 3.8 - Розрахунок тимчасової сфери роботи j

Побудова СТЗ здійснюється в MSExcel з використанням даних про початок робіт та розрахованої тимчасової області.

Графік будується у вигляді лінійної діаграми.

Наприкінці побудови необхідно виконати перевірку відсутності перенасиченості робіт трудовими ресурсами.

Розрахунок кількості трудових ресурсів у таблиці представлений рисунку 3.9.

Для цього необхідно визначити максимально можливу кількість трудових ресурсів, яка може бути спрямована на виконання роботи $R_{j\max}$. Ці дані можна взяти з Технологічної карти виконання конкретного виду будівельно-монтажних робіт. Потім розраховується кількість трудових ресурсів з використанням даних, отриманих під час побудови СТЗ, за формулою (2.5).

де $R_{j,\text{розр}}$ - кількість трудових ресурсів, що розраховується (стовпець T на рисунку 3.9);

V_j – обсяг роботи j (стовпець E на рисунку 3.9);

v_j - нормативна трудомісткість виконання одиниці обсягу роботи j (стовпець F малюнку 9);

8 - тривалість однієї зміни, год (рядок 2 на рисунку 3.9);

t_j - тимчасова сфера виконання роботи j (стовпець Q на рисунку 3.9).

СУММ																			
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S
1		Директивний час	350																
2		Тривалість зміни	8																
3		Найменування роботи, що розглядається	Найменування попередньої роботи	Найменування подальшої роботи	Обсяг роботи	Витрати праці робітників-будівельників на одиницю обсягу, чол-ч	Трудомісткість на весь обсяг виконання роботи, чол-година	Мінімальний обсяг по початку, фіз. од.	Мінімальний обсяг по закінченню, %	Не раніше по початку	Мінімальний обсяг по закінченню, фіз. од.	Мінімальний обсяг по закінченню, %	Час техніко-технологічне	"Не раніше по закінченню"	Початок розглядаємої роботи	Закінчення розглядаємої роботи	Тимчасова область	Rmax на виконання мінимального обсягу	Rmax
4		Подібне вдалювання палів		Іспит палів динамічними навантаженнями	5	3.28	16.4	5	100%		5	100%	0		73.25	0	29.85	29.85	4
5		Іспит палів динамічними навантаженнями	Пробне вдалювання палів	Іспит палів статичними навантаженнями	5	1	5	5	100%	238.8	5	100%	72		74.5	4.1	103.1	99	4
6		Іспит палів статичними навантаженнями	Іспит палів динамічними навантаженнями	Буріння літерних свердловин	5	2	10	5	100%	73.25	5	100%	72		4.5	77.35	177.6	100.25	4
7		Буріння літерних свердловин	Іспит палів статичними навантаженнями	Масове вдалювання палів	95	3.6	342	95	100%	74.5	5	5%	0						
8		Масове вдалювання палів	Буріння літерних свердловин	Вивіз шламу з будівельного майданчику	95	3.28	311.6	95	100%	85.5	95	100%	0		77.9	151.85	182.1	30.25	4
9		Вивіз шламу з будівельного майданчику	Масове вдалювання палів	Масове вдалювання палів	95	1.8	180	100	100%	77.9	100	100%	0		90	237.35	260	22.65	4
10															315.25	350	94.75	2	4

Рисунок 3.9 - Розрахунок $R_{j,\text{розр}}$

Перевірка на відсутність перенасиченості трудовими ресурсами здійснюється шляхом порівняння розрахованої кількості трудових ресурсів $R_{j,рас4}$ з кількістю трудових ресурсів, яка може бути спрямована на виконання роботи за повного використання тимчасової області $R_{j,max}$.

Якщо $R_{j,розр} \leq R_{j,max}$, то кількість трудових ресурсів, заданих для виконання роботи j , оптимальна.

Якщо $R_{j,розр} > R_{j,max}$, кількість трудових ресурсів необхідно зменшувати для скорочення термінів будівництва та економії коштів.

Модель об'єктних технологічних залежностей є основною моделлю, джерелом стабільної інформації, не змінюється у часі, тобто. СТЗ не вимагає постійного коригування [14].

Однак, на практиці, при побудові СТЗ виникають певні складнощі:

- модель не в змозі врахувати ті зміни довкілля, які можуть вплинути на тимчасову область однієї з робіт (всіх робіт), і, відповідно, на тривалість процесу будівництва. Цими змінами можуть бути природні чинники, соціальні чинники тощо.

Також до факторів зміни довкілля можна віднести час постачання будівельних матеріалів, оренду будівельної техніки, найм робітників з боку;

- як згадувалося раніше, мінімальні обсяги робіт визначаються відповідно до нормативних документів: технологічної карти, для певного виду будівельно-монтажних робіт тощо. Однак, у багатьох випадках, ці мінімальні обсяги в явному вигляді не вказані та не прописані умови та порядок їх розрахунку;

- також виникають складнощі з поданням параметрів "по початку" і "по закінченню", т.к. необхідно прораховувати час початку та час закінчення наступної роботи, залежні від виконання мінімальних обсягів «по початку» та «по закінченню» на попередній;

- у певних випадках мінімальні обсяги необхідно брати у фізичних одиницях, в інших – у %. Виникають складнощі із встановленням необхідності використання обох випадків при побудові моделі;

- технологічну послідовність виконання робіт також необхідно брати із нормативної документації виходячи зі специфіки проведення робіт та технічних умов виробництва. Для багатьох БМР у технологічних картах наведена детальна послідовність робіт, або деякі роботи в послідовності виконують ту саму функцію, тому виникає необхідність агрегування робіт. Однак, виникає складність у виборі робіт, які відображатимуть укрупнену послідовність. Для цього необхідний пошук складу кожної роботи та включення до послідовності тих робіт, які у своєму складі мають декілька робіт, зазначених у вихідній послідовності. Якщо існує така робота, яку неможливо включити до жодного складу будь-якої роботи, і така робота не має ніяких більше у своєму складі, таку роботу включають до укрупненої послідовності окремим пунктом;

- великі складності виникають щодо витрат праці робітників - будівельників і трудомісткості весь обсяг. Ці дані також беруться з нормативної документації, проте багато зі збірок застаріли і не включають багато роботи, які виконуються в даний час, а також багато машин, механізми та обладнання, яке в даний час використовується. Існують спеціальні формули до розрахунку трудомісткості виконання тієї чи іншої виду БМР, цей розрахунок збільшує час побудови самої СТЗ.

3.2 Система технологічних залежностей на улаштування пального фундаментів

Для побудови СТЗ на пальної роботи були отримані дані щодо проекту влаштування пального фундаменту методом вдавлення.

Згідно з даними інженерно-геологічних досліджень підставою для фундаменту прийнятий шар суглинку пилуватого, напівтвердого (суглинок - ґрунт із вмістом глини та значної кількості піску) - група ґрунтів 2.

Ґрунтові води розкриті на глибині 7,5...12,8 м.

Передбачено влаштування пальового фундаменту із цільних залізобетонних паль С-120-30 (перетин 300х300 мм, довжина палі – 12,0 м, довжина вістря – 300 мм, маса – 2,725 т).

При вдавлюванні паль у щільні ґрунти або в примиканні до існуючих будівель для зниження зусилля вдавлювання і виключення випору ґрунту з деформаціями конструкцій будівель вдавлювання виконується в свердловині лідера.

Кількість паль за проектом – 100 штук.

Відповідно до технологічної карти пристрою пальового фундаменту методом вдавлювання виконання робіт з вдавлювання паль включає наступні операції:

- 1) Пробне вдавлювання паль.
- 2) Проведення передбачених проектом випробувань ґрунту.
- 3) Буріння лідерних свердловин.
- 4) Занурення паль методом вдавлювання.

Існують такі методи польових випробувань ґрунтів палями:

- динамічним навантаженням;
- статичними вдавлюючими, висмикуючими та горизонтальними навантаженнями.

Випробування паль навантаженням допускається проводити для:

- обґрунтування обраного методу будівництва;
- визначення осад паль та граничного для них навантаження;
- Оцінки несучої здатності пальового фундаменту в цілому.

Проектом передбачено випробування паль статичними навантаженнями, що вдавлюють.

Тривалість "відпочинку" встановлюється програмою випробувань залежно від складу, властивостей і стану ґрунтів, що прорізаються, і ґрунтів під нижнім кінцем палі, але не менше:

- 3 доби - при піщаних ґрунтах, крім водонасичених дрібних та пілуватих;

- 6 діб - при глинистих та різнорідних ґрунтах.

Випробування ґрунтів статистичними навантаженнями, що вдавлюють, слід починати після "відпочинку" паль, тривалість якого позначена раніше.

Для паль, занурених іншими способами, початок випробувань визначається програмою випробувань, але не раніше ніж через 1 добу після занурення.

Число випробуваних паль при будівництві повинно становити:

- при випробуванні паль динамічним навантаженням – до 1% загальної кількості паль на даному об'єкті, але не менше 6 шт.;

- при випробуванні паль статичним навантаженням, що вдавлює, - до 0,5% загальної кількості паль на даному об'єкті, але не менше 2 шт., за винятком спеціально обґрунтованих випадків.

Кількість пробних паль за проектом для проведення статистичних випробувань – 6 штук.

Вдавлювання паль за проектом здійснюється бригадою з 4 осіб:

- оператор своєвдавлюючої машини (1 чол.) - здійснює керування своєвдавлюючою машиною, здійснює вдавлювання палі. Контролює показання приладів та забезпечує контроль над роботою всіх вузлів і агрегатів машини, що вдавлює. Веде журнал занурення робочих паль;

- кранівник (1 чол.) - здійснює перестановку своєвдавлюючої машини на позначку проектного положення палі, завантаження (розвантаження) своєвдавлюючої машини анкерними вантажами, завантаження палі в спрямовуючу пастку машини, що вдавлює;

- стропальник (2 чол.) - Забезпечує завантаження і розвантаження свавдавлюючої машини анкерними вантажами, завантаження паль у направляючу пастку свавдавлюючої машини, установку своявдавлюючої машини на позначку проектного положення палі.

Тривалість однієї зміни роботи бригади – 8 годин.

Відведений час виконання робіт з проекту - 350 годин (у побудові СТЗ називається директивним часом).

Дані за витратами праці робітників - будівельників на одиницю обсягу були взяті зі Збірника 12 Єдиних норм та розцінок «Польові роботи», а також зі Збірника 1 Єдиних норм та розцінок «Внутрішньобудівельні роботи».

Побудова СТЗ в MSExcel починається з визначення послідовності робіт, для кожної роботи встановлюється попередня та наступна робота.

На рисунку 3.10 показано встановлену послідовність робіт у таблиці.

Потім таблицю, як у рисунку 3.11, вносяться дані про обсяги робіт з кожної роботи (причому одиниці виміру обсягів робіт можуть збігатися), про витрати праці робочих - будівельників на одиницю обсягу чол. - годинник і розраховується трудомісткість на весь обсяг робіт шляхом множення витрат праці робітників - будівельників на одиницю обсягу на весь обсяг, що виконується на даній роботі.

Обсяги всім робіт, крім останньої, відбито у штуках; обсяг робіт для роботи «Вивіз шламу з будівельного майданчика» - м^3 .

Також в таблицю вносяться дані про мінімальні обсяги на початку і по закінченню, як показано на рисунку 3.12.

У побудові СТЗ на вдавлювання паль у розрахунках використовуються мінімальні обсяги, виражені у фізичних одиницях.

Далі задається час техніко - технологічний, як показано на рисунку 3.13. У даному випадку цей параметр буде заданий тільки для випробувань паль статистичними навантаженнями. Час «відпочинку» пробних паль – 3 доби, тобто. 72 години.

Після завдання всіх параметрів починається розрахунок параметра «не раніше за початком» за формулою (1), початку кожної роботи за формулою (2), параметра «не раніше по закінченню» за формулою (3), закінчення кожної роботи за формулою (4), проводиться розрахунок часової області та перевірка моделі на перенасиченість трудовими ресурсами за формулою (5).

Підсумкові таблиці для побудови моделі об'єктних технологічних залежностей на влаштування пальового фундаменту методом вдавлювання представлені таблицями 3.2-3.4.

Таблиця 3.1 – Дані для побудови СТЗ на влаштування пальового фундаменту методом вдавлювання. Частина 1

№	Найменування аналізованої роботи	Найменування попередньої роботи	Найменування подальшої роботи	Обсяг роботи	Витрати праці робітників-будівельників їй на одиницю обсягу, чол-ч	Трудомісткість на весь обсяг виконання роботи, чол-година
1	2	3	4	5	6	7
1	Пробне вдавлювання натурних паль		Випробування паль статистичними навантаженнями	6	3,28	19,68
3	Випробування паль статистичним навантаженням	Пробне вдавлювання натурних паль	Буріння лідерних свердловин	6	2	12
4	Бурение лидерных скважин	Буріння лідерних свердловин	Масове вдавлювання паль	100	3,6	338,4
5	Масове вдавлювання паль	Буріння лідерних свердловин	Вивіз шламу з будівельного майданчика	100	3,28	308,32
6	Вивіз шламу з будівельного майданчика	Масове вдавлювання паль		112	1,8	201,6

Таблиця 3.2 – Дані для побудови СТЗ на влаштування пальового фундаменту методом вдавлювання. Частина 2.

№	Мінімальний обсяг на початку, фіз.од.	Мінімальний обсяг по початку, %	"Не раніше початку"	Мінімальний обсяг після закінчення, фіз.од.	Мінімальний обсяг по закінченню, %	Час технічно технологічний	«Не раніше після закінчення»	Початок розглядаємої роботи
8	7	8	9	10	11	12	13	14
1	6	100%	—	6	100%	0	75	0
2	6	100%	4,92	6	100%	72	90	4,92
3	100	100%	75	100	100%	0	82	79,92
4	100	100%	90	100	100%	0	100,8	169,92
5	112	100%	82	112	100%	0	—	251,92

Таблиця 3.3 – Дані для побудови СТЗ на влаштування пальового фундаменту методом вдавлювання. Частина 3

№	Закінчення аналізованої роботи	Тимчасова область	$R_{\max}$ на виконання мінімального обсягу	$R_{\max}$	$R_{\text{розр}}$
	15	16	17	18	19
1	2,2	2,2	4	4	1,118
2	77,2	72,28	4	4	0,02
3	167,2	87,28	4	4	0,55
4	249,2	79,28	4	4	0,52
5	350	98,08	2	2	0,256

За даними початку кожної роботи та її тимчасової області будується діаграма, яка є СТЗ.

СТЗ на влаштування пальового фундаменту методом вдавлювання представлена на малюнку.



Рисунок 3.10 - МОТЗ на влаштування пальового фундаменту методом вдавлювання

3.3 Використання даних з інформаційної моделі при побудові моделі технологічних залежностей при виробництві БМР

Інформаційна модель складається з кількох розділів (рішень), кожен із яких розробляється як окремий файл. Розділи зв'язуються між собою зовнішніми посиланнями.

Ці рішення також можна назвати завданнями, які необхідно розробити та виконати для складання BIM – моделі та наповнення її різними характеристиками.

Склад BIM - моделі включає:

- архітектурні рішення (АР). Побудова огорожувальних конструкцій (стін, перекриттів, вікон, дверей, вітражів та ін.) виконується із зазначенням матеріалів, точних габаритів та просторового розміщення, а також із зазначенням теплофізичних властивостей. У моделі відображається інформація про осі та рівні будівлі, приміщення / зони та їх властивості (найменування, площа, категорія та ін.).

Програмні продукти, за допомогою яких можливе вирішення поставленого завдання: AutoCADArchitecture, RevitArchitecture,

GraphisoftArchiCAD, AlplanArchitecture та ін;

- конструктивні рішення, об'ємно-планувальні рішення (КР). Побудова конструктивної моделі будівлі виконується із зазначенням точного просторового розміщення фундаментів, паль, розтерків, балок, плит перекриттів та інших елементів. Конструкціям призначаються матеріали та технічні характеристики (клас бетону, марка сталі тощо). Виконується моделювання армування конструкцій: розкладка арматурних стрижнів і каркасів, визначається крок стрижнів, призначаються діаметри і клас арматури, створюються хомути, шпильки і т.д. Арматурі конструкцій призначаються захисні шари, відповідно до вимог конструкцій.

Програмні продукти, за допомогою яких можливе рішення поставленої задачі: AutoCADStructuralDetailing, RevitStructure,

AllplanEngineering RC, TeklaStructures, BentleyStructural та ін.

Для розрахунку і аналізу конструкції: Autodesk Robot Structural Analysis, Revit Robot Structural Analysis, SCIA Engineer, STAAD.Proідр.;

- опалення, вентиляція, кондиціювання та холодопостачання (ОВ/ХС).
Системи містять повну технічну інформацію (витрата середовища, втрати тиску, електричні характеристики тощо).

Програмні продукти, за допомогою яких можливе вирішення поставленого завдання: AutoCAD MEP, Revit MEP, додаток MEP Modeler Graphisoft ArchiCAD, AX3000 – Allklima, MEP / Systems Routing та ін.

- Водопостачання, водовідведення (ВК).

Програмні продукти, за допомогою яких можливе вирішення поставленого завдання: AutoCAD MEP, Revit MEP, програма MEP ModelerGraphisoftArchiCAD, AX3000 - Allklima, MEP/SystemsRouting та ін.

- електропостачання, електроосвітлення (ЕМ);

Програмні продукти, за допомогою яких можливе вирішення поставленого завдання: AutoCAD MEP, Revit MEP, програма MEP ModelerGraphisoftArchiCAD, AX3000 - Allklima, MEP/SystemsRouting та ін;

- Системи зв'язку (СС);

Програмні продукти, за допомогою яких можливе вирішення поставленої задачі AutoCAD MEP, Revit MEP, додаток MEP ModelerGraphisoftArchiCAD, AX3000 - Allklima, MEP/SystemsRouting та ін;

- пожежогасіння (ПТ).

Це основні завдання, які виконуються за допомогою різних програмних продуктів на даний момент.

Також існує ряд завдань, які неможливо вирішити у зв'язку з відсутністю необхідного програмного забезпечення, але без виконання яких BIM - модель залишиться просто об'єктом проектування у форматі 3D:

- розрахунок кошторисної вартості будівництва та внесення змін до розрахованого кошторису;

- розрахунок тривалості будівництва та, за необхідності, її коригування

за різними показниками (розробка моделі об'єктних технологічних залежностей);

- внесення та коригування експлуатаційних характеристик моделі.

Відсутність необхідного програмного забезпечення змушує проводити розрахунок тривалості будівництва та її коригування, вручну вносячи необхідні дані, що містяться у BIM – моделі.

Виконання цих завдань необхідне повного відображення процесу зведення об'єкта. У відображено різні формати BIM - моделі, останні з яких передбачають наповнення моделі завданнями, переліченими вище.

Однак, на практиці, більшість користувачів BIM - моделі стикаються з проблемою інтероперабельності, для вирішення якої було створено СП «Інформаційне моделювання в будівництві. Правила обміну між інформаційними моделями об'єктів та моделями, що використовуються у програмних комплексах», який визначає:

- інтероперабельність у галузі технології інформаційного моделювання будівель та споруд;
- методи досягнення інтероперабельності при взаємодії інформаційних систем та їх компонентів (програмних комплексів та програмних платформ, що підтримують технологію інформаційного моделювання);
- склад основних етапів досягнення інтероперабельності у галузі технології інформаційного моделювання об'єктів будівництва.

Інтероперабельність - здатність двох або більше інформаційних систем або компонентів до обміну інформацією та використанням інформації, отриманої в результаті обміну.

Перелічені завдання наповнення моделі інформацією вирішуються у різних програмних комплексах, які можуть бути несумісні передачі даних. Цілком ця проблема вирішується за допомогою відкритого формату IFC. У сучасних програмах для створення інформаційних моделей передбачається можливість експорту та імпорту даних у цьому форматі. У нашій країні тільки розробляються національні стандарти, регулюючі роботу у форматі

IFC.

Виконання поставлених завдань реалізується різних етапах LOD (деталізації) інформаційної моделі. Розподіл задач за етапами LOD можна подати у вигляді таблиці 10

Таблиця 3.4 - Виконання завдань під час складання BIM - моделі на різних етапах LOD

Етап деталізації (LOD)	Вносимі характеристики	Завдання, що виконуються
LOD 100	Довжина, ширина, висота, об'єм, площа тощо.	Розробка концепції, планування процесу інформаційного моделювання
LOD 200	Атрибути LOD 100 + форма, орієнтація та ін.	Архітектурні рішення, планування процесу інформаційного моделювання, підготовка передпроектної документації
LOD 300	Атрибути LOD 200 ДСТУ, профіль, матеріали, маса, площа перерізу, виробник і т.д.	Конструктивні рішення, інженерні рішення, розрахунок та аналіз конструкцій, попередній підрахунок обсягів робіт, підготовка проектної документації, розрахунок вартості обладнання, виробів та матеріалів
LOD 400	Атрибути LOD 300+ марки кріплення, тип зварного шва, кількість кріплення, вага кріплення, тип монтажу та ін.	Інженерні рішення, розрахунок та аналіз конструкцій, аналіз колізій, підрахунок обсягів робіт, підготовка робочої документації, використання моделі під час проведення будівельно-монтажних робіт. На цій стадії стає можливим складання MOT3
LOD 500	Характеристики LOD 400	Моделі може використовуватись на стадії експлуатації

Усі дані, необхідних побудови моделі об'єктних технологічних залежностей, повному обсязі з'являються етапі LOD 400, т.к. на цьому етапі в модель внесені такі необхідні характеристики для побудови МОП, як:

- директивний час та тривалість однієї зміни;
- встановлена послідовність виконання;
- загальні обсяги робіт з кожної роботи;
- мінімальні обсяги робіт як «по початку», і «по закінченню»;

- час техніко - технологічний, взятий з технічної документації, або обчислений шляхом проведення інженерно - геологічних вишукувань;
- Витрати праці робітників - будівельників на одиницю обсягу роботи та трудомісткість на весь обсяг робіт.

У цьому малюнку чорний прямокутник - BIM - модель, у якій зберігаються необхідні дані, можуть змінюватися, коригуватися. Стрілка - передача даних із BIM до MOT3, яка проводиться вручну

спеціалістом з BIM на підприємстві з внесенням даних до таблиці, побудованої в MSExcel за формою, запропонованою раніше. Синій прямокутник - побудова моделі об'єктних технологічних залежностей виходячи з отриманих даних. Як правило, дані передаються лише з BIM до MOT3, не навпаки.

При впровадженні BIM-технологій організаційна структура компанії неминуче змінюється.

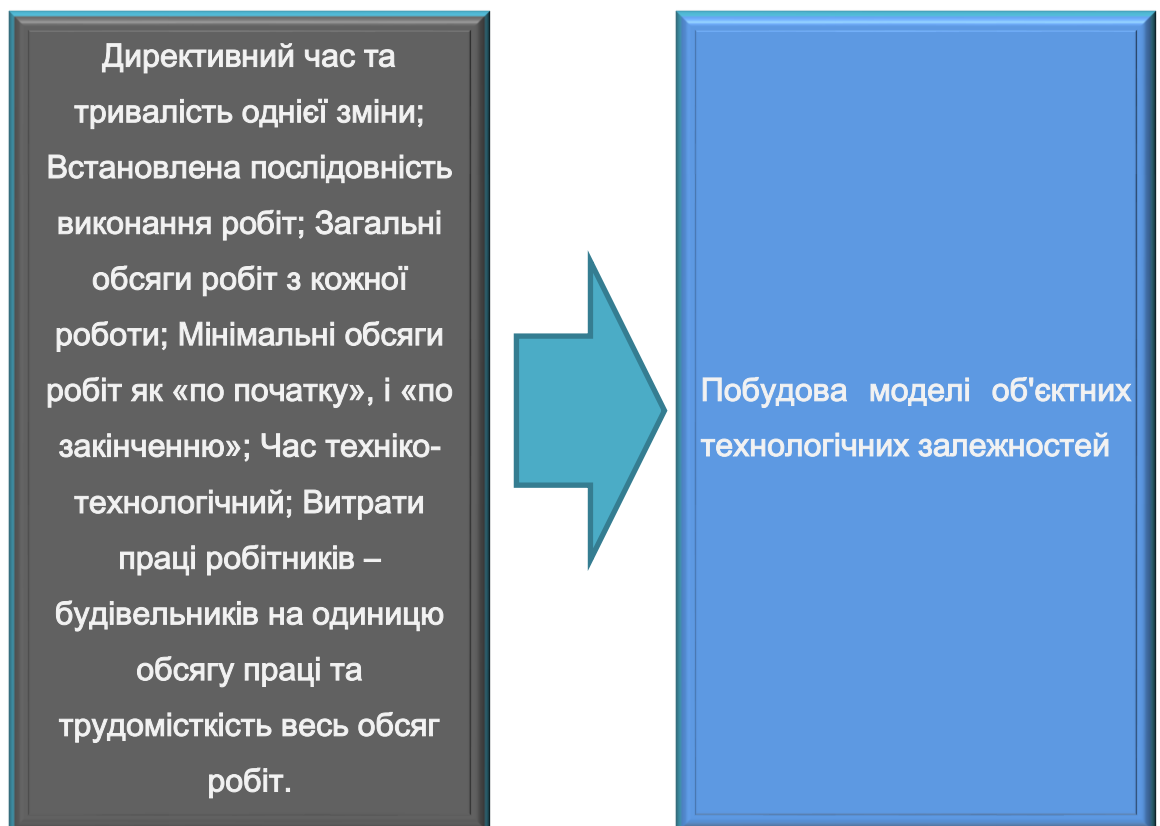


Рисунок 3.11 - Передача інформації з BIM – моделі у MOT3

В даний час більшість компаній дотримуються лінійно-функціональної організаційної структури управління, де підрозділи або відділи являють собою офіційно створені групи працівників, відповідальних за виконання певного набору виробничих, фінансових, управлінських та інших функцій. На чолі кожного виробничого чи управлінського підрозділу знаходиться керівник, наділений усіма повноваженнями і здійснює одноосібне керівництво підлеглими йому працівниками та зосереджує у своїх руках усі функції управління.

При впровадженні BIM необхідно побудувати таку організаційну структуру, коли всі учасники процесу будівництва змогли б взаємодіяти між собою, оскільки процес роботи з моделлю передбачає залучення різних фахівців.

Найбільш підходящою структурою є матрична структура, при якій головний керівник переважно визначає, що і коли має бути зроблено за конкретною програмою. Лінійні ж керівники вирішують, хто і як виконуватиме ту чи іншу роботу. У матричній структурі, по суті, не виникають додаткові підрозділи і посади, лише постійно змінюються функції існуючих. Проте треба розуміти, що сам перехід має на увазі появу нової посади (або відділу), а саме BIM – менеджера (або BIM – відділу).

Головною функцією спеціаліста з BIM-технологій є підготовка до впровадження технологій інформаційного моделювання та навчання працівників.

За допомогою BIM-технологій виконуються всі завдання, поставлені в процесі зведення об'єкта, однак деякі з них нездійсненні. Виконання цих завдань відбувається вручну з використанням інформації, одержаної з BIM-моделі. Одним із таких завдань є побудова моделі об'єктних технологічних залежностей, за яку несе відповідальність фахівець із впровадження BIM у компанії.

ВИСНОВКИ

В результаті роботи проведено аналіз використання технологій інформаційного моделювання при побудові моделі об'єктних технологічних залежностей під час виконання будівельно-монтажних робіт. Вивчено теоретичні особливості BIM – технологій та розглянуто основні особливості їх впровадження на підприємстві. Розглянуто особливості побудови СТЗ та визначено складності її побудови у ручному режимі. Розроблено рекомендації для побудови СТЗ у MSEx-cel. Побудовані СТЗ на влаштування пальового фундаменту методом вдавлювання. Розглянуто основні зміни організаційної структури підприємства під час впровадження BIM – технологій. Розглянуто процес передачі з BIM - моделі для побудови СТЗ.

Мета роботи досягнута, завдання роботи – виконані.

Результати роботи рекомендується використовувати при розрахунку тривалості будівництва та зведення об'єкту на будівельному підприємстві

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. UK BIM Framework. The overarching approach to implementing BIM in the UK. URL: <https://www.ukbimframework.org/resources/> (дата звернення: 12.11.2021).
2. Zigurat Global Institute of Technology. BIM in the UK: Success in progress URL: <https://www.e-zigurat.com/blog/en/bim-in-the-uk/> (дата звернення: 12.11.2021).
3. Про схвалення Концепції впровадження технологій будівельного інформаційного моделювання (BIM-технологій) в Україні та затвердження плану заходів з її реалізації. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/152-2021-%D1%80#Text> (дата звернення: 12.11.2021).
4. Міжнародна організація зі стандартизації (ISO) URL: <https://www.iso.org/> (дата звернення: 20.11.2021).
5. Бородін С.І., Новосьолова А.К., Стенькіна О.М. Трансформація діяльності будівельної організації при впровадженні технологій інформаційного моделювання у будівництві (BIM). *Управління інвестиціями та інноваціями*. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=30782190> (дата звернення: 20.11.2021).
6. Oyedele, L.O. and Tham, K.W. Clients' assessment of architects' performance in building delivery process: Evidence from Nigeria. *Building and Environment*. 2007. 42 (5), P. 2090-2099. URL: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0360132306001107doi:10.1016/j.buildenv.2005.06.030> (дата звернення: 20.11.2021).
7. Eadie, R., Browne, M., Odeyinka, H., McKeown, C. and McNiff, S. BIM implementation throughout the UK construction project lifecycle: An analysis. *Automation in Construction*. 2013. 36 P. 145-151.
8. Sacks, R., Eastman, C.M. and Lee, G. Parametric 3D modeling in building construction with examples from precast concrete. *Automation in Construction*. 2004. 13 (3), P. 291-312.

9. Tolman, F.P. Product modeling standards for the building and construction industry: past, present and future. *Automation in construction*. 1999. 8 (3), P. 227-235.
10. Davison, B. and Tingley, D.D. Design for deconstruction and material reuse. *Proceedings of the ICE - Energy*. 2011. 164 P. 195-204.
11. Планирование на строительном предприятии: учебник / под общ. ред. В.В. Бузырева. - М. : КНОРУС, 2010. 536 с.
12. Національний звіт з BIM-технологій у Великій Британії. URL: <https://www.thenbs.com/knowledge/national-bim-report-2017> (дата звернення: 29.11.2021).
13. Селютина Л.Г. Методологические основы формирования и развития системы правления процессом преобразования жилого фонда крупного города. *Общество. Среда. Развитие (Terra Humana)*. 2009. № 2. С. 212-218.
14. Системи для надійної, безпечної та ефективної експлуатації будівель. URL: <http://www.sodislab.com/rus/about/> (дата звернення: 29.11.2021).
15. Офіційний сайт компанії «Інтеграл». URL.: <http://www.integral-russia.ru> (дата звернення: 29.11.2021).
16. Інформаційні моделі будівлі. Будівельні конструкції. AUTODESK REVIT Structure 2010 URL: http://www.arcada.com.ua/infot/free/RevitStruct10_BrochureDetail_A4_RUS.pdf. (дата звернення: 29.11.2021).
18. Михайленко, В. В. Ванін, С. М. Ковальов Інженерна та комп'ютерна графіка. Підручник. 6-е вид. Київ : Каравела, 2012. 368 с.
19. Ожигин, Д. А. Работа с параметрическими компонентами Autodesk Revit. CADmaster. 2006. № 4. С. 86–90. URL: http://www.cadmaster.ru/magazin/articles/cm_34_autodesk_revit.html#hcq=Bhayi (дата звернення: 29.11.2021).
20. Плохой И. Создание параметризованных семейств. Revit MEP. 2008. URL: http://revit-mep-plohoi.blogspot.com/2008/09/blog-post_23.html. —

(дата звернення: 04.12.2021)/

21. А. А. Шеин, В. А. Швецов, А. А. Пискунов, И. Г. Овчинников
Проектирование и сооружение фундаментов опор мостов и путепроводов.
Учебник. Казань : КГАСА, 2003. 289 с.

22. Al Qady and Kandil, M. Al Qady, A. Kandil Concept relation
extraction from construction documents using natural language processing J.
Construct. Eng. Manag., 136 (3) (2010), P. 294-302

23. Andersen and Forr, K. Andersen, T. Forr The State of Construction
Technology Jones Lang LaSalle IP, Inc. 2018. p. 12

24. Гольтерова Т. А. Підвищення організаційно-технічного рівня
будівництва в сучасних умовах економіки України. *Науковий вісник
будівництва*. 2020. №3. С. 238-243.

25. Любченко М. А. Створення 3d бібліотек цифрових компонентів
моделі багатоповерхової будівлі URL: <http://visnyk-odaba.org.ua/2020-80/4.pdf>
(дата звернення: 20.11.2021).

26. Кушнір О. А. Застосування BIM-технологій для потреб моде-
лювання циклу будівельного проекту та адміністрування його середовищем
URL: <http://btrp.diit.edu.ua/article/view/172376> (дата звернення: 20.11.2021).

27. Трач Р. В. Інформаційне моделювання в будівництві (BIM):
сутність, етапи становлення та перспективи розвитку URL: <http://global-national.in.ua/archive/16-2017/99.pdf> (дата звернення: 20.11.2021).

28. Меть І. М. Використання BIM-технологій на етапі проектування
будівель та споруд. URL: <https://conferences.vntu.edu.ua/index.php/all-fbtegp/all-fbtegp-2020/paper/download/9345/7833> (дата звернення: 20.11.2021).

29. Сізова Н.Д., Гречко Н.В. Інформаційні технології в навчанні
розрахункам стержневих систем на комп'ютері. *Науковий вісник будівництва*.
Харків: ХНУБА, ХОТБ АБУ. 2014. №4(78)/2014, с.229-235