

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ЗАПОРІЗЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ІНЖЕНЕРНИЙ НАВЧАЛЬНО- НАУКОВИЙ ІСТИТУТ ІМ. Ю.М. ПОТЕБНІ
Кафедра Промислове та цивільне будівництво
(повна назва)

Кваліфікаційна робота

рівень вищої освіти Магістр
(рівень вищої освіти)

на тему: **Оптимізаційні рішення проектування та експлуатації будівель та споруд на основі інформаційних моделей**

Виконав: студент 2 курсу, групи
8.1921-ПЦБ-ДН
Сахно М.А.
(прізвище та ініціали)

спеціальність
192 Будівництво та цивільна інженерія
(шифр і назва напряму підготовки, спеціальності)

освітньо-професійна програма
промислове і цивільне будівництво
(шифр і назва)

Керівник доц., к.т.н. Мишук К.М.
(посада, вчене звання, науковий ступінь, прізвище та ініціали)

Рецензент доц., к.т.н. Полтавець
(посада, вчене звання, науковий ступінь, прізвище та ініціали)

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ЗАПОРІЗЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ІНЖЕНЕРНИЙ НАВЧАЛЬНО-НАУКОВИЙ ІНСТИТУТ
ІМ. Ю.М. ПОТЕБНІ**

Кафедра Промислове та цивільне будівництво
Рівень вищої освіти магістерський
Спеціальність 192 «Будівництво та цивільна інженерія»
(код таї назва)
Освітня програма «Промислове і цивільне будівництво»
(код та назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри _____
« _____ » _____ 20 ____ року

**З А В Д А Н Н Я
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ СТУДЕНТОВІ**

Сахно М.А.

(прізвище, ім'я, по батькові)

1 Тема роботи (проекту) Оптимізаційні рішення проектування та експлуатації будівель та споруд на основі інформаційних моделей

керівник роботи Мишук К.М. доц., к.т.н.
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом ЗНУ від « _____ » _____ 20 ____ року № _____

2 Строк подання студентом роботи _____

3 Вихідні дані до роботи нормативно-технічна документація, вихідні дані стосовно досвіду використання інформаційних моделей будівель

4 Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) 1. Аналіз впровадження та розвитку інформаційного моделювання будівель. 2. Оптимізаційні рішення при провадженні проектних рішень на основі інформаційної моделі багатоквартирного житлового будинку. 3. Використання інформаційної моделі при оптимізації якості експлуатації будівель.

5 Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень) вісім листів

6 Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Розділ 1	Мишук К.М.		
Розділ 2	Мишук К.М.		
Розділ 3	Мишук К.М.		

7 Дата видачі завдання _____

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Аналіз впровадження та розвитку інформаційного моделювання будівель.	з 01.10 по 24.10.2022	
2	Оптимізаційні рішення при провадженні проектних рішень на основі інформаційної моделі багатоквартирного житлового будинку	з 25.10 по 15.11.2022	
3	Використання інформаційної моделі при оптимізації якості експлуатації будівель	з 16.11 по 06.12.2022	

Студент _____ Сахно
(підпис) (ініціали та прізвище)

Керівник роботи (проекту) _____ К.М. Мишук
(підпис) (ініціали та прізвище)

Нормоконтроль пройдено

Нормоконтролер _____ Н.О. Данкевич
(підпис) (ініціали та прізвище)

АНОТАЦІЯ

Сахно М.А. Оптимізаційні рішення проектування та експлуатації будівель та споруд на основі інформаційних моделей.

Кваліфікаційна випускна робота для здобуття ступеня вищої освіти магістра за спеціальністю 192 – Будівництво та цивільна інженерія, науковий керівник К.М. Мишук, Інженерний навчально-науковий інститут ім. Ю.М. Потебні Запорізького національного університету, 2022.

У роботі розглянуто особливості технологій інформаційного моделювання, проведено аналіз запровадження цих технологій, складності використання інформаційної моделі при оптимізації якості експлуатації будівель.

Ключові слова: інформаційне моделювання, оптимізація, експлуатація будівель.

Сахно М.А., Мишук К.М., Оптимізаційні рішення проектування та експлуатації будівель та споруд на основі інформаційних моделей. І всеукраїнська науково-практична конференція здобувачів вищої освіти, аспірантів та молодих вчених «Актуальні питання сталого науково-технічного та соціально-економічного розвитку регіонів України». Запоріжжя: ІННІ ЗНУ, 2022.

ANNOTATION

Sakhno M.A. Optimization solutions for the design and operation of buildings and structures based on information models.

Qualifying graduation thesis for obtaining a master's degree of higher education in specialty 192 - Construction and civil engineering, supervisor K.M. Myshuk, Engineering Educational and Scientific Institute named after Yu.M. Postgraduate students of Zaporizhzhya National University, 2022.

The paper examines the features of information modeling technologies, analyzes the introduction of these technologies, the complexity of using the information model when optimizing the quality of building operation.

Keywords: information modeling, optimization, operation of buildings.

Sakhno M.A., Myshuk K.M., Optimization solutions for the design and operation of buildings and structures based on information models. I All-Ukrainian scientific and practical conference of higher education graduates, postgraduate students and young scientists "Actual issues of sustainable scientific, technical and socio-economic development of the regions of Ukraine". Zaporizhzhia: INNI ZNU, 2022.

ЗМІСТ

1. АНАЛІЗ ТЕХНОЛОГІЙ ІНФОРМАЦІЙНОГО МОДЕЛЮВАННЯ (ВІМ) У БУДІВНИЦТВІ.....	10
1.1 Аналіз загальних відомостей про технології інформаційного моделювання у будівництві	10
1.2 Нормативна база технологій інформаційного моделювання (ВІМ) у будівництві	14
1.3 Основні принципи впровадження, плюси та мінуси впровадження технологій інформаційного моделювання (ВІМ) у будівництві	18
1.4 ВІМ як інструмент для зниження ризиків інвестиційного проекту у будівництві та управлінням життєвим циклом	26
1.5 Етапи реалізації методики контролю календарного графіку будівництва на основі ВІМ технології.	Ошибка! Закладка не определена.
2. ВІМ ЯК ПЛАТФОРМА ДЛЯ СТВОРЕННЯ ЗАСОБІВ ПЛАНУВАННЯ РІЗНИХ ЕТАПІВ ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ БУДІВЕЛЬ ТА СПОРУД.....	41
2.1 ВІМ для проектування життєдіяльності будівель та споруд	41
2.2 Побудова системи технологічних залежностей.....	46
3. РОЗРОБКА АВТОМАТИЗОВАНОЇ СИСТЕМИ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ЗАЛЕЖНОСТЕЙ	58
3.1 Автоматизована розробка систем технологічних залежностей.....	58
3.2 Система технологічних залежностей на улаштування паливних фундаментів	Ошибка! Закладка не определена.
3.3 Використання даних з інформаційної моделі при побудові моделі технологічних залежностей при виробництві БМР.....	Ошибка! Закладка не определена.
ВИСНОВКИ	74
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	76

ВСТУП

В даний час активно розвиваються засоби автоматизованого проектування, що не може не позначатися на ефективності та різноманітності реалізації будівельних процесів. Серед широкої гами представлених варіацій САПР особливе місце зараз займає просування інтелектуального, а точніше, інформаційного проектування. BIM (з англійської Building Information Modeling), а саме інформаційне моделювання будівель має низку незаперечних переваг у порівнянні з усталеною системою CAD (з англійської Computer-Aided Design). Також BIM-технології мають значну функціональність, тому що їх застосування доцільно не тільки на стадії проектування, але і на стадіях будівництва та експлуатації будівель і споруд.

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 двомірних 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.

Широке введення елементів інформаційного моделювання в загальний механізм будівельних робіт дозволить повсюдно приймати доцільні рішення на всіх етапах життєвого циклу об'єкта - від первинних інвестиційних проектів до експлуатації та знесення, що, безсумнівно, є черговим аргументом, що доводить рентабельність технології BIM, а також свідчить про її про широкому майбутньому вплив на сучасну будівельну галузь.

Якщо з точки зору проектування та будівництва роль інформаційної

моделі визначена і зрозуміла, то функціональність BIM -моделі на стадії експлуатації досі залишається питанням, яке вирішується у вузьких колах, що, безсумнівно, є недоглядом, оскільки її потенціал справді великий.

Вищевикладене пояснює актуальність обраної теми

Актуальність теми роботи. Будь-які недоліки будівництва і помилки проектування, і навіть неплановані заздалегідь витрати, надлишок робочої сили та устаткування при різко падаючій рентабельності можуть призвести до небажаного результату.

Помилки, які допускаються внаслідок некомпетентностей робітників та проектувальників, можуть містити неточні дані про рельєф місцевості, існуючу забудову та наявну інфраструктуру. Недоліки прокту в кінцевому результаті можуть збільшити підсумкову вартість будівництва.

Проблеми, що постають перед будівельними та обслуговуючими організаціями, все ще чекають на своє вирішення. Проте активне використання інновацій гальмується недосконалістю законодавства. Для ширшого застосування сучасних технологій до нього потрібно внести поправки – необхідно розробити план заходів поетапного впровадження технологій інформаційного моделювання об'єктів у будівельній галузі.

Застосування BIM-технологій як технологій, що зменшують кількість помилок та недоробок при проектуванні, а також скорочують терміни реалізації та вартість проекту, може відіграти ключову роль у проектуванні найближчим часом. Компанії, зацікавлені у отриманні переваги на тендерах з будівництва, а також інших об'єктів, декотрі вже побачили переваги використання інформаційного моделювання технологій BIM.

Метою роботи полягає у розробці автоматизованої методики управління багатоквартирного житлового будинку на основі BIM -моделі.

Чітко певна мета дозволяє виявити основні завдання, спрямовані на її реалізацію:

- аналіз практичного та теоретичного досвіду в галузі інформаційного моделювання на різних стадіях будівельного виробництва;

- розробка багатфакторної інформаційної моделі житлового багатоквартирного будинку;
- визначення переліку експлуатаційних характеристик будівлі, що служать основою для подальшого контролю отриманих висновків;
- проектування системи автоматизованої експлуатації об'єкта, одержання відповідних висновків.

Об'єктом дослідження є інформаційна модель багатоквартирного житлового будинку.

Предметом дослідження застосування інформаційної моделі для оптимізації процесів технічної експлуатації.

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

Новизна роботи дослідження є основою для розробки алгоритмів операцій з організації технічного обслуговування на об'єктах масової забудови, адаптований до різних ситуацій, а саме блок-схему функціональних процесів, пов'язаних у режимі реального часу з базою даних інформаційної моделі.

1. АНАЛІЗ ВПРОВАДЖЕННЯ ТА РОЗВИТКУ ІНФОРМАЦІЙНОГО МОДЕЛЮВАННЯ БУДІВЕЛЬ

1.1 Доцільність досліджуваного питання

Якість проекту — цілісна сукупність характеристик об'єкта, які стосуються його здатності задовольняти встановлені чи передбачувані потреби.

Зазвичай потреби визначаються з допомогою характеристик з урахуванням встановлених критеріїв чи показників. Потреби можуть включати такі експлуатаційні показники, як функціональна придатність, надійність, безпека, екологічність, економічні, соціальні, естетичні характеристики та ін.

Управління якістю проекту включає такі процеси, що забезпечують успіх проекту:

Планування якості проекту — визначення стандартів якості, які застосовуються до проекту та заходів, необхідних для їх досягнення.

Забезпечення якості проекту; регулярна оцінка загального ходу виконання проекту для забезпечення відповідності прийнятим стандартам якості.

Контроль якості проекту – контроль результатів прийнятих проектних рішень для визначення їх відповідності прийнятим стандартам якості та визначення шляхів усунення причин незадовільних рішень.

Якість архітектурного проекту, зазвичай, розглядається з погляду стратегії, планів, процедур проектних рішень, матеріально - технічного забезпечення та ступеня задоволення потреб населення. У цьому необхідно пам'ятати у тому, що управління якістю нерозривно пов'язані коїться з іншими аспектами проекту: вартістю, термінами, ризиками, проблемами організації проектування.

Функція управління якістю архітектурної споруди включає два аспекти: функціонально-технічний та управлінський. У першому випадку потрібно забезпечити якість всіх елементів проекту на основі вимог ДБН, ДСТУ. Управлінський аспект забезпечення якості пов'язаний із проектним плануванням та організацією системи контролю та оцінки якості на всіх фазах життєвого циклу проекту.

Для визначення значень показників якості архітектурних об'єктів застосовують різні методи, на основі джерела:

- розрахунковий - здійснюваний з допомогою обчислень з допомогою значень параметрів, отриманих іншими методами;
- органолептичний - заснований на виявленні властивостей об'єктів за допомогою органів чуття (зір, слух тощо) без застосування технічних вимірювальних засобів;
- експертний заснований на обліку думок групи фахівців-експертів. Застосовується головним чином у сукупності з органолептичним методом при оцінці естетичних та деяких функціональних показників;
- соціологічний - заснований на збиранні та аналізі думок споживачів;
- експериментальний - здійснюється за допомогою технічних вимірювальних засобів.

Оцінка якості архітектурного об'єкта може бути досить ефективною лише в тому випадку, якщо базується на даних комплексної оцінки якості, що враховує вагомість кожного одиничного показника. Для отримання уявлення про реальну якість архітектурного об'єкта фактичний комплексний показник можна порівняти з запланованим показником, отриманим на базі нормативної та проектної документації.

Вибір методу визначення рівня якості архітектурно –будівельної продукції та показники якості виконання проектних робіт або будівельно-монтажних та оздоблювальних процесів залежать від характеру рішень, що приймаються за результатами оцінки.

Встановлення нормативних параметрів та вимоги до якості як окремих елементів, так і будівлі в цілому визначаються відповідно до експлуатаційних вимог до подібних споруд, практично на всіх фазах їх існування.

На фазі планування проводиться оцінка реалістичності та надійності конструктивних та організаційно-технологічних рішень.

При цьому якість конструктивних рішень визначається головним чином розрахунковими методами по комплексу показників. До таких показників якості можна віднести, наприклад, довговічність, безвідмовність, ремонтпридатність, технологічність та ін.

Проведення оцінки якості на фазі реалізації проекту полягає у перевірці фізичних характеристик будівлі, його конструктивних елементів, матеріалів та деталей

Не можна не відзначити, що в західних країнах BIM активно вивчається і розвивається ось уже сорок років.

Саме досвід попередніх поколінь дозволяє виявити повноцінну картину представлення аспектів технології інформаційного моделювання будівель, що вивчаються, оскільки багато труднощів, вже було відзначено і успішно виправлено. Отже, лише зважаючи на наявні накопичені знання, ми можемо ґрунтовно судити про стан справ у питанні функціональності BIM - технологій на даний момент часу.

У ході розробки проекту та його реалізації постійно виникає необхідність внесення змін практично до всіх розділів проекту. Зміни, пронизуючи весь життєвий цикл проекту, є об'єднуючим та неминучим процесом управління архітектурним проектом.

Під зміною розуміється заміщення одного рішення іншим внаслідок впливу внутрішніх чи зовнішніх чинників розробки та реалізації проекту.

Ініціювати зміни прийнятих рішень у процесі архітектурного проектування може замовник, проектувальник, інвестор, підрядник.

Замовник, як правило, вимагає змін у предметній галузі, що покращує

кінцеві експлуатаційні характеристики об'єкта.

Проектувальник вносить зміни, як у початкову ідею задуманого спорудження, і у наступну проектну документацію протягом усього терміну проектування.

Підрядник, як правило, вносить зміни до календарного плану, методів виконання робіт, послідовності зведення об'єкта тощо.

Відхилення від запланованих показників можуть бути спричинені змінами строків виконання проекту або його вартісних показників; технічних умов проекту, а також змінами, пов'язаними з помилками у плануванні та недостатнім урахуванням факторів зовнішнього середовища.

Основною причиною внесення змін, як правило, є неможливість передбачення на стадії розробки проекту появи нових архітектурних ідей, конструктивних рішень, ефективніших матеріалів, технологій.

В інтересах підвищення ефективності змін проекту, архітектор повинен прагнути більш чіткого уявлення про стан справ у суміжних областях. Це пояснюється тим, що незнання перспектив розвитку будівельних та оздоблювальних матеріалів, інженерного та побутового обладнання, будівельної техніки веде до необхідності змін, які зрештою зумовлюють виникнення додаткових витрат, порушення планових термінів проектування, погіршення якісних характеристик об'єкта, що проектується.

Архітектор та керівник проекту особливо повинні уважно ставитися до передбачуваних змін, вміти оцінити їх наслідки для кінцевих цілей проекту, зіставляти витрати та результати, узгоджувати внесення змін із вирішенням інших питань, пов'язаних із суміжними проектними проблемами.

Виконання цих робіт, які й становлять суть управління змінами архітектурного проекту, можна здійснювати на основі організації ефективних зворотних зв'язків, що дають необхідну інформацію для вироблення своєчасних коригувальних впливів.

Передумовою для ефективного управління змінами проекту є наявність опису базисного стану, що відображає вихідний стан системи для подальших

змін і в проектній практиці називається опис конфігурації поточного стану проекту. Під опис конфігурації розуміється комплекс технічної документації, яка досить докладно характеризує загальний стан відповідної частини проекту певний час.

Для того, щоб уникнути несподіванок та ефективно здійснювати контроль факторів, що впливають на рішення, закладені у проекті, необхідна інформація про зовнішнє та внутрішнє оточення проекту, яка ідентифікується, перевіряється, оцінюється та розподіляється серед виконавців.

Для контролю за проходженням змін призначається спеціальний виконавець, відповідальний виконання всіх процесів із внесення затверджених змін.

Для роботи із змінами проекту створюються спеціальні адміністративні підрозділи, які приймають пропозиції щодо змін, фіксують їх, проводять формальну перевірку, встановлюють клас запропонованої зміни, готують матеріали для винесення запропонованої зміни на розгляд для ухвалення рішення.

1.2 Building Information Modeling як провідна система автоматизованого проектування

Управління проектами – застосування методів, інструментів, технологій до компетенції проекту. Традиційні методи проектування, олівцем та лінійкою, мали безліч недоліків, що створюють проблеми для досягнення поставленої мети проектного менеджменту. Робота з фізичною інформацією вела до втрат, складністю внесення змін до робочих креслень, що вело до великої кількості переробок, збільшення часу проектування.

З розвитком технологій, електронно-обчислювальні системи почали впроваджуватись у різні галузі промисловості. Було введено поняття САПР (системи автоматизованого проектування), або CAD (Computer-Aided Design)

- автоматизована система, що реалізує інформаційну технологію виконання функцій проектування, є організаційно-технічною системою, призначеною для автоматизації процесу проектування, що складається з персоналу і комплексу технічних, програмних та інших засобів автоматизації його діяльності.

Перші системи автоматизованого проектування були створені в 1960-х роках, джерело [17], і набули найбільшого поширення в електроніці та точної механіки. ЕОМ не мали графічного інтерфейсу і САПР були програмою для верстатів з числовим програмним управлінням, для скорочення періоду між початком розробки і початком серійного випуску виробу. Такі програми складно було назвати САПР, архітектурний проект, як і раніше, розроблявся фізично, але це дало початок розвитку технологій.

Колосальний поштовх глобалізації ЕОМ дали американські студенти Рід-коледжу Стів Джобс та Стів Возняк. У 1970-х роках Стів Возняк як експеримент створює перший графічний інтерфейс для комп'ютера власного виробництва. Побачивши майбутнє в ЕОМ з графічним інтерфейсом, Стів Джобс створює компанію Apple, і в 1976 на світ виходить перший персональний комп'ютер Apple I, який не отримав популярності. 1977 року Apple випускає персональний комп'ютер Apple II, який відкрив величезну індустрію виробництва персональних комп'ютерів. У 1981 році компанія IBM випускає персональний комп'ютер IBM PC, на базі операційної системи компанії Microsoft DOS, який набув великої популярності. У всьому світі комп'ютеризація охопила практично всі сфери людської діяльності. Стає все більше і більше людей, які щодня використовують комп'ютери для вирішення складних виробничих завдань та автоматизації трудомістких технологічних процесів. Глобалізація персональних комп'ютерів у всі сфери людської діяльності дало змогу проектним організаціям усього світу перейти від традиційних методів проектування до систем автоматизованого проектування.

Одним із перспективних напрямків застосування обчислювальної

техніки стає впровадження систем автоматизованого проектування для розробки нових конструкцій та виробів. Рівень апаратних засобів, що постійно зростає, і вдосконалення програмного забезпечення тягнуть за собою бурхливий перехід від традиційних, ручних методів проектування до нових комп'ютерних технологій розробки та виконання інженерної документації.

В даний час, зважаючи на логічний спад інтересу до технологій CAD (з англійського Computer-Aided Design), можна спостерігати зростаючу популярність технологій інформаційного проектування. Інакше кажучи, CAD досягли межі своїх можливостей, усвідомленням цього з'явилися нові завдання, які постають перед інженерами-проектувальниками і вимагають нестандартних, а часом і оригінальних методик реалізації:

- реконструкція вже існуючих об'єктів;
- проектування в обмежених умовах міської забудови;
- критичні, стислі терміни виконання проекту;
- розрахунок експлуатаційних характеристик на початкових стадіях, саме вже на стадії проектування.

Враховуючи вищезазначені положення, можна зробити наступний висновок: каменем спотикання найчастіше стає масштабна втрата інформації. Звичайно, в даний час доцільність застосування BIM -технологій на кожному з етапів життєвого циклу практично не піддається сумніву, але десять років тому ця методика викликала більше питань, ніж оптимістичних настроїв.

Здатність інформаційного проектування створювати та підтримувати здорову конкуренцію - це, безсумнівно, результат певних дій, які відбуваються протягом тривалого періоду, саме ці дії зараз привели BIM до ролі найбільш перспективного САПР на світовій арені.

Застосування інформаційної моделі будівлі суттєво полегшує роботу з об'єктом та має масу переваг перед колишніми формами проектування.

Насамперед, воно дозволяє у віртуальному режимі зібрати воедино, підібрати за призначенням, розрахувати, з'єднати та узгодити створювані

різними фахівцями та організаціями компоненти та системи майбутньої споруди, заздалегідь перевірити їхню життєздатність, функціональну придатність та експлуатаційні якості, а також уникнути найнеприємнішого для проектувальників - внутрішніх нестиківок.

На відміну від традиційних систем комп'ютерного проектування, що створюють геометричні образи, результатом інформаційного моделювання будівлі є об'єктно-орієнтована цифрова модель як всього об'єкта, так і процесу його будівництва.

Найчастіше робота зі створення інформаційної моделі будівлі ведеться у два етапи.

Спочатку розробляються сімейства - первинні елементи проектування, що відповідають як будівельним виробам (вікна, двері, плити перекриттів тощо), так і елементам оснащення (опалювальні та освітлювальні прилади, ліфти тощо) та багато іншого, що має безпосереднє ставлення до будівлі, але проводиться поза рамками будмайданчика і при зведенні об'єкта не ділиться на частини.

Другий етап - моделювання того, що створюється на будмайданчику. Це фундаменти, стіни, дахи, навісні фасади та багато іншого. При цьому передбачається широке використання заздалегідь створених елементів, наприклад, кріпильних або деталей, що обрамляють при формуванні навісних стін будівлі.

Логіка інформаційного моделювання будівель пішла з незрозумілої для проектувальників та будівельників області програмування та відповідає звичайному розумінню, як будувати будинок, як його оснащувати та як у ньому жити.

Це значно полегшує і полегшує роботу з BIM як проектувальникам, і всім іншим категоріям будівельників.

Поділу на етапи при створенні BIM носить досить умовний характер - можна, наприклад, вставити вікна в моделюваний об'єкт, а потім, з міркувань, що знову з'явилися, поміняти їх, і в проекті будуть задіяні вже

змінені вікна.

Побудована фахівцями інформаційна модель проєктованого об'єкта потім стає основою та активно використовується для створення робочої документації всіх видів, розробки та виготовлення будівельних конструкцій та деталей, комплектації об'єкта, замовлення та монтажу технологічного обладнання, економічних розрахунків, організації зведення самої будівлі, а також рішення технічних та організаційно-господарських питань подальшої експлуатації

1.3 Перші кроки у розвитку BIM - технологій

Для вивчення основних витоків технології BIM необхідно звернутися до ранніх уявлень про обчислювальну техніку.

Концептуальних основ системи BIM повернутися до ранніх днів обчислювальної техніки. У 1962 році Дуглас Енгельбарт виявляє світові своє жахливе, на той момент, бачення, яке можна також віднести до майбутнього будівельної індустрії, у своїй науковій роботі "Augmenting Human Intellect" (з англ. "Примноження людського інтелекту").

Енгельбарт передбачає об'єкт, що базується в основному на дизайні його зовнішнього вигляду, параметричних залежностях, а також на базі даних, які нерозривно пов'язані з об'єктом, що досліджується, оскільки в потрібній мірі дозволяють описати його характерні особливості. Крім Енгельбарта існує значний перелік дослідників, чий вплив також значно, це і Герберт Саймон, і Ніколас Негропonte, і Ян Макхарг, і Крістофер Александер. Саме їхні праці вплинули на становлення ранньої школи об'єктно-орієнтованого програмування, проте на той час задумане так і не змогло бути реалізовано через недостатній розвиток графічних інтерфейсів, через який і планувалося взаємодіяти з запропонованою моделлю будівлі [3].

Наявний графічний інтерфейс SAGE та програмний комплекс

Sketchpad, розроблений Іваном Сазерлендом у 1963 році, започаткували проектування будівель, що ґрунтується на обчислювальних процесах геометрії. У 1970-і та 1980-і роки позначилися два основні способи відображення та запису інформації про форму об'єкта: «constructive solid geometry» (CSG) та «boundary representation» (brep) (з англ. конструктивна стереометрія та кінцеве представлення), використовує насамперед примітивні форми, такі як повнотілі та порожнисті об'єкти, тим самим дозволяючи комбінувати та поєднувати форми, являючи світові складніші складові об'єкти. Розвиток цієї технології особливо явно сприяло процвітанню дизайнерської думки у стандартних архітектурних формах, наприклад, художнє оформлення вікон та дверей. Процес проектування вимагає всебічного доступу до робочого середовища, саме тут знову постає питання про відповідність потреб та наявних технологічних досягнень того часу. Питання було настільки злободенним, що особливості перших кроків взаємодії людини і комп'ютера (human-computer interaction - HCI) з архітектурної точки зору можна спостерігати навіть у книзі Ніколаса де Моншо *Spacesuit: Fashioning Apollo*, що, безсумнівно, здається на перший погляд дивовижним. Перші редакції художньої праці де Моншо також включали відомості про напрацювання в області CAD і BIM, однак були пізніше видалені з книги, оскільки відомості про дослідження були незначною мірою пов'язані з космічними перегонами, а також з розробками часів Холодної війни.

Перші кроки на шляху до становлення інформаційного проектування було зроблено ще у XX столітті. У 60-ті роки почали з'являтися перші програми, перед якими ставилися передусім завдання моделювання об'єкта. Про жодну інформаційну складову проекту поки не йшлося й мови. Через кілька десятиліть програми устоялися і знайшли своє місце в проектному середовищі, отже, їх розподіл на групи за певними ознаками став закономірним. Окремі елементи будівлі, створені в новітньому на той момент програмному комплексі BDS (Building Description System) і структурними

компонентами окремої будівлі, що є свого роду, — це величезний прорив для CAD. У BDS вперше з'явилися ті функції, які і зараз використовуються для створення сучасних моделей: програма дозволяла додавати інформацію про матеріали та їх постачальників, що, безсумнівно, спрощувало виконання будівельних робіт після проектування. Якщо говорити про економічну доцільність нововведень, то, за підрахунками автора програми, її застосування знижувало вартість проектування на 50%. Однак до становлення сучасного BIM ще має бути виконана величезна робота, перш за все, вирішено проблему організації спільної роботи учасників будівельного виробництва. Наприклад, BDS створювалося ще до розповсюдження персональних комп'ютерів, отже, коло користувачів не було широким. У 1980-ті роки великі розробки в цій галузі спостерігалися в Англії. Програма RUCAPS, створена в 1986 року, вперше включала у собі поняття про фазованість будівельних процесів, що негайно знайшло своє відображення у зведенні реальних об'єктів, одним з яких був третій термінал аеропорту Хітроу в Лондоні [4], його модель представлена на рисунку 1.1



Рисунок 1.1 - Візуальна модель терміналу

Також однією з найбільш значущих подій у розвитку BIM- індустрії є заснування в 1988 році Center for Integrated Facility Engineering (CIFE) Полем Тенхольцем, оскільки ця подія сприяла зближенню студентів та представників промисловості для подальшого розвитку чотиривимірного уявлення про проектування будівель. Тим самим дві основні тенденції

розвитку технології інформаційного моделювання починають активно розвиватися протягом наступних десятиліть: розробка спеціалізованих інструментальних комплексів для підвищення ефективності будівельної галузі, а також розуміння первинних BIM- моделей як прототипів, які, безсумнівно, повинні піддаватися ретельному аналізу та вдосконалюватись на підставі загальноприйнятих критеріїв.

У 1993 році в Національній Лабораторії Лоуренса Берклі була розроблена програма Building Design Advisor, яка свого часу стала яскравим прикладом моделювання, що дозволяє отримувати не лише чисельні дані та інші прагматичні відомості, а й використовувати модель для ухвалення рішення, тобто. «отримувати зворотний зв'язок». Програма використовує об'єктну модель будівлі, здійснює графічний аналіз для надання інформації про можливі варіації виконання проекту з урахуванням альтернативних зовнішніх умов [5], геометричних рішень, властивостей матеріалів і т.д. Building Design Advisor став одним з перших проектних інструментів, що включають функції оптимізації, таким чином приймаються рішення, засновані на ряді критеріїв.

Незважаючи на однополярність ареалів розвитку BIM- технологій у світі (до цього мова виключно про американських діячів), радянський світ зміг протиставити попереднім розробкам двох геніїв програмування, які багато в чому і стали визначати ринок інформаційного моделювання в тому вигляді, в якому ми можемо спостерігати його зараз. Леонід Райз та Габор Бояр зараз відомі як співзасновник та засновник провідних платформ Revit та ArchiCAD. ArchiCAD був розроблений 1982 року в Будапешті на приватному підприємстві фізика Габора Бояра. Першою версією ArchiCAD служило програмне забезпечення Radar CH, яке базувалося на технології опису системи будівлі (Building Description System), Radar CH побачив світ у 1984 році та був випущений для операційної системи Apple Lisa Operating System. Пізніше цей програмний комплекс набув більш звичної нашого вуха назва ArchiCAD і став першим BIM- інструментом, що розміщується на

персональному комп'ютері (ПК).

Однак новітнє на той момент програмне забезпечення не відрізнялося особливою продуктивністю, у зв'язку з чим Бояр постійно стикався з обмеженнями ПК. Це не могло не вплинути на відсутність великих проектів, які виконуються в ArchiCAD у перші роки його появи на ринку будівельних технологій.

Леонід Райз та Ірвін Юнгрейз також стояли біля витоків компаній, які зараз займають лідируючі позиції на ринку архітектурно-будівельних програмних комплексів, їх першим дітищем була компанія Charles River Software в Кембриджі, штат Массачусетс [3].

Ці двоє хотіли створити свою версію програми, здатної обробляти куди складніші проекти, ніж ArchiCAD. Їхнім першим співробітником став Девід Конант, висококваліфікований архітектор, який розробив початковий інтерфейс програми, що зберігся протягом дев'яти її оновлень. До 2000 року компанія завершила розробку свого програмного комплексу, який відомий нам і донині, а саме Revit. Основна ставка була зроблена насамперед на підвищення функціональності. У 2002 році компанія Autodesk придбала Charles River Software з метою активного просування розробок, які були прямими конкурентами її власного дітища «Architectural Desktop».

Revit став воістину революційним продуктом у сфері інформаційного моделювання будівель, дана платформа використала візуальне середовище програмування з метою створення «родин», які будуть оснащені певним набором параметрів, також Revit став першим продуктом, який ввів тимчасовий показник як невід'ємний елемент чотиривимірного моделювання, що дало можливість прогнозувати будівельні процеси на основі BIM- моделі, а також повноцінно моделювати процес будівництва. Перша можливість проявити себе з'явилася у програмного комплексу Revit 13.

Проектування та будівництво Башти Свободи у Манхеттені, модель якої можна спостерігати на рисунку 1.2.



Рисунок 1.2 - Модель Башти Свободи у Манхеттені

Цей проект був розроблений у кількох окремих, але між тим взаємопов'язаних між собою моделях, у режимі реального часу зв'язку проектувалися у графічному уявленні, що дозволяло своєчасно оцінювати економічний аспект проекту та витрати на матеріальні ресурси. Незважаючи на те, що графік реалізації проекту був дещо порушений у зв'язку з політичними причинами, прогрес у координації будівельних процесів та ефективне планування операцій на майданчику стали аргументом на користь розробки вдосконалення програмного забезпечення, яке може використовуватися для одноразової взаємодії всіх учасників, задіяних у реалізації проекту [6].

Спочатку активного становлення Revit спостерігалася тенденція тісної взаємодії архітектурних моделей та інженерів-мережників, звідси послідувала логічна дія Autodesk: вони випустили кілька окремих версій Revit для кожного з учасників проекту, архітектурна, конструктивна та

інженерна версія цієї програми мали величезний попит. Такий масштабний розвиток не міг не принести відповідних плодів, тому тепер Revit цілком міг вважатися фундаментальною платформою для виконання проектів великої промисловості, де особливо важливим є підхід BIM до всебічного проектування. У Revit 6, випущеному в 2004 році, встановлюються певні алгоритми, які успішно збереглися і до сьогодні, а саме до 18 версії. Ці алгоритми полягають передусім у принципі єдиної корінної моделі, успішно об'єднує у собі всі допоміжні моделі, які можуть бути як загальнодоступними, і персоналізованими, інакше кажучи зміни у будь-який з розділів проекту можуть вноситися виключно колом осіб, які мають певними правами. Починаючи з 2004 року, ці нововведення дозволяють безперешкодно працювати над проектом необмеженій кількості учасників незалежно від їхнього розташування.

Наступним значимим етапом історія розвитку BIM -технологій є створення єдиного формату передачі інформаційної моделі - International Foundation Class (IFC). Дане рішення, безперечно, виглядає доцільним, оскільки проектувальники завжди використовували і використовують до цього дня широкий спектр різних програм, що в деяких випадках призводить до труднощів у подальшій співпраці.

«Інформація» є першорядне поняття в структурі інформаційного моделювання, отже найменша неточність її відтворення, яка якраз і може бути наслідком відмінності форматів, що передаються, може призвести до глобальних наслідків. Це питання постало настільки гостро, що, окрім єдиного універсального формату, величезні зусилля були кинуті на створення програмного комплексу, який буде призначений виключно для координації між різними форматами. Рішенням стала програма, що має зараз величезну популярність через свою функціональність, а саме Navisworks. Navisworks дозволяє координувати всі загальні дані моделі, формувати можливі варіанти реалізації тих чи інших будівельних операцій, а також виявляти колізії, приклади візуального представлення колізій можна спостерігати на рисунках

3 та 4.

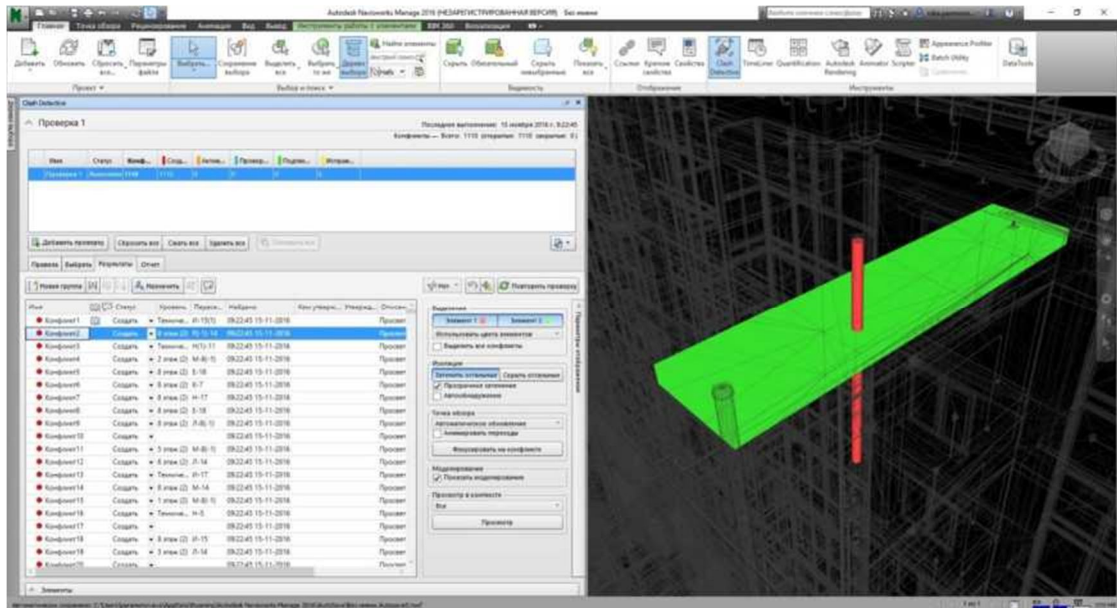


Рисунок 1.3 - Візуальне подання перетину елемента каналізації та збірного перекрыття у програмі Navisworks

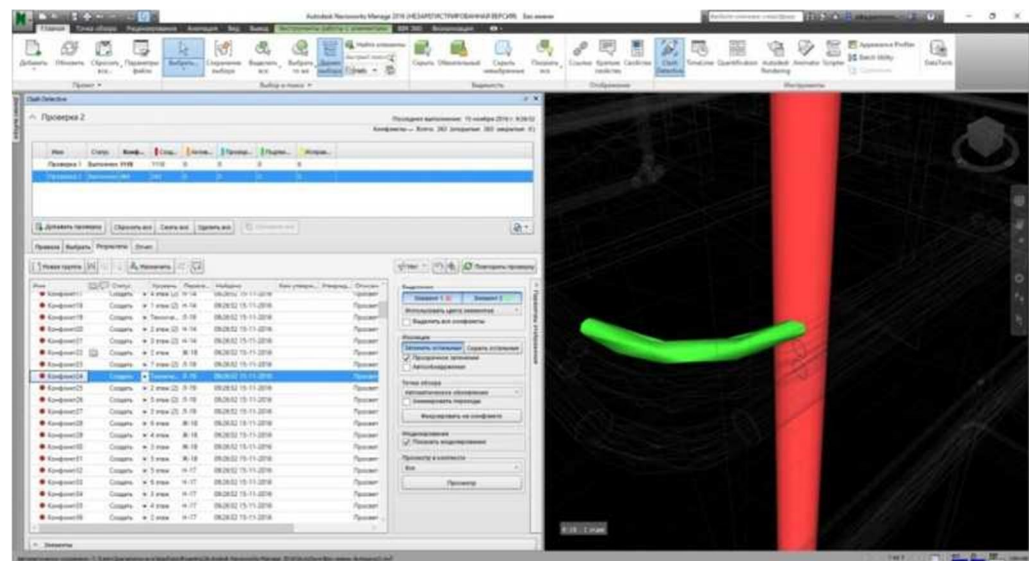


Рисунок 1.4 - Візуальне подання перетину електричного лотка та трубопроводу у програмі Navisworks

На сьогоднішній день Revit - це одна з основних платформ для BIM - проектування, вона об'єднує в собі архітекторів, конструкторів та інженерів, з кожним роком програмний комплекс тільки вдосконалюється, з'являється все більше доповнень для розрахунків освітленості, інсоляції, акустичних властивостей простору тощо [7]. Діаграма, призначена для розрахунків

одного з цих факторів, представлена рисунку 1.5.

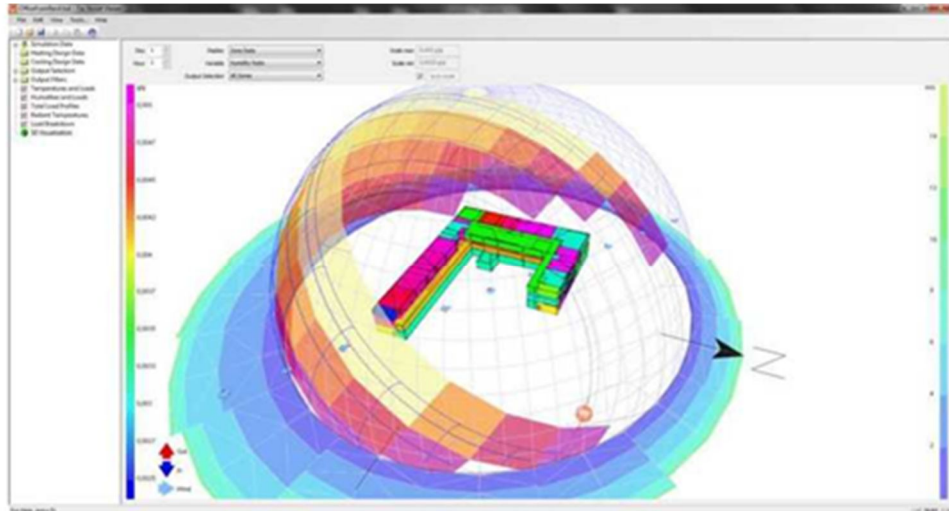


Рисунок 1.5 – Сонячна 3D-діаграма, реалізована на основі BIM-моделі

Загальна концепція BIM -технологій на сьогоднішній день налічує вже не одне десятиліття, проте галузь лише наближається до усвідомлення основних переваг повсюдного використання інформаційного моделювання. Тісна взаємодія людського розуму та комп'ютерних можливостей, технології доповненої реальності, хмарні сервіси, середовище проектування, що генерується - все це продовжує активно сприяти розвитку технології.

1.4 Світова практика використання 4D BIM технологій

У США використання BIM є ініціативою GSA (General Services Administration – федеральне управління служб загального призначення). У зоні відповідальності GSA - все будівництво та експлуатація федеральних будівель та споруд США. У 2003 році було створено національну 3D-4D-BIM програму, що перебуває під юрисдикцією державної служби будівель Управління головного архітектора (Державна служба будівлі Управління головного архітектора). Таким чином не тільки підтримує GSA BIM, але і просуває перехід від 3D 2D і до технологій 4D. За концепцією прийнятою в GSA, геометричне подання є лише частиною 3D BIM 3D і не всі моделі

(наприклад створені в 3ds Max або SkeetchUp) відповідають вимогам BIM. Тим не менш, 3D-моделі набагато краще підходять для комунікацій ніж креслення 2D, тому BIM навіть якщо не може бути повністю реалізований в якому 3D-TO проекті моделі все одно повинні бути використані. 4D Модель може бути створена на основі шляхом додавання тимчасових 3D графіків, проте це також не завжди робить її BIM - моделлю.

Проте, починаючи з 2007 року, GSA наполягає на використанні BIM технологій в описі геопросторових та кадастрових даних. Це полегшує управління та контроль над 300 млн квадратних футів нерухомості, що знаходиться під юрисдикцією GSA. У США GSA є найактивнішим учасником конференцій AEC, таких як AIA-TAP, і проекти GSA часто стають номінантами щорічного призу AIA BIM Awards. Тим самим, GSA є сильним захисником і проповідником BIM в На відміну від багатьох, якщо не всіх країн, уряд Великобританії вимагає використання BIM. У травні 2011 року кабінет міністрів опублікував «Урядову стратегію будівництва» (“Government Construction Strategy”), в якій є суттєвий за обсягом та значущістю розділ “Інформаційне моделювання будівель”, в якому чітко записано, що уряд вимагатиме повсюдного використання 3D BIM до 2016 року. Це стосується не лише державних, а й будь-яких будівельних проектів. У документі також визнається, що на даний момент нестача сумісних систем, стандартів і протоколів, а також різні вимоги клієнтів та провідних дизайнерів стримує широке впровадження BIM, технології, яка працює всім членам команди з одними й тими самими даними. Таким чином, зусилля уряду будуть також спрямовані на розробку стандартів, які дозволять усім членам ланцюжка постачання здійснювати спільну роботу через BIM.

Уряд законодавчо регулює використання BIM через комітет із стандартів BIM, який на сьогоднішній день випустив AEC BIM Standard (у листопаді 2009 року), AEC BIM Standard Revit (у червні 2010 року) та AEC BIM Standard Bentley (у вересні 2011 року). Комітет працює над подібними стандартами для інших додатків, таких як BIM ArchiCAD і Vectorworks , а

також оновленими версіями стандартів, які були випущені раніше . . . Компанії АЕС у Великій Британії вже досить просунулися в реалізації BIM, Лондон - будинок для багатьох провідних фірм світу, таких як Foster and Partners, Zaha Hadid Architects, BDP ArupSport, а також європейських штаб-квартир таких фірм як HOK, SOM та Gensler, які добре відомі своїм передовим досвідом використання АЕС технологій. американському АЕС.

Північні країни, такі як Норвегія, Данія, Швеція, Фінляндія та є батьківщиною для деяких ключових технологій АЕС виробників, таких як Tekla та Solibri, також високий рівень адаптації та впровадження ArchiCAD, який виник у сусідній Угорщині. В результаті, ці країни одними з перших прийняли та освоїли модельно - орієнтоване проектування, а також просувають вимоги до 4D технологій. Тривалі снігові зими у цих країнах зробили заводське виготовлення компонентів будинків дуже привабливою практикою, яка, своєю чергою, значно сприяла розвитку технології BIM і стимулювала раннє початку розгортання BIM у цих країнах.

Таким чином, хоча в цих країнах і немає офіційної законодавчої вимоги уряду на використання 4D BIM, його використання виглядає природною відповіддю на потреби компаній АЕС при використанні більш просунутої технології, ніж звичайні креслення САПР для проектування та будівництва вид будівель, які були необхідні в цьому регіоні.

1.5 Огляд основних програмних комплексів для створення цифрової моделі будівлі

Основним інструментом для створення цифрової моделі будівлі є автоматизований програмний комплекс, сумісний з останніми моделями ПК та ОС. Як правило, програмні комплекси здійснюють свою роботу з операційною системою Windows, з якою працює більшість користувачів.

Для створення цифрових моделей будівлі в даний час розроблено

велику кількість різних програмних комплексів, деякі з яких наведені на рисунку 1.6.

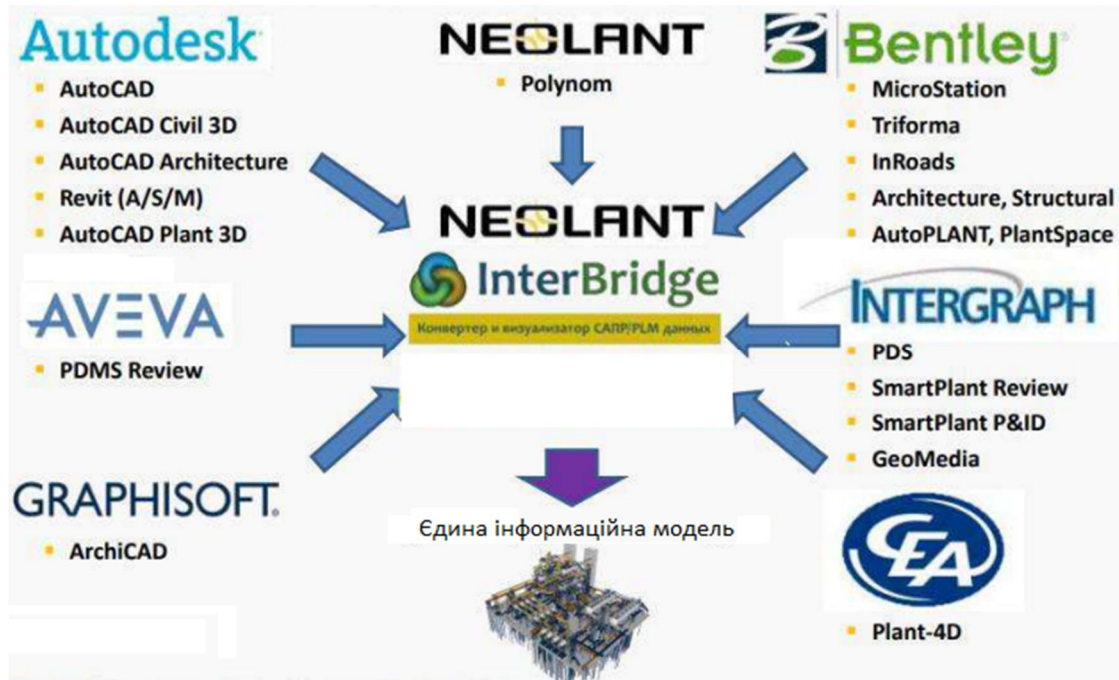


Рисунок 1.6 - Програмні комплекси, які застосовуються для створення єдиної інформаційної моделі об'єкта

ВІМ - модель будівлі або споруди передбачає створення 3D моделі, в якій можна працювати з будь-якою з його проєкцій, в аксонометрії та ізометрії, а також використовувати програмні продукти компанії Autodesk.

Autodesk з'явилася на російському ринку наприкінці 90-х років ХХ ст. Практично з розвитком глобальної автоматизації проєктування у великих проєктних інститутах нашої країни став використовуватися найбільш популярний продукт Autocad.

До них відносяться:

- ПЗ Autodesk Revit;
- ПЗ Autodesk Robot;
- ПЗ Autodesk Navisworks;
- ПЗ ArchiCAD;
- ПЗ Autodesk Inventor;
- ПЗ Autocad.

Це ПЗ призначене для здійснення завдань з інженерної графіки. Воно є найпоширенішою із усіх зарубіжних САПР.

ArchiCAD є дуже ефективним інструментом для створення різних архітектурних форм, проектування будівель складної форми. Має широкі можливості для створення різних елементів будівель, дозволяє проводити їх розрахунок і підбір форми, матеріалів, армування. Крім того, при проектуванні архітектором вікон, дверей, стін будівлі, дане ПЗ паралельно створює тривимірну модель будівлі. Також ПЗ формує специфікації на окремі елементи, здійснює підбір їх матеріального виконання.

Autodesk Inventor – використовується для малювання цифрових моделей та розрахунків у машинобудуванні. З окремих деталей та елементів цей програмний комплекс дозволяє виконувати повне складання агрегату або вузла. ПЗ має власну велику бібліотеку компонентів, до складу якої входять стандартні деталі (болти, гайки, шпильки, скоби тощо). Бібліотеку можна змінювати та доповнювати запроєктованими унікальними деталями та об'єктами.

Autodesk Revit - це програмний комплекс, який дозволяє створювати проект від ескізної-концептуальної начерку майбутньої будівлі до єдиної інформаційно-будівельної моделі, що містить максимальне опрацювання будівлі.

Дане ПЗ має вбудований модуль концептуального формоутворення. Він дозволяє оперативно змінювати окремі елементи будівлі або споруди, а потім вносити інформацію про зміни у всіх розділах проектної документації.

Крім того, відмінністю ПЗ є наявність навісних стін та похилого скління. Розширено модуль роботи зі сходами будівлі, а також передбачено модуль роботи з поверхнями. У ньому можна створювати різну геометрію фасадів будівлі, імпортувати з інших програм спеціально створені геометричні фігури і поверхні, створювати окремі компоненти будівельного майданчика, застосовувати для ландшафтного дизайну.

AutoCAD - застосовується для проектування будівель, споруд різного

функціоналу і в різних галузях (широко поширений у проектних організаціях нафтогазової галузі), оцифрування інженерних вишукувань, проектування протяжних лінійних об'єктів.

У цьому ПО можуть бути створені як моделі будівель і споруд (2D і 3D), так і лінійні об'єкти великої довжини, генеральні плани будівель і промислових підприємств, може бути розрахований обсяг земляних мас, площі, займані будівлями та спорудами.

Крім того, для розширення можливостей Autocad та роботи в цьому середовищі програмістами проектних інститутів можуть бути розроблені різні програмні продукти, які дозволяють в автоматичному режимі формувати:

- кабельні журнали;
- проводити відмальовування протяжних лінійних об'єктів (плани та профілі);
- здійснювати аналіз матеріалів інженерних вишукувань щодо властивостей ґрунтів та поширення небезпечних геологічних процесів;
- автоматично складати специфікації обладнання виробів та матеріалів;
- проводити розрахунки на міцність метало- і залізобетонних конструкцій ;
- розраховує льодові та вітрові навантаження на споруди;
- підбирає висоту опор ліній електропередач.

Прикладом оцифрування даних результатів інженерних досліджень і наступне їх використання для виробництва готового цифрового продукту є, наприклад, траса лінійної споруди, показана на рисунку 1.7.

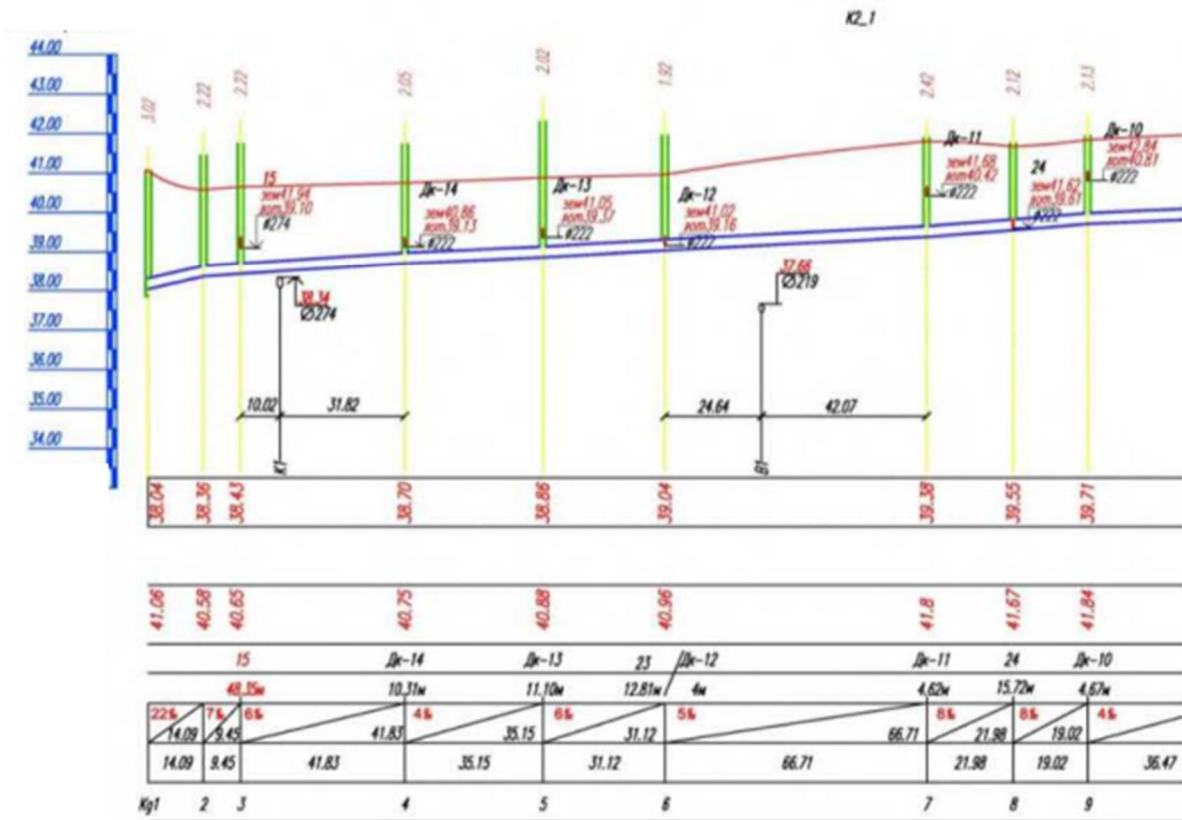


Рисунок 1.7 - Профіль підземного трубопроводу, побудований у AutoCAD

На рисунку 1.8 показана вже запроєктована в Autocad траса лінії ПЛ, для якої автоматично розрахована висота опор, обраний їх тип і певний провис проводів між опорами.

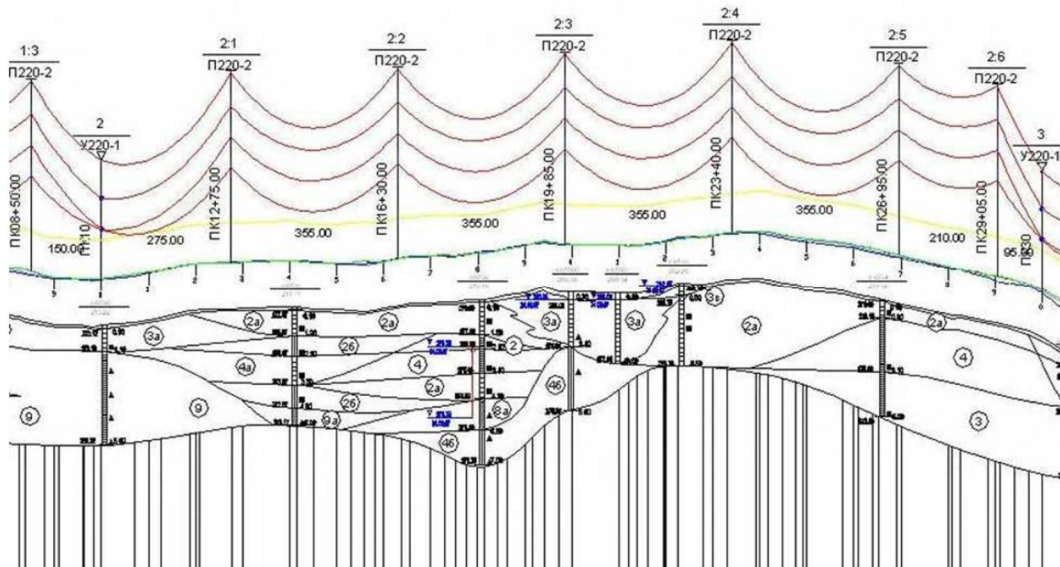


Рисунок 1.8 - Профіль лінії ПЛ, побудованої в AutoCAD

Описане вище ПЗ використовується безпосередньо для проектування - конструктивних елементів будівель і споруд, тобто для створення фізичних обсягів за проектом.

Потім їм необхідно виконати оцінку вартості:

- обладнання, виробів та матеріалів;
- доставки матеріалів до місця роботи;
- будівельно-монтажні роботи;
- будівництва допоміжних споруд;
- видатків на благоустрій територій;
- витрат за під'їзні автодороги, технологічні проїзди;
- непередбачуваних витрат;
- інших витрат.

Для ефективного впровадження ВІМ зміни мають торкатися всіх сфер діяльності організації. Неможливо окремо впровадити технологію лише в ІТ-департаменті, виробничому відділі, на рівні окремого проекту чи окремої спеціальності. Подібний підхід дає деякі результати, але не призводить до значних змін, приносячи лише малу частку переваг, які можливі при повному впровадженні ВІМ. Є багато прикладів, коли впровадження ВІМ відбувалося лише на рівні виконавців або лише в ІТ-департаменті, і це давало дуже посередні результати, а іноді просто провалювалося. Нерідко часткове використання давало свої плоди, наприклад, деяку економію коштів; однак, при цьому все ж таки губилися найбільш значні переваги, які могли бути отримані при повному впровадженні.

У моделі впровадження, що розглядається у цій статті, ініціатива походить від менеджерів вищої ланки; розроблена цьому рівні концепція доноситься лідерами до пересічних співробітників. Модель ґрунтується на трьох взаємопов'язаних принципах. Наступна діаграма ілюструє їхню взаємодію.

Ясно сформульована концепція допоможе уникнути підводного каміння, що підстерігає компанію на шляху радикальних змін. Без чіткої

концепції та вмілого управління на рівні вищої ланки спроби впровадження ВІМ призведуть до безрезультатної витрати ресурсів. Використання досвіду впровадження ВІМ, описаного в різних публікаціях, буває корисним на початковому етапі, однак єдиного стандарту, який би підійшов будь-якій організації, не існує. Для успішного впровадження ВІМ компанії потрібна власна стратегія, яка враховує специфічні особливості діяльності.

Отже, успішне використання має починатися з розробки концепції. Це може здатися очевидним, проте, незважаючи на це, багато компаній обмежуються впровадженням ВІМ лише на рівні окремих проектів. Щоб отримати всі переваги ВІМ, керівники вищої ланки повинні навчитися думати, взаємодіяти та ставити завдання в рамках ВІМ (у деяких випадках для цього потрібне додаткове навчання). Керівництво має поставити перехід на ВІМ в один ряд із головними цілями в масштабах усієї організації. Не варто забувати, що якщо впровадження ВІМ відбувається лише на рівні виробничих відділів, неможливо досягти суттєвих покращень.

Концепція має бути масштабною та достатньо мотивуючою, щоб охопити всю компанію. Якщо ВІМ впроваджується як чергова звичайна технологія, це не дасть організації потрібного імпульсу і достатньої мотивації. У прийнятій концепції шлях до досягнення масштабних цілей має бути поділений на етапи (див. розділ на етапи нижче). Потрібно мати чітке уявлення у тому, яку групу працівників організації зачіпають зміни кожному етапі, і навіть які з етапів найважливіші. Пастка, в яку потрапляє більшість компаній, - постановка високих цілей на незначних проміжних етапах.

Використання ВІМ — непросте завдання, і за її вирішенні (особливо на початку) часто виникають труднощі з визначенням конкретних дій. Уникнути їх можна, розділивши виконання спільної задачі на етапи. Крім того, завершення кожного з етапів стає своєрідною перемогою для колективу, посилює мотивацію, надає сил на шляху до досягнення кінцевої мети та дає уявлення про проміжні результати. Є етапи, загальні всім організаціям, але, залежно від кожного конкретного випадку, під час

запровадження BIM виникають і деякі специфічні кроки. Для кращої оцінки проміжних результатів корисно виконувати пілотні проекти у рамках впровадження BIM.

Існують різні підходи до розробки концепції BIM. Випущено багато публікацій на тему концептуального планування. Усі вони тією чи іншою мірою застосовні у тих BIM. Однак у такій галузі, як будівництво об'єктів інфраструктури (як і будь-який інший), існують свої особливості залежно від масштабу проектів (локального, галузевого чи національного). Тому керівництво повинне враховувати всі особливості компанії при впровадженні BIM, щоб врахувати вплив нових технологій на кожний аспект її діяльності.

Найкраще, якщо концепція BIM розробляється лише на рівні вищого керівництва; однак на практиці ми часто стикаємося з тим, що цим займаються менеджери середньої ланки, яким доводиться витратити зусилля, щоб привернути увагу керівництва до проблем впровадження BIM. У цьому випадку менеджерам середнього рівня необхідно уявити своє бачення концепції при взаємодії з начальством. Цей крок стає перехідною стадією, коли ініціатива впровадження BIM починає переходити до керівництва компанії. Незважаючи на те, що це не найкращий варіант розвитку подій, деякі компанії досягають непоганих результатів, йдучи цим шляхом. Однак не варто забувати, що за такого підходу губляться деякі істотні переваги BIM і ставиться під загрозу успіх впровадження нових технологій в цілому.

Існує безліч досліджень, присвячених темі впровадження нових технологій у великих організаціях у різних сферах діяльності, і всі вони свідчать про складність таких нововведень. Для таких масштабних змін, як впровадження BIM, необхідно опрацювати чітку концепцію і втілювати її в життя шляхом поступових змін протягом тривалого часу. При цьому необхідно постійно стежити, щоб конкретні зміни відповідали затвердженій концепції BIM. Завдання команди, що займається впровадженням BIM, — розробити конкретні кроки щодо змін. Кожен із етапів змін повинен мати чіткі цілі, які відповідають загальній стратегії розвитку компанії.

Проведення значних змін у будь-якій організації – тривалий та складний процес. Він вимагає творчого підходу та має враховувати всі особливості діяльності компанії. Водночас проблеми, що виникають при проведенні змін у більшості компаній, типові.

Треба визначити деякі загальні моменти, на яких потрібно загострити увагу для успішного подолання труднощів під час впровадження ВІМ:

Взаємодія керівників із підлеглими: Загальна концепція ВІМ визначає основні цілі, але також дуже важливо розробити конкретні кроки щодо її досягнення. Як зазначалося раніше, основна рушійна сила змін пересічні виконавці. І якщо кожен з них не відчуватиме свого конкретного внеску у досягнення спільної мети, цієї мети можна ніколи не досягти. Дуже важливо, щоб впровадження нових технологій відбувалося у тісній взаємодії керівництва з підлеглими. При цьому ініціатива повинна виходити від керівництва, але, незважаючи на важливість низхідного принципу взаємодії, не можна недооцінювати і висхідний принцип. Щоб досягти бажаних результатів, потрібно контролювати зміни, проводити пілотні проекти, навчання та атестацію співробітників.

Демонстрація успіхів: Поряд із пропагандою та залученням до процесу впровадження ВІМ усіх співробітників у рамках однієї організації важливо ділитися своїми цілями та досягненнями в цій сфері з іншими компаніями галузі. Така співпраця надає додатковий імпульс розвитку, наочно ілюструє партнерам орієнтацію компанії на використання ВІМ-технологій та застосування їх на практиці.

Навчання: Перш ніж почати працювати в середовищі ВІМ, необхідно опанувати певні навички та методи роботи. Іноді доводиться розбиратися із принципово новими, не завжди зрозумілими ідеями. Тому необхідно додаткове навчання співробітників для успішного впровадження ВІМ у їхню повсякденну діяльність. Крім того, систематичне навчання роботі з ВІМ підвищує мотивацію співробітників організації та є інвестицією в інтелектуальний капітал організації.

Юридична сторона впровадження: Використання BIM-технологій та пов'язаних із ними процесів призводять до змін контрактних зобов'язань між замовниками та підрядниками. Це відбувається через те, що змінюється схема взаємодії між партнерами. Вона значно відрізняється від традиційної і може викликати деякі труднощі, хоча зрештою використання нової схеми може значно підвищити якість взаємодії.

Аналіз проміжних результатів: Аналіз проміжних результатів дозволяє прогнозувати ефективність BIM-технологій, стандартів і процесів у різних типах проектів. У процесі аналізу команда BIM виявляє проблеми, вносить відповідні зміни до регламентів та стандартів та поширює досвід на діяльність усієї організації. Крім того, вивчення матеріалів аналізу допомагає демонструвати досягнення та тим самим мотивувати співробітників.

Працюючи над великими інвестиційно-будівельними проектами часто доводиться зіштовхуватися з проблемами їх подорожчання і зриву термінів. Найчастіше це відбувається через слабку координацію в рамках проекту, неефективну спільну роботу всередині робочих груп та розбіжності між замовниками та підрядниками. Як показує статистика, частка невдалих великих інвестиційно-будівельних проектів сягає 60-75%, при подорожчанні на 3050% і збільшенні термінів будівництва до 100%.

Показники зрілості BIM: Щоб передбачити, як компанія рухатиметься до цілей, закладених у концепції, команда BIM встановлює низку планових показників. Ці показники допомагають оцінити рівень зрілості BIM. Ступінь зрілості BIM характеризує здатність організації оперувати BIM-технологіями в масштабі всієї компанії та окремих проектів. Існує кілька способів визначення зрілості BIM, але головними показниками є технологічні та організаційні зміни, які визначають просування компанії на шляху впровадження BIM.

Перехід на BIM може дати вагомі переваги, проте для його здійснення потрібні значні зміни у сфері корпоративної культури, технологій та стандартів. Але змінити щось у роботі сучасних будівельних компаній —

непросте завдання. Щоб досягти цих змін, буде потрібно реорганізація управління та робочих процесів, перехід на нові технології. З іншого боку, слід стежити, щоб зміни повністю відповідали загальній концепції BIM.

При змінах масштабі всієї організації з'являється безліч нових робочих процесів і стандартів; Перед використанням їх потрібно ретельно спланувати та перевірити їх ефективність.

Для полегшення роботи ми розбили ці зміни на групи. Кожна із груп змін впливає на конкретну сферу діяльності компанії:

Стратегія розвитку: При впровадженні BIM зміни мають відповідати основним цілям компанії: конкурентоспроможне позиціонування на ринку та виробнича ефективність.

Керування змінами: Програма впровадження BIM розроблена для досягнення запланованих переваг переходу на нові технології. Щоб досягти конкретних результатів, необхідно контролювати процес змін, обмін інформацією, навчання співробітників та якість робіт.

Регламенти та стандарти: Для ефективної спільної роботи фахівців різних напрямків потрібні чітко прописані регламенти та стандарти, що визначають розвиток усіх програм та проектів, у яких використовується BIM

Інтегровані BIM-технології: Інструменти управління BIM-процесами та роботи з моделями повинні інтегруватися з існуючими корпоративними інформаційними системами та утворювати єдиний інформаційний простір підприємства.

Компанії, які в процесі впровадження BIM дотримуються логічного порядку розвитку пріоритетів на різних етапах, частіше досягають бажаних результатів.

BIM-проекування має безліч переваг у порівнянні з класичними CAD-системами. То чому б одразу всім не перейти на нові технології? Є певні чинники, що перешкоджають цьому процесу переходу.

Наприклад, витрати, рівень яких визначається як вирішенням загальних питань, пов'язаних із впровадженням BIM (програмне забезпечення,

навчання персоналу тощо), так і з особливостями конкретної організації, яка займається цим процесом.

При впровадженні BIM у проектній організації необхідно пам'ятати, що:

1. Перехід на BIM - це насамперед перехід до зовсім іншої технології проектування, а не зміна комп'ютерної програми;

2. Потрібна зміна організації процесу проектування, тобто. фактично необхідно замінити традиційний підхід до проектування об'єкта з його комп'ютерне моделювання;

3. Потрібно змінювати психологію проектувальників: тепер над об'єктом здійснюється не індивідуально, а колективно, тобто. вимоги до якості роботи високі.

Що стосується програмного забезпечення та оновлення комп'ютерів, ціни на відповідне ПЗ дійсно високі.

Крім того, технологія параметричного моделювання (BIM) має різний рівень готовності для впровадження в різних галузях будівництва та проектування. Так, у сфері транспортного будівництва BIM-проектування поки що навіть не має практики застосування і, отже, жодних відповідних стандартів програмного забезпечення поки що не передбачено. Проблему з відсутністю стандартів управління та практики застосування можна вирішити – ці стандарти можуть бути запозичені із мінімальними змінами зі сфери будівництва будівель. А перешкода у вигляді відсутності стандартів на моделі даних транспортної інфраструктури (доріг, мостів, тунелів тощо) є головною і все ще заважає поширенню технологій BIM у транспортному будівництві на повноцінному рівні.

Треба зазначити переваги впровадження BIM технологій, а саме, процес реалізації проекту стає «прозорішим» і керованим, отже, замовник у цьому зацікавлений. Також стає простіше виявити колізії ще на етапі проектування, коли вся інформація закладається в одну модель та помилки «спливають на поверхню». В результаті проектувальнику легше працювати з

проектом і збільшується можливість якісно підготувати проектну документацію, а замовник звільняється від витрат на усунення помилок на етапі будівництва. Вже внаслідок цього знижуються терміни реалізації проекту, що у будівництві мостів дуже цінно.

Довгострокові переваги застосування ВІМ випливають із факту, що ВІМ-модель дозволяє не просто оптимально спланувати черговість робіт, а й грамотно перерозподілити наявні ресурси у разі потреби для мінімізації простоїв техніки. Моделювання різних стратегій експлуатації об'єкта дає змогу оптимізувати витрати на утримання об'єкта, збільшити прибуток. Як наслідок, скорочується кількість судових суперечок, а утримання клієнтів лише міцнішає.

2. ОПТИМІЗАЦІЙНІ РІШЕННЯ ПРИ ПРОВАДЖЕННІ ПРОЕКТНИХ РІШЕНЬ НА ОСНОВІ ІНФОРМАЦІЙНОЇ МОДЕЛІ БАГАТОКВАРТИРНОГО ЖИТЛОВОГО БУДИНКУ

2.1 Інформаційна модель як базовий елемент проектування

Як було зазначено раніше, об'єктом дослідження є інформаційна модель багатоквартирного житлового будинку. В основі моделі, що розробляється, лежить проектна документація, виконана в класичному варіанті - розроблена в програмному комплексі AutoCAD і пройшла недержавну експертизу об'єктів будівництва, отже всі проектні рішення, що переносяться в середу інформаційного моделювання, пройшли відповідну перевірку.

В ту ж чергу необхідно відзначити, що даний варіант є не найкращим з можливих, так як початкове проектування об'єкта в середовищі BIM - технологій має величезну кількість переваг [11].

Проектування будівель і споруд є, дійсно, трудомістким процесом, який включає наступні стадії:

- розробка ескізного проекту;
- створення проектної документації (ПД);
- створення робочої документації (РД);
- виконання дизайн-проекту.

Рівень опрацювання кожної зі стадій безпосередньо впливає якісну оцінку кінцевого результату. Для кращого розуміння функціональності концепції BIM - технології кожної зі стадій необхідно окремо розглянути кожна з них.

У основі будь-якого архітектурного проектування передусім лежить ескізний проект. Саме на даному етапі реалізуються основні, але все ж таки первинні напрацювання ідей, які в майбутньому можуть бути видозмінені

відповідно до вимог, що пред'являються Замовником, розробниками розділів і т.д. Головна мета на стадії ескізного проектування – успішно узгодити із Замовником концепцію майбутнього об'єкта [12], найчастіше як концепцію виступають планувальні рішення та композиція. Для ескізного проекту з високою ймовірністю розробляють саме тривимірні моделі, тому що вони дозволяють поглянути на майбутній об'єкт під реалістичним кутом сприйняття дійсності. Візуальне подання обох форматів проектування можна спостерігати рисунок 2.1.



Рисунок 2.1 - Порівняння 2D і 3D уявлень одного та того ж об'єкта

В даний проміжок часу створюються креслення, що відрізняються

особливою деталізацією, виконуються специфікації по всіх розділах проекту. Головна мета цього етапу - максимально забезпечити інформаційну повноту картини проекту для успішного виконання будівельно-монтажних робіт (БМР).

На даному етапі основна увага приділяється внутрішньому облаштуванню будівлі, а точніше до його інтер'єру. Дизайн-проект зазвичай знаходиться у прямому взаємозв'язку від двох вимог: функціонального призначення будівлі та її стильового спрямування. Уподобання Замовника формують кінцеве уявлення про об'єкт, далі створюються детальні креслення розділу «Технологічні рішення».

Принцип єдності - основний формотворчий принцип BIM, так, якимось відтворена модель може бути великих цілей будь-який із стадій життєвого циклу будівлі. Різним етапам відповідають різні вимоги до інформаційної моделі, BIM- модель перебуває у процесі постійного розвитку, проте інформативність - це незмінний елемент і стадії проектування, і стадії будівництва, і стадії експлуатації.

На етапі проектування модель не просто розробляється з нульового рівня, а й наповнюється основним обсягом інформативного навантаження, яке зберігатиметься навіть до виведення об'єкта з експлуатації.

Стилістична концепція на стадії ескізного проекту відіграє основну роль, тому інформаційна модель може розроблятися в спрощеному варіанті, наприклад у частині виключно архітектурних рішень. На стадії ескізного проектування спостерігаються такі операції:

- швидке відтворення вже існуючої інфраструктури;
- вивчення території проектування;
- розробка безлічі варіантів;
- попередня оцінка економічних та тимчасових витрат;
- аналіз різних архітектурних рішень, які приймаються в умовах існуючої забудови;
- Створення ескізних проектів лінійних об'єктів;

- Реалізація візуального представлення об'єктів.

Виходячи з перелічених вище положень, можна зробити висновок, що стадія ескізного проектування є відправною точкою для створення майбутніх проектних рішень у сфері BIM - технологій.

Підключення фахівців суміжних розділів, до яких можна віднести конструкторів, інженерів ВВ, ЕС, ВК тощо, відбувається безпосередньо на стадії розробки ПД. Далі переваги інформаційного моделювання позначаються найбільш виразно, одним із них, природно, є можливість одночасної роботи всіх фахівців у єдиному файлі-сховищі. Спільна робота полягає у наступних аспектах:

- кожен учасник проекту закріплений за своєю робочою частиною проектної моделі;
- кожен розділ проектної документації знаходиться у повному віданні відповідного фахівця;
- зовнішні посилання допомагають злагоджено організувати принцип спільної роботи;
- суміжні розділи використовуються іншими учасниками проекту без зміни;
- всі зміни синхронізуються з єдиною моделлю-сховищем і відображаються у кожному із пов'язаних файлів.

Наочніше принцип спільної роботи демонструє рисунок 2.2



Рисунок 2.2 – Принцип спільної роботи в інформаційній моделі

Єдина інформаційна модель – це нескінченне сховище різних варіацій ПД. Розрізи, фасади, креслення вузлів і т.п. виводяться із простору інформаційної моделі, отже трудовитрати мінімізуються.

Автоматизація роботи зі специфікаціями – це найбільш очевидна перевага використання BIM - моделі для створення РД.

Переваги, виявлені на попередніх стадіях реалізації проекту, зберігаються також і на стадії створення дизайн-проекту. Дизайн-проект, що реалізується із застосуванням технологій інформаційного моделювання, містить:

- функціональне зонування приміщення;
- розстановка обладнання та меблів, представлена у тривимірному форматі;
- схеми інженерних систем у 3D вигляді.

Говорячи про підсумки розгляду впливу BIM -технологій на проектні роботи, можна виявити такі особливості:

- види, розрізи, фасади та інші перспективні види формуються автоматично;
- колізії (перетину) виявляються відповідно до всіма елементами моделі, рисунку 2.3 представлена колізія елементів одного розділу;

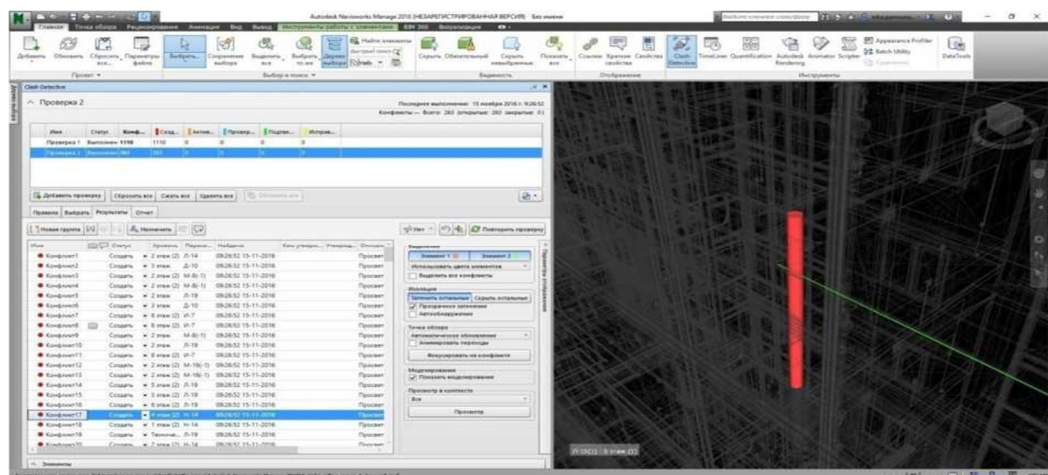


Рисунок 2.3 – Конфлікт розділів ВК та ЕМ.

- двомірне та тривимірне варіанти подання креслень;

- велика індивідуалізація проекту;
- варіативність проекту, через швидке внесення можливих змін;
- створення документації (відомості, специфікації тощо) в автоматичному режимі відповідно до вимог ДСТУ.

Підбиваючи підсумки вищевикладеного оповідання, важко недооцінити позитивний вплив інформаційного моделювання будівлі весь спектр операцій, вироблених на стадії проектування об'єкта. Однак, як і всі сучасні технології BIM вимагає особливого уваги до процедури його застосування. Особлива увага полягає насамперед у поетапному залученні співробітників [15], готовності до можливих ризиків та початкового зниження продуктивності тощо. Незважаючи на будь-які труднощі, кінцевий результат у 9 випадках з 10 залежатиме виключно від вкладених ресурсів, і фінансових, і трудових.

2.2 Використання проектної інформаційної моделі

Як уже було неодноразово зазначено, інформаційна модель будівлі знаходить своє застосування на будь-якому етапі життєвого циклу об'єкта, схема взаємодії всіх учасників проекту представлена на рисунку 2.4 [16].



Рисунок 2.4 - Взаємодія учасників проекту

Проте стадії будівництва та експлуатації менш вивченими у сфері BIM-технологій [17], т.к. Найчастіше Замовник, використовуючи інформаційну та спираючись на вимоги нормативної документації, обмежується виключно візуальним тривимірним поданням майбутнього проекту, не замислюючись про технічні вигоди інформаційного моделювання для подальших етапів реалізації проекту [18]. На особливу увагу заслуговує адаптація інформаційної моделі для стадії будівництва об'єкта, т.к. Список можливих задіяних функціональних процесів, дійсно, великий:

- організація взаємодії між проектувальниками та будівельними організаціями;
- організація та управління будівельними процесами;
- отримання достовірної інформації про терміни виконання робіт (4D модель, в яку як додатковий параметр введено «час»), реалізується за допомогою календарного та мережевого графіка виконання робіт;
- отримання обґрунтованої інформації про вартість робіт (5D модель: як додатковий параметр присутня «вартість») [19];
- Здійснення будівельного нагляду: користуючись планшетним комп'ютером із завантаженою раніше інформаційною моделлю, інженер безпосередньо на будівельному майданчику робить позначки, відомості про які синхронізуються з єдиною моделлю, отже, до проектної організації надходить максимально достовірна інформація;
- прогнозування динаміки виконання робіт, а також її відстеження;
- точне визначення потреби у матеріалах [20].

Одночасне узгоджене виконання поставлених завдань, що сприяє здачі об'єкта у встановлений термін, неможливо при традиційних методах проектування, т.к. сама суть BIM-технологій полягає у формуванні всього проекту в єдиному інформаційному просторі. Завдяки 4D моделі процес поєднання кількох паралельних графіків робочих процесів різних організацій чи бригад значно спрощується. Це дозволяє як аналізувати відповідність реальної стадійності будівництва заявленої, а й додавати фінансові

показники виявлення фінансових ресурсів, необхідні життєздатності об'єкта кожному з етапів [21]. BIM -технології дозволяють систематизувати звичні процеси, економлячи у своїй, як фінансові, і трудові витрати.

Повсюдний контроль виконання робіт, постійний доступ до візуальної складової проекту, а також інші перераховані переваги на основі виключно інформаційної моделі - вже досить вагомих аргумент на користь ефективної адаптації BIM- технологій в етап будівельно-монтажних робіт. Однак BIM - модель може бути не лише першорядним засобом досягнення поставленої мети, також існує можливість використання різних сучасних програмних комплексів, таким чином потенціал інформаційної моделі розкривається більш багатогранно.

Докладніше вивчення сучасного ринку технологічних рішень у сфері інформаційного моделювання показує, що оптимізації традиційних рішень перебуває у постійному розвитку. Продуктом оптимізації таких рішень є розробки груп компаній, так, наприклад, на особливу увагу заслуговують програмні комплекси, спрямовані на планування та контроль ходу будівельних робіт. Одними з найцікавіших технологій, що реалізуються на базі подібних систем, є:

- 1) Лазерне сканування – технологія, яка спрямована на актуалізацію моделі. Зміни, що виникають на будівельному майданчику, необхідно вносити до інформаційної моделі, розробленої на стадії проектування, т.к. Безпосередньо підсумкова (фактична) модель використовуватиметься для подальшої експлуатації об'єкта капітального будівництва. Технологія лазерного сканування дозволяє виявити існуючі колізії (неточності), і навіть допомагає внести зміни у вихідну модель, т.к. при накладенні фактичної хмари точок виявляються очевидні відхилення. Актуальна інформація представляється доступною в графічному, візуальному та числовому видах [26, 19].

- 2) Сферичні панорами - це фотореалістичне уявлення об'єкта, що складається з величезної кількості окремих ширококутних кадрів

навколишньої дійсності [26]. Подібна технологія сприяє вирішенню безлічі завдань:

- процес будівництва контролюється протягом будь-якого довільного проміжку часу;
- актуалізація проектної моделі;
- у разі роботи кількох організацій над аналогічними об'єктами, оперативно виявляються переваги та недоліки;
- забезпечення зручності авторського нагляду.

Комплексне використання одного чи кількох програмних комплексів від різних розробників, і навіть інформації, закладеної на стадії проектування, дозволяє реалізовувати переваги BIM значною мірою. Більшість відчутних змін, пов'язаних з колізіями, вносяться до проекту на стадії проектування, невчасне виправлення подібних недоліків надалі може призвести до суттєвих фінансових збитків. Незважаючи на це застосування інформаційного моделювання навіть на стадії будівництва здатне зробити процес реалізації проекту економічно вигідним.

Схема, відображена на рисунку 2.5, наочно показує, що мінімізація необґрунтованих фінансових витрат є одним із найважливіших завдань інформаційного моделювання, вирішення якої охоплює всі стадії будівельного виробництва.

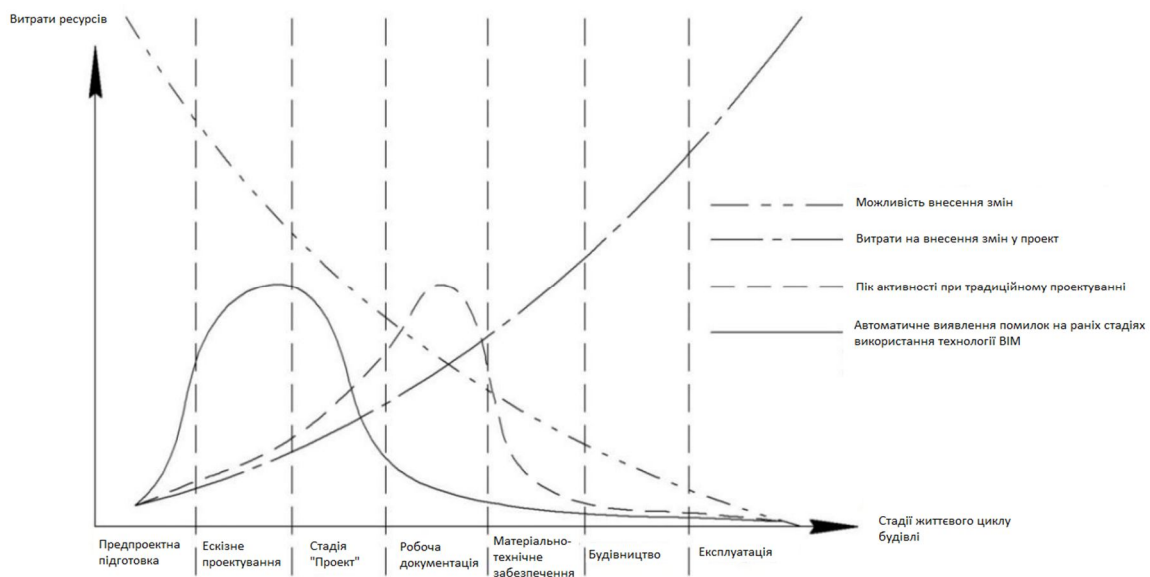


Рисунок 2.5 – Розподіл ресурсів на основних стадіях життєвого циклу будівлі

2.3 Створення інформаційної моделі для подальшої адаптації до потреб експлуатації

Як об'єкт приймається багатоквартирний восьмиповерховий житловий будинок. Інформаційна модель створюється за наявною проектною документацією, виконаною у стандартних засобах автоматизованого проектування. Розробка моделі ведеться у кількох суміжних розділах різними проектувальниками, BIM- модель зачіпає такі розділи проектної документації: АР (Архітектурні рішення), КР (Конструктивні рішення), у частині підрозділів «Система електропостачання», «Система водопостачання та водовідведення», «Опалення, вентиляція та кондиціонування повітря, теплові мережі».

Після детального вивчення наявних вихідних даних, а саме початкової проектної документації та визначення обсягів виконуваних робіт розробляється технічне завдання, одним із найважливіших пунктів є вказівку рівня деталізації тієї чи іншої розділу проекту.

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	
--	---	--

У якості основного LODe даної роботи було обрано LOD300 для кожного з розділів проекту, як найбільш прийнятний для майбутньої адаптації до потреб експлуатації.

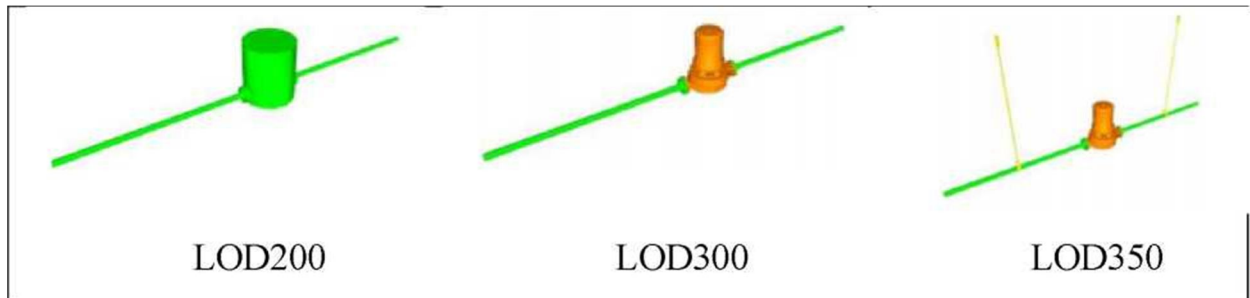


Рисунок 2.5 – Рівні опрацювання елементів моделі на прикладі обладнання системи ВК

Інформаційна модель відтворюється у кількох пов'язаних файлах, основою яких служить архітектурна модель, спостерігати яку можна рисунком 2.6.

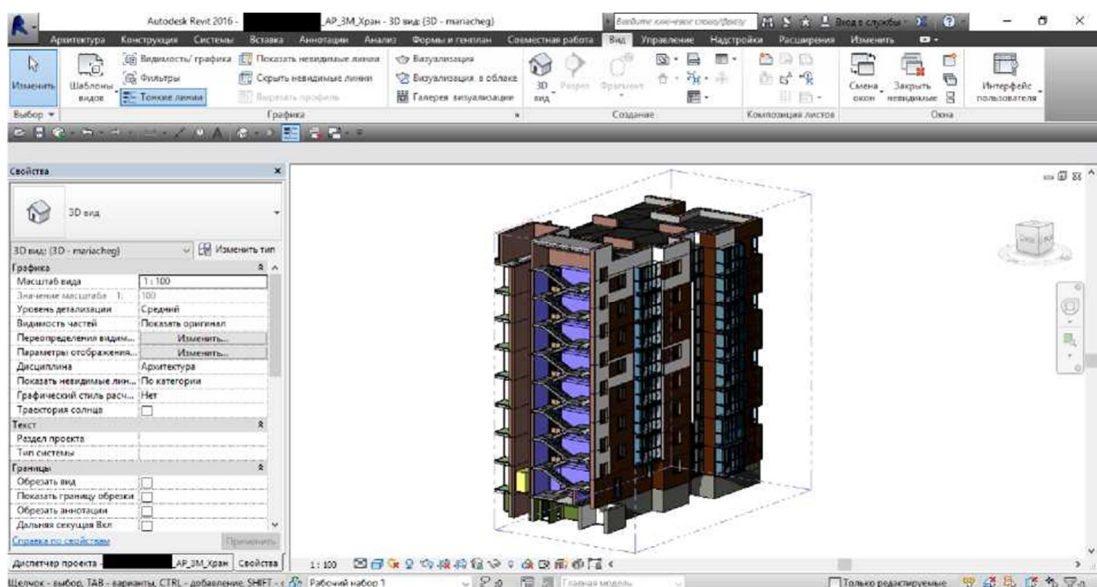


Рисунок 2.6 - Розроблювана архітектурна модель

Основний процес організації роботи схожий у кожному з розділів: моделі вишиковуються на основі заздалегідь розроблених елементів, що несуть у собі інформаційне навантаження. Приклад елемента, що розробляється, а саме «родини».

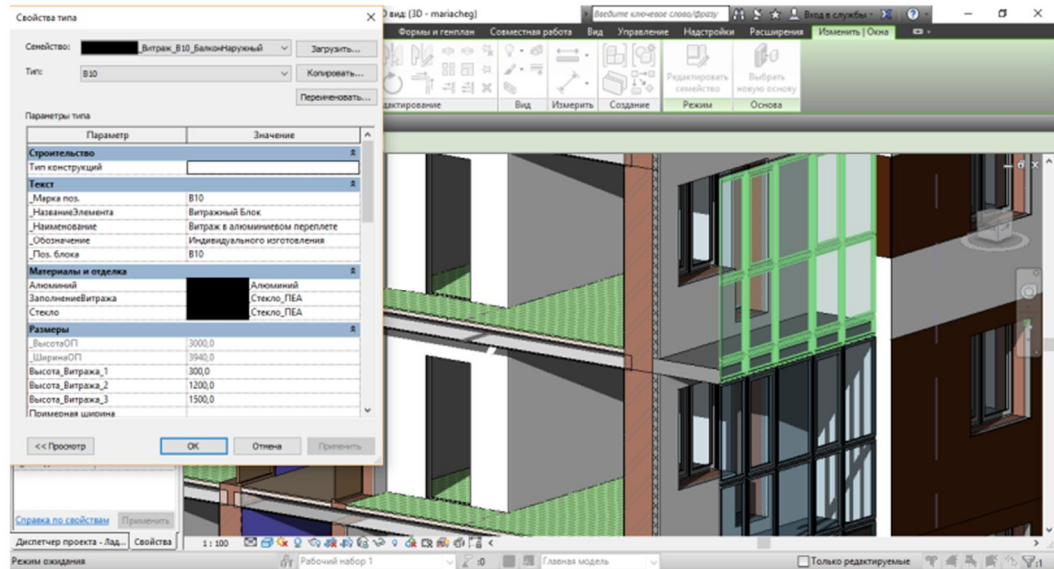


Рисунок 2.7 - Приклад сімейства розділу AP, що розробляється.

Є можливість одночасної роботи у файлі кількох інженерів-проектувальників, подібний функціонал реалізується на рівні «робочих наборів» відповідно до рисунка 2.8, «робочий набір» є певним доступом до тих чи інших компонентів моделі виключно для користувача, що вказується.

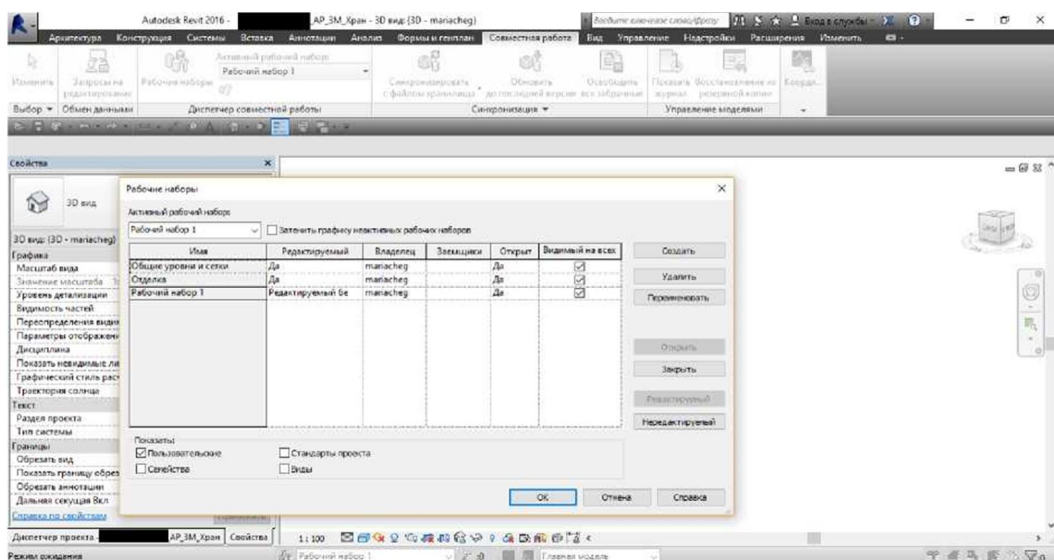


Рисунок 2.8 - Приклад організації робочих наборів моделі

Після завершення діяльності інженера-проектувальника розділу АР роботи можуть приступати «інженери-суміжники», чий робочий процес представлений на рисунку 2.9. Вони, використовуючи незмінну підоснову, наповнюють її обладнанням та інженерними системами, а також відстежують будь-які зміни у вихідному проекті, зіставляють моделі інших виконавців виконують перевірки на колізії. Ієрархія пов'язаних файлів спостерігається відповідно до рисунку 2.10.

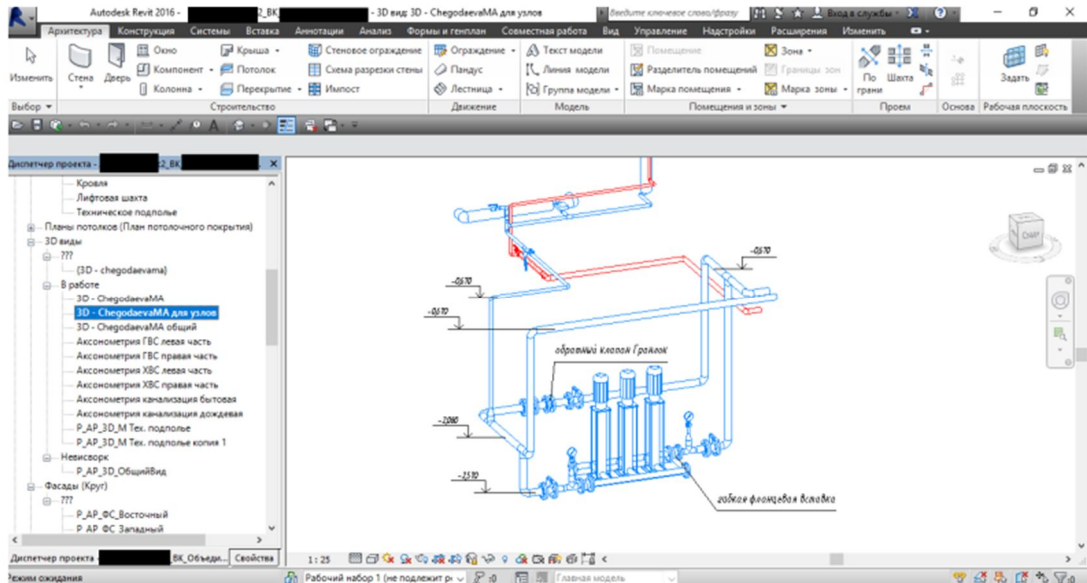


Рисунок 2.9 - Пов'язана з підосноюю модель інженера- проектувальника розділу ВК

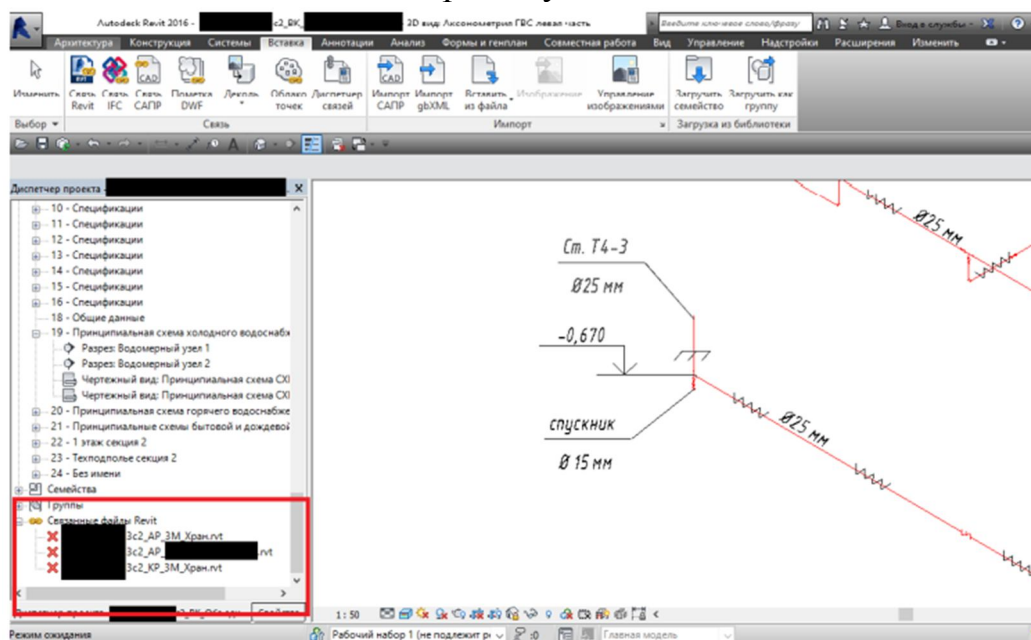


Рисунок 2.10 - Організація роботи зі зв'язаними файлами на прикладі моделі розділу ВК

Завершені моделі з налаштованими відображеннями, видами, один з яких представлений на рисунку 2.11, з правильно введеними специфікаціями збираються воєдино, являючи собою комплексну інформаційну модель.

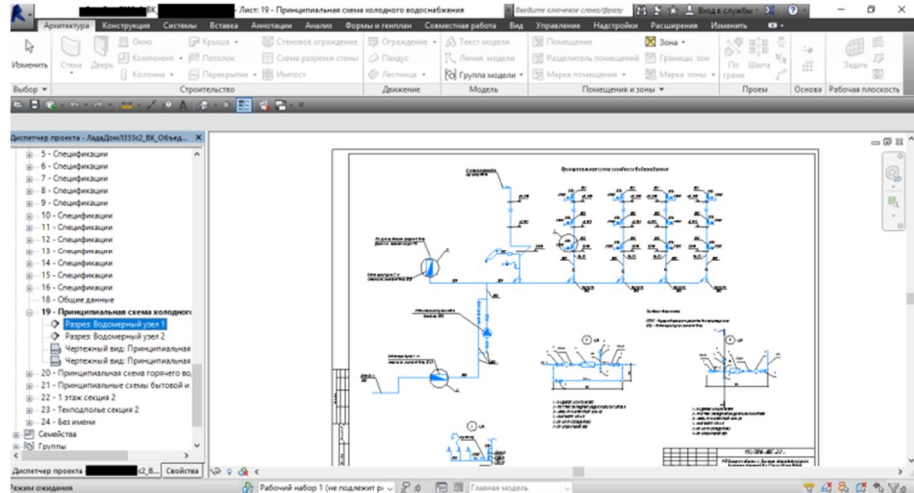


Рисунок 2.11 - Принципова схема холодного водопостачання, виконана відповідно до вимог ДСТУ та введена на основі моделі

Далі модель повторно перевіряється на колізії та наявність інших проектних помилок, після чого перекладається у формат, призначений виключно для читання геометрії об'єкта та інформації, закладеної в ній без можливості докорінної зміни самих елементів будівлі, та передається замовнику на носії у кількох примірниках.

Остаточний варіант виконаної роботи включає:

- інформаційну модель розділу ВК (водопостачання та каналізація) відповідно до рисунку 2.12;

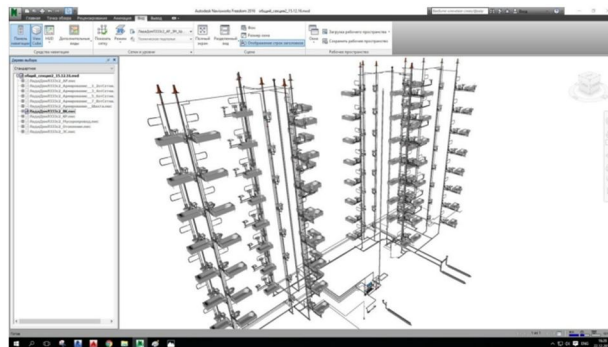


Рисунок 2.12 – Інформаційна модель системи ВК

- інформаційну модель розділу ОВ (опалення та вентиляція) відповідно до рисунка 2.13;

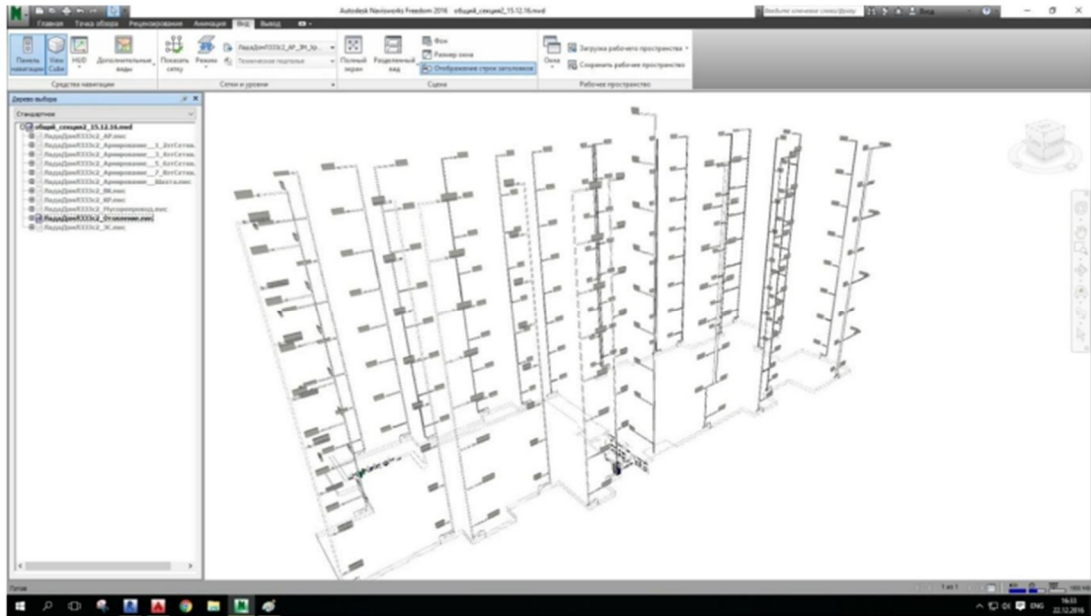


Рисунок 2.13 – Інформаційна модель системи ОВ

- інформаційну модель розділу ЕМ (електричні мережі) відповідно до рисунку 2.14;

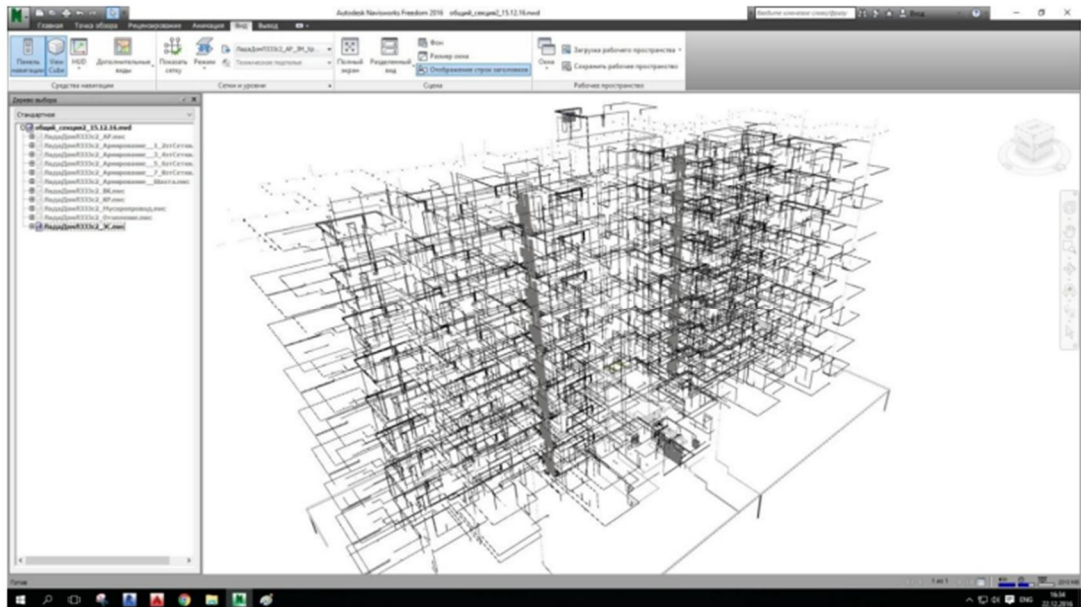


Рисунок 2.14 – Інформаційна модель системи ЕМ

- інформаційну модель розділу КР (конструктивні рішення), яку для полегшення розміру файлу було вирішено розділити на дві складові: модель армування відповідно до рисунка 2.15 та модель основних конструкцій

будівлі відповідно до рисунка 2.16;

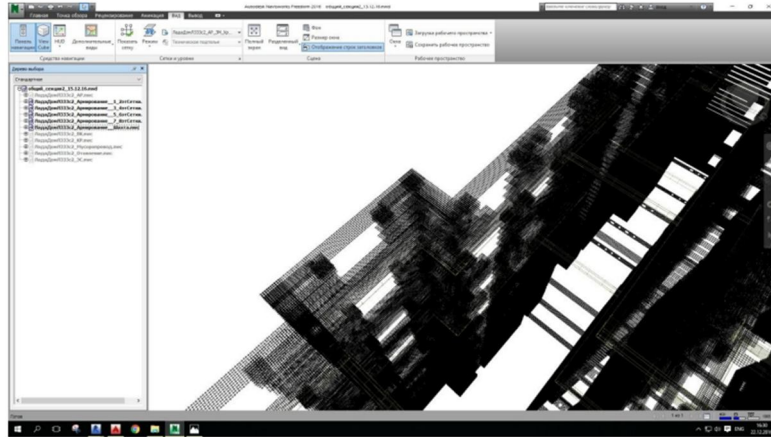


Рисунок 2.15 - Інформаційна модель розділу КР (армування)

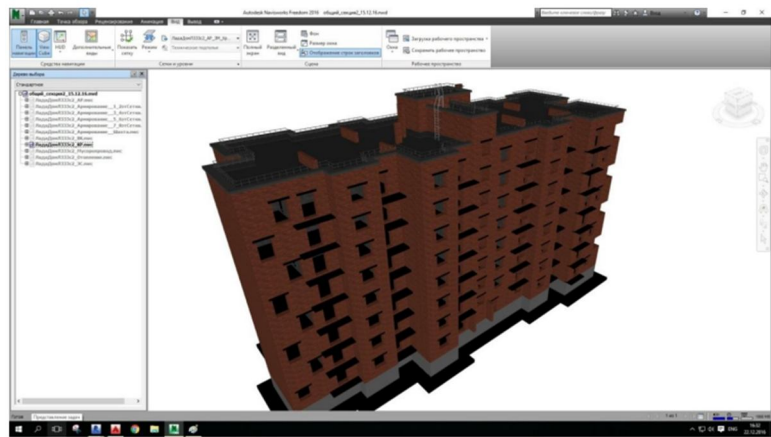


Рисунок 2.16 – Інформаційна модель розділу КР (основні конструкції)

- єдину модель-сховище, що є симбіозом усіх розроблюваних у сфері
ВІМ розділів проекту відповідно до рисунку 2.17.

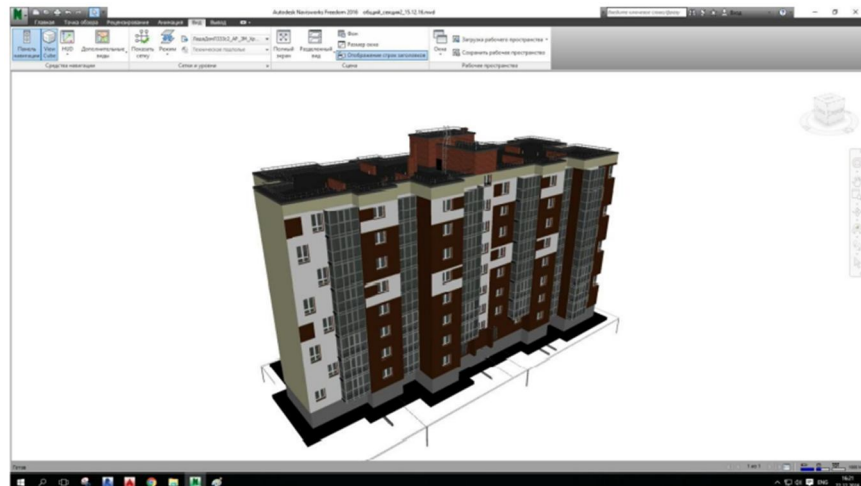


Рисунок 2.17 - Єдина модель.

3. ВИКОРИСТАННЯ ІНФОРМАЦІЙНОЇ МОДЕЛІ ПРИ ОПТИМІЗАЦІЇ ЯКОСТІ ЕКСПЛУАТАЦІЇ БУДІВЕЛЬ

3.1 Використання інформаційної моделі при експлуатації будівлі

Схема, представлена на рисунку 3.1, наочно показує, що інформаційна складова моделі грає першорядну роль, водночас її впливом геть різних етапах життєвого циклу по-різному. На етапі проектування вплив геометричного уявлення об'єкта превалює над інформативністю, найбільш явно ця відмінність проявляється під час будівництва об'єкта. На завершальній стадії, а саме при експлуатації будівлі, ідеологія BIM виявляється вищою мірою, тому що саме в цьому випадку вперше за весь життєвий цикл будівлі [23] інформація виходить на перший план, а геометричні форми та уявлення втрачають свої провідні позиції.

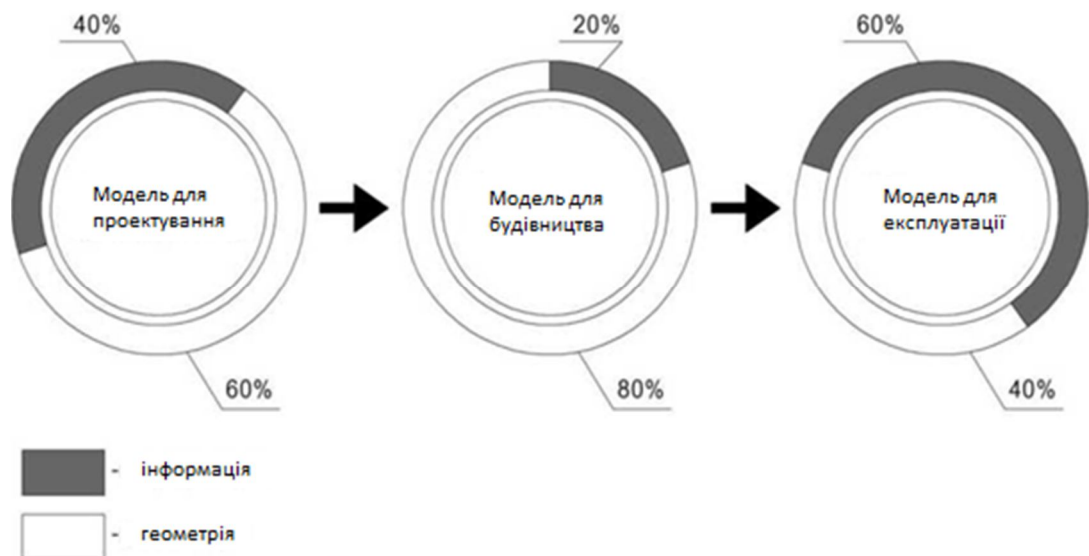


Рисунок 3.1 - Співвідношення значень геометрії та інформації моделі на різних етапах життєвого циклу

Етап експлуатації з погляду освоєння BIM -індустрії є найменш скоординованим з усіх вищевикладених етапів, оскільки коли вимовляють слово «BIM», першою думкою є, звичайно ж, проектування, рідше згадується

стадія будівництва об'єкта і майже ніколи експлуатація. Однак саме цей етап займає найбільш протяжний часовий відрізок, тривалість безпосередньо впливає на фінансові витрати, отже, сумарні витрати на експлуатацію часто-густо в кілька разів перевершують попередні витрати [25]. Отже, цілком очевидним є наступний висновок: сучасні технології проектування та будівництва мають бути спрямовані на оптимізацію процесу експлуатації будівель та споруд.

Можливості інформаційної моделі на стадії експлуатації полягають у наступних функціях:

- Управління експлуатаційною документацією;
- Контроль витрачання ресурсів;
- налагоджена експлуатація інженерної та інформаційної інфраструктури;
- інтеграція з BMS -системою об'єкта, приклад якої можна спостерігати на рисунку 3.2;
- Облік обладнання та гарантійних зобов'язань;
- Оцінка ефективності управління, інвентаризація та технічний аудит обладнання.



Рисунок 3.2 - Схема роботи BMS (Building Management System)

Під час життєвого циклу об'єкта BIM -модель забезпечує: -розумне

планування витрат на поточний та капітальний ремонт будівлі, обґрунтування фінансових витрат;

-Прогнозування річного бюджету на експлуатацію об'єкта;

-Створення концепції розвитку об'єкта, плану управління експлуатацією;

-супровід договорів на комунальні послуги [26].

Перелічені функціональні особливості інформаційного моделювання на стадії експлуатації дозволяють запровадити поняття так званого "електронного паспорта будівлі" [26] на основі BIM -моделі. Існує кілька шляхів його створення:

1) актуалізація вже існуючої моделі, отриманої від проектної чи підрядної організації;

2) створення виконавчої моделі, саме інформаційної моделі, призначеної виключно стадії експлуатації.

У сучасних реаліях кращим, безсумнівно, є перший варіант, оскільки саме до єдності інформаційної моделі всіх етапах життєвого циклу конкретного будинку прагнуть всі учасники будівельного ринку. Другий метод використовується для вже збудованих будівель та споруд, найчастіше для пам'яток архітектури. Одним із яскравих прикладів є будівля Сіднейського оперного театру, в якому застосування BIM - технологій зводилося до вирішення завдань реконструкції, управління та обслуговування будівлі. Перелічені завдання вирішувалися шляхом створення комплексної моделі, що складається у свою чергу з основної частини та логічно визначених підмоделей, що містять інформацію, що сприяє вирішенню будівельно-технічних, управлінських, логістичних та фінансових завдань [27]. Відмінною особливістю інформаційної моделі Сіднейського оперного театру є той факт, що її складові, а саме підмоделі, виконувались у різних BIM - програмах, при цьому кожен учасник процесу мав повноцінний доступ до моделі завдяки універсальному формату передачі даних інформаційної моделі – IFC. Процес передачі відображено з прикладу

моделі Сіднейського оперного театру рисунку 3.3.

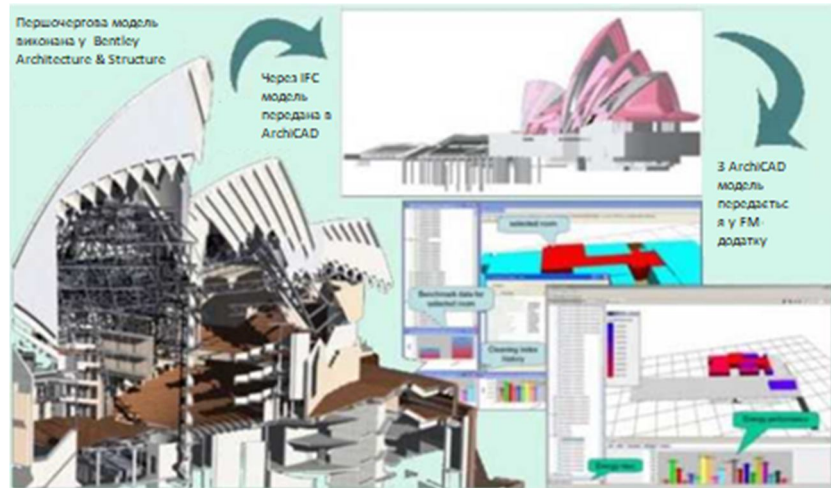


Рисунок 3.3 - Схема передачі даних інформаційної моделі будівлі Сіднейського оперного театру

Поступово впроваджуючи технології інформаційного моделювання у стадії життєвого циклу об'єкта, можна розраховувати на перспективне використання основних концепцій також і на найбільш тривалій стадії експлуатації, тим самим резонним є твердження, що концепція BIM дозволяє закласти очікувані результати та показники експлуатаційних процесів на стадії проектування, подібні відмінності відображені на рисунку 3.4.

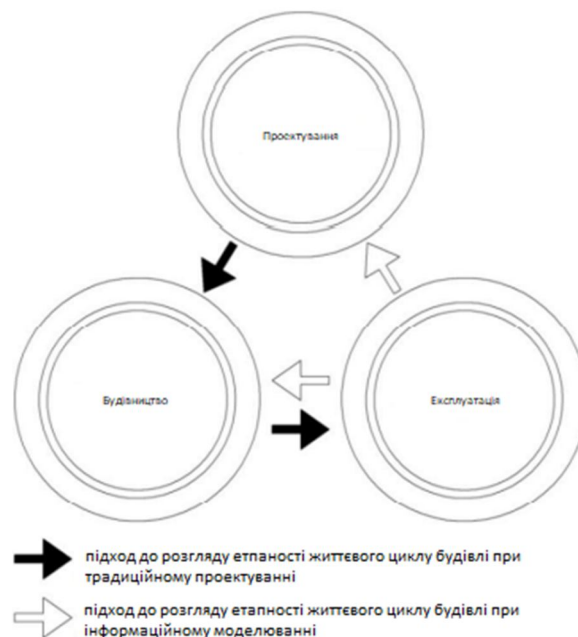


Рисунок 3.4 - Відмінність підходів розгляду етапності життєвого циклу будівлі.

Підбиваючи підсумки розгляду можливостей технології інформаційного моделювання для початку стадії експлуатації, можна виділити кілька основних переваг, які впливають безпосередньо на роботу організацій, що експлуатують:

- 1) Наявність цифрового архіву про всі прийняті рішення під час виконання будівельно-монтажних робіт;
- 2) On-line доступ до виконавчої документації у будь-який час;
- 3) Організація швидкого пошуку даних по об'єкту, точні відомості про кількість матеріалів та обладнання;
- 4) Поновлювана інформація протягом усього життя об'єкта;
- 5) Інформація зберігається в експлуатуючих організаціях, а чи не в сторонніх компаніях.

3.2 Створення автоматизованої системи експлуатації житлового багатоквартирного будинку

Створення автоматизованої системи експлуатації передбачається розглядати двома способами:

- 1) первинна система експлуатації - найпростіший варіант, який передбачає використання спеціалізованих програмних комплексів, розроблених суто під потреби експлуатації. Удосконалення системи експлуатації об'єкта досягається спільним застосуванням програмних комплексів Revit (для створення інформаційної моделі та оснащення її потрібною інформацією), Navisworks Freedom (безкоштовне програмне забезпечення, спрямоване виключно на перегляд BIM -моделі та інформативної складової її окремих компонентів);
- 2) автоматизована система експлуатації - варіант, який передбачає використання спеціалізованих програмних комплексів, зокрема BIM 360 Ops [29].

На стадії виконання проектної інформаційної моделі як загальні параметри були використані параметри, необхідні передусім для відображення специфікації. Однак для стадії експлуатації об'єкта необхідно доповнити базу даних параметрами, які можна буде прогнозувати.

На прикладі однієї із зв'язаних моделей, а саме моделі системи водопостачання та каналізації, надаються одні з нових параметрів, які можуть бути доповнені при планових оглядах інженерних систем тощо.

У таблиці 3.1 представлені загальні параметри проектної та експлуатаційної моделей.

Таблиця 3.2 - Загальні параметри елементів інформаційної моделі для різних стадій життєвого циклу об'єкта

Проектна інформаційна модель	Експлуатаційна інформаційна модель
-позиція; -найменування та технічні Характеристики; -Тип, марка, позначення документа; -Код обладнання, виробу, матеріалу; -завод-виробник; -одиниця виміру; -Маса одиниці; -Примітка	-позиція; -найменування та технічні Характеристики; -Тип, марка, позначення документа; -Код обладнання, виробу, матеріалу; -завод-виробник; -одиниця виміру; -Маса одиниці; -Примітка: -Дата огляду; -ПІБ відповідальної особи; -первинні зауваження; -Виявлені несправності; -висновок про поточний технічний стан елемента; -Перелік передбачуваних робіт

Зміни у файлах загальних параметрів автоматично проектуються на комплексну модель, отже вони можуть доповнюватися інформацією протягом усього життєвого циклу. На рисунках 3.5 – 3.8 показано послідовність наповнення елемента інформацією з прикладу встановлення

підвищення тиску системи ВК.

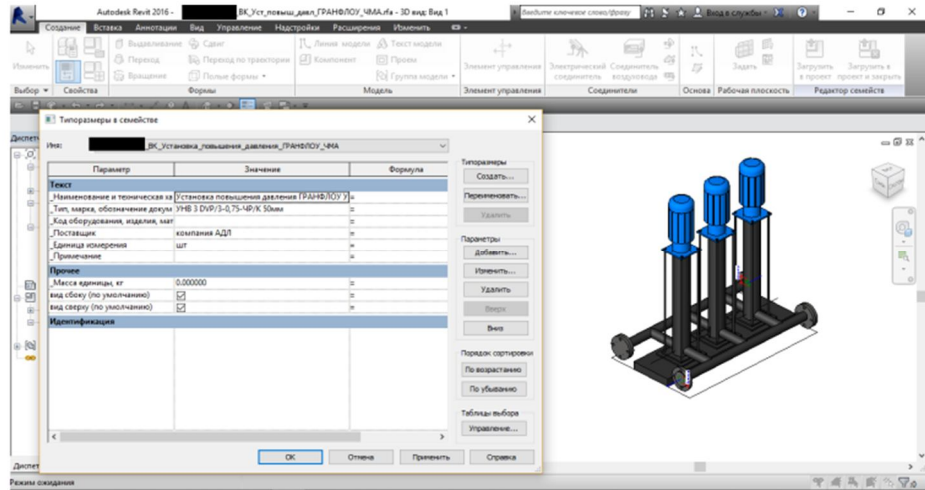


Рисунок 3.5 - Семейство встановлення підвищення тиску в початковому редакторі елементів, до внесення нових загальних параметрів

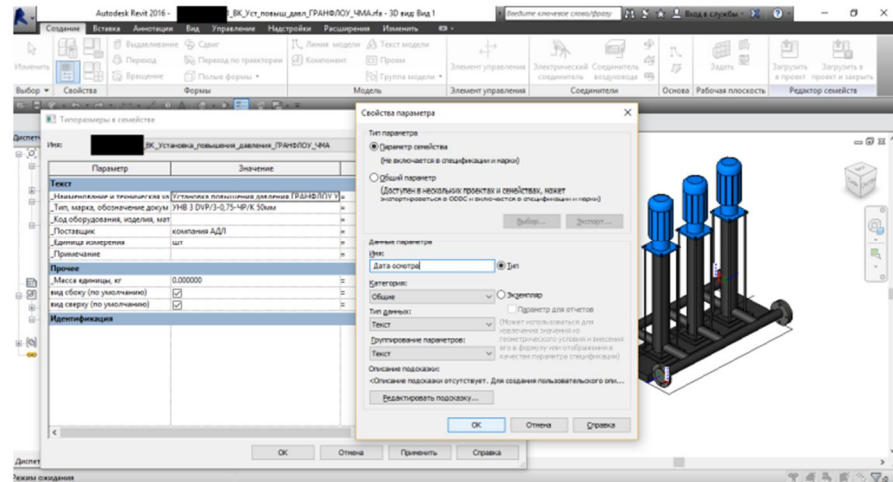


Рисунок 3.6 – Процес створення додаткових загальних параметрів

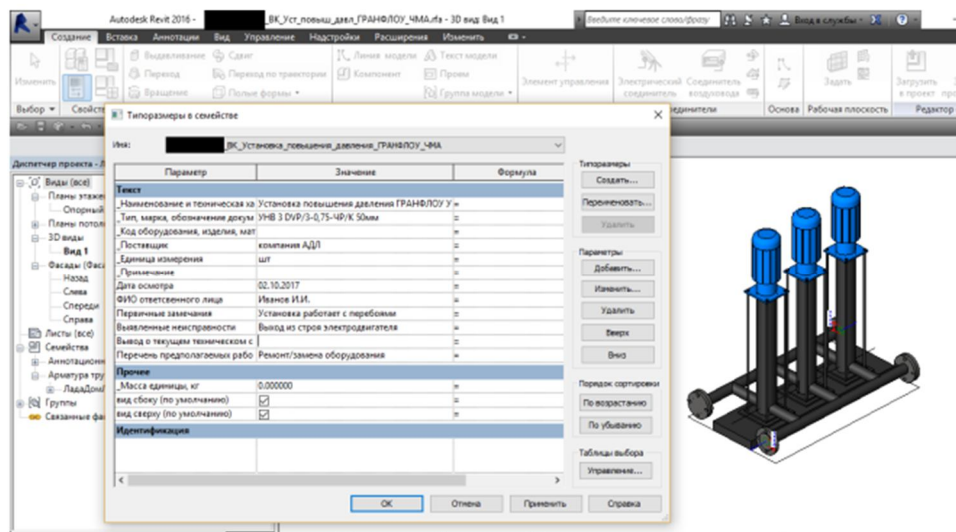


Рисунок 3.7 - Додаткові «експлуатаційні» загальні параметри

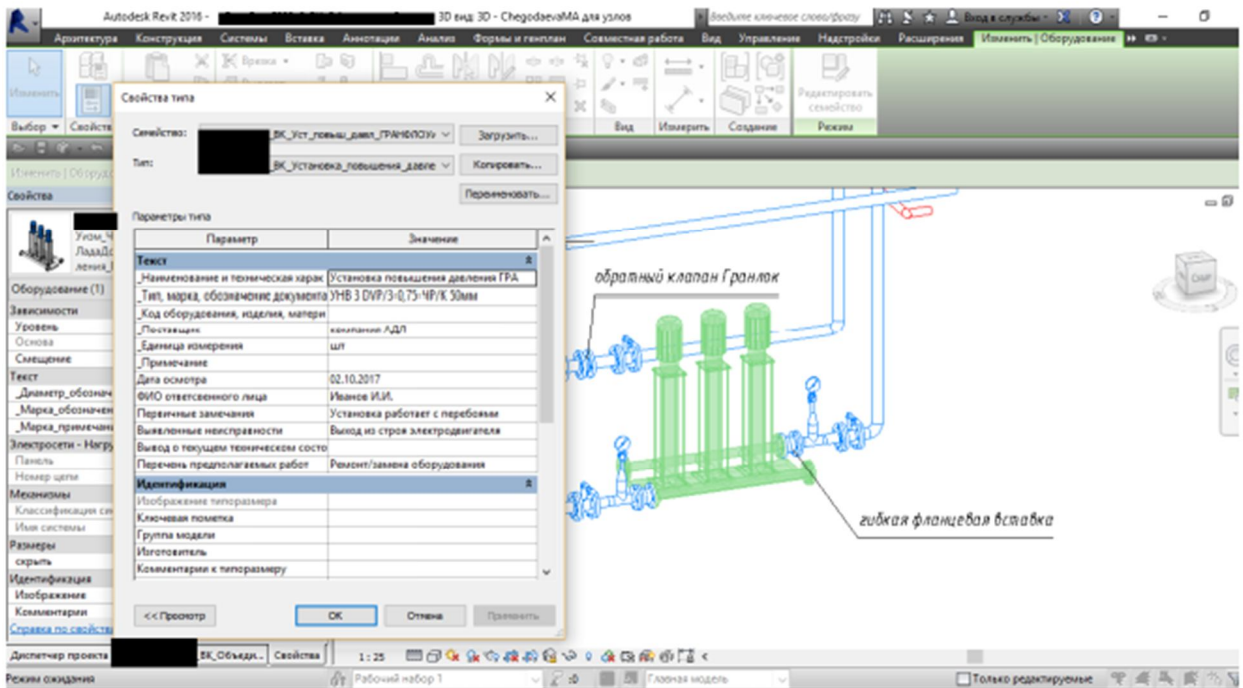


Рисунок 3.8 - Відображення доповненої інформації безпосередньо у засобі перегляду комплексної моделі

Інформаційна модель, розроблена у програмному комплексі Autodesk Revit зберігається в розширенні, що дозволяє імпортувати її в Navisworks Freedom. Цей програмний комплекс доступний у мобільній версії, тим самим забезпечується всебічний доступ до моделі. На рисунку 3.9 представлений елемент системи водопостачання та каналізації, у властивостях об'єкта можна спостерігати додані загальні параметри експлуатаційної інформаційної моделі

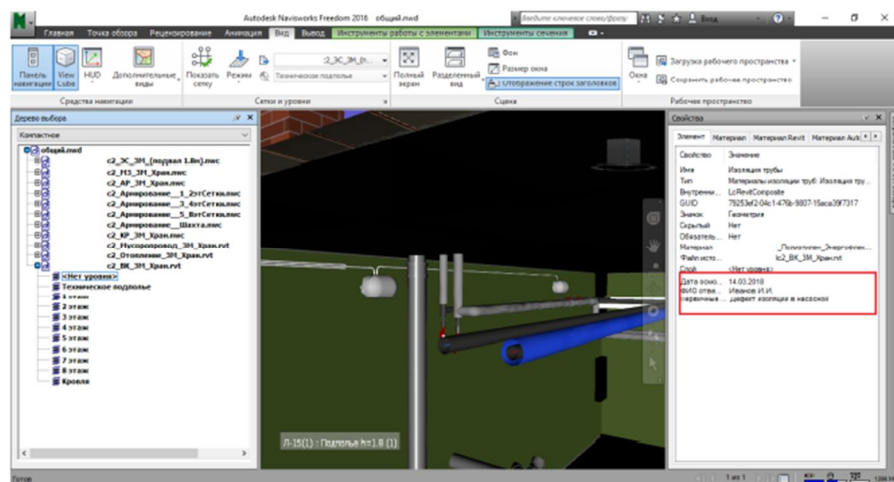


Рисунок 3.9 - Первинна експлуатаційна модель у Navisworks Freedom

Аналізуючи функціональність подібних напрацювань, можна зробити висновки про їх переваги:

- 1) програма для перегляду моделі є абсолютно безкоштовною та також існує у вигляді версії мобільного додатка;
- 2) реалізується доступ до будь-якого компонента, закладеного у проектній моделі;
- 3) можливість постійного відстеження інформації, що оновлюється.

Однак недоліки також є, до них можна віднести досить обмежений функціонал, так як є можливість відстежувати лише ту інформацію, яка закладена в самій проектній моделі, оновлювати інформацію необхідно безпосередньо в Revit, що вимагає певних навичок роботи з програмою працівників експлуатаційних організацій [30] .

3.3 Автоматизована система експлуатації

Для докладнішого вивчення можливості автоматизації процесу технічної експлуатації будівлі необхідно:

- 1) визначити основний перелік робіт та функцій, що виконуються в ході експлуатації житлового фонду;
- 2) виявити ієрархію традиційного підходу до експлуатації об'єкта на прикладі одного з видів виконуваних робіт;
- 3) представити алгоритм експлуатації об'єкта з урахуванням досліджуваного методу автоматизації з допомогою BIM -моделі будівлі, наприклад передбачається використання тієї ж виду робіт;
- 4) порівняння одержаних схем.

Найбільш поширеними питаннями технічної експлуатації житлового фонду є питання його утримання та ремонту. На рисунку 3.10 у графічній формі представлені основні процеси, що характеризують той чи інший вид робіт.

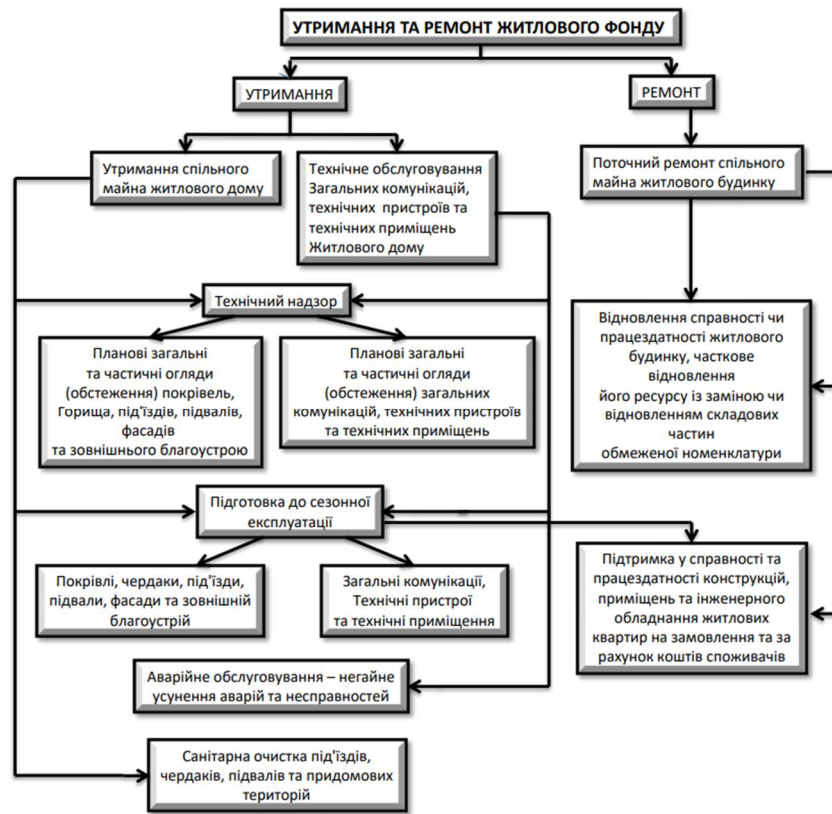


Рисунок 3.10 – Технічна експлуатація житлового фонду

Для подальшого порівняння традиційного та інформаційного підходів до організації процесу технічної експлуатації житлового фонду приймемо єдину ситуацію: появу несправності та заходи, спрямовані на її екстрене усунення. Традиційний підхід до вирішення цього питання представлений рисунку 3.11.

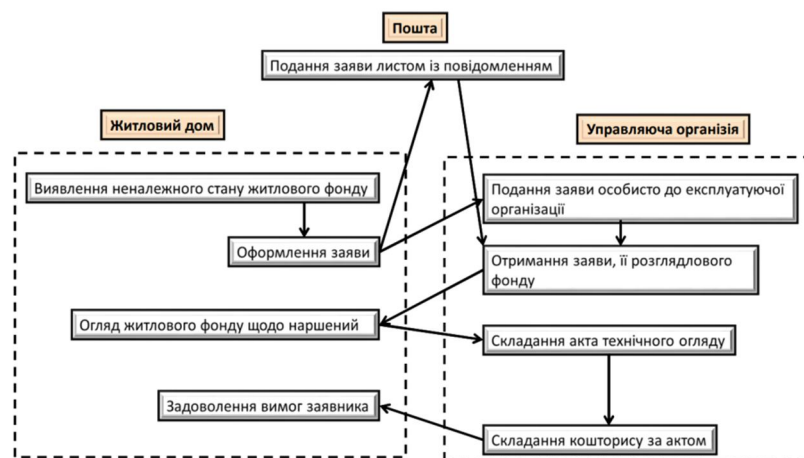


Рисунок 3.11 - Організація усунення несправності при традиційний підхід до експлуатації об'єкта

Як показує схема, після виявлення мешканцями несправностей у терміновому порядку оформляється заява на ім'я обслуговуючої організації з описом проблеми, а також вимогою її вирішення, далі заява може доставлятися безпосередньо в організацію особисто до рук або надсилатися рекомендованим листом з повідомленням. В обох випадках протягом доби після отримання заяви, її необхідно розглянути та направити майстра для огляду та складання акта. Далі, після необхідного, а часом і досить тривалого збору вихідних даних, інформації про обладнання тощо, складається кошторис на виконання робіт згідно з актом технічного огляду та вимоги заявника найчастіше задовольняються.

Очевидним недоліком даної схеми є значна кількість стрілок, оскільки воно безпосередньо сприяє збільшенню часових витрат.

Схема інформаційного підходу до питань технічної експлуатації з прикладу тієї самої ситуації виглядає трохи інакше, вона представлена на рисунку 3.12.



Рисунок 3.12 - Організація усунення несправності із застосуванням систем автоматизації

Наскільки можна спостерігати, чільну роль у цій схемі, саме центральне, займає позиція «Інформаційна модель + система автоматизованого управління житловим фондом», всі операції також відбуваються, не торкаючись цей блок.

При несправності устаткування жилаць повідомляє за допомогою мобільного додатка, вказуючи номер свого будинку, а також детально описуючи ситуацію, тобто. заповнює форму- заявку не виходячи з власного будинку, до заявки також можуть прикріплюватися різні файли, що дають докладніше уявлення про природу несправності. Далі запит обробляється та відправляється на єдиний хмарний сервер, де направляється безпосередньо в експлуатуючу організацію, де система аналізує наявні відомості та надсилає запити на смартфон співробітників, які на даний момент можуть зайнятися вирішенням проблеми. На місці майстер, відсканувавши штрих-код або QR - код обладнання, може отримати доступ до інформаційної моделі, переглянути всі відповідні позначки про попередні стани елемента системи, отримати доступ до технічних паспортів та іншої документації, що, безперечно, дозволяє адекватно міркувати про причини несправностей та можливостях їх усунення [29].

Далі безпосередньо в офісі керуючої організації складаються акти, кошториси та інша необхідна документація. Особливістю застосування інформаційної моделі на цій стадії є можливість виводити основний обсяг інформації безпосередньо з моделі, не звертаючись до величезної кількості проектної документації, після чого співробітники керуючої організації можуть розпочинати задоволення запиту заявника.

Якщо порівнювати останню схему з «традиційною», можна спостерігати, що кількість та величина стрілок значно зменшилися, перетинання звелися до мінімуму, виключені зайві ланки алгоритму, а практично вся діяльність організується через загальний блок, що дозволяє судити про економію тимчасових та трудових витрат працівників, своєчасне відновлення налагоджено працюючих процесів житлового будинку, і навіть

зведення до мінімуму можливості втрати будь-якої інформації, оскільки, як було зазначено раніше, всю інформацію проходить через єдине ланка «інформаційна модель».

Далі як приклад представлені функціональні особливості автоматизованої системи експлуатації, розробленої з безпосереднім застосуванням BIM 360 Ops.

Розроблена в Revit модель з усіма структурними компонентами завантажувється програмний комплекс, який є багатопольним, тобто. він зберігає свою функціональність незалежно від використовуваної версії. Початковий процес активації комплексу як у комп'ютерній, так і в мобільній версії представлений на рисунках 3.13 та 3.14.

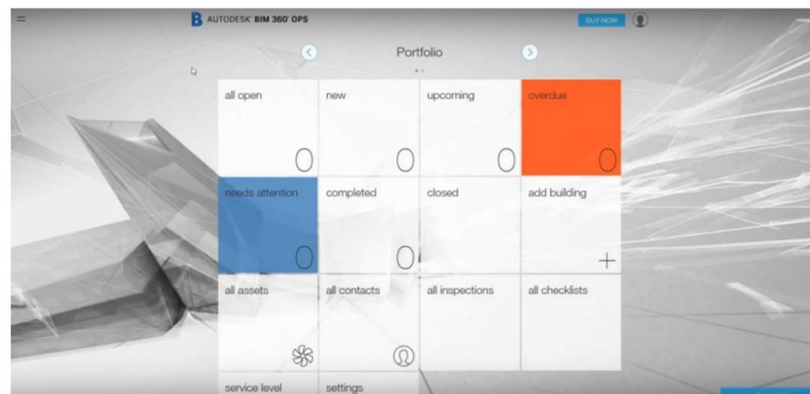


Рисунок 3.13 - Початковий вигляд інтерфейсу BIM 360 Opse комп'ютерної версії програми



Рисунок 3.14 - Мобільна версія програми BIM 360 Ops

Далі користувачами житлового фонду, які мають у своєму розпорядженні той же програмний комплекс, оформлюються завдання-заявки, які синхронізуються з головним комп'ютером експлуатуючої організації, вручну або автоматично, виходячи із зайнятості персоналу, завдання присвоюється певному виконавцю, тобто. заноситься в його особистий кабінет у статусі активного завдання, що можна спостерігати на рисунку 3.15. Завдання перебуває в прямій взаємодії з інформаційною моделлю об'єкта, тим самим виконавець завжди має першочерговий доступ до нормативної документації, технічних паспортів та інших відомостей, які були закладені при реалізації експлуатаційної моделі.

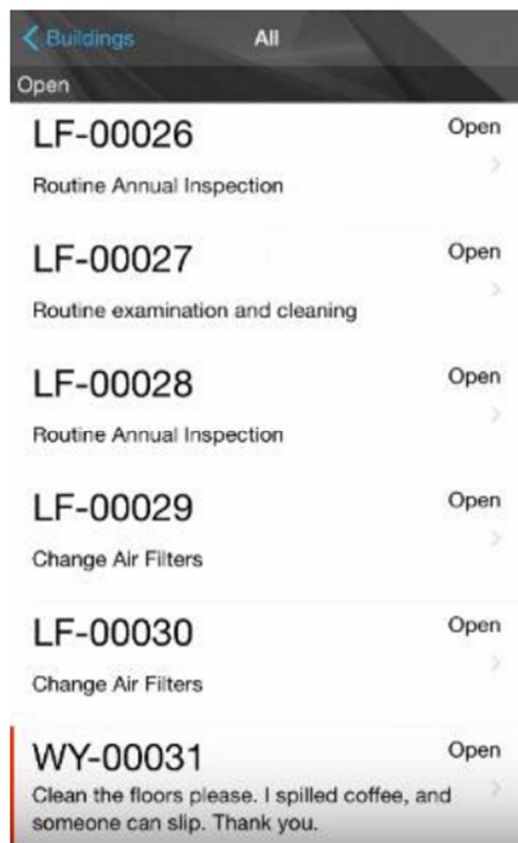


Рисунок 3.15 - Список активних завдань у мобільному додатку

Активні завдання в особистому кабінеті виконавця можуть сортуватися за величезною кількістю параметрів: локальне розташування об'єкта, що шукається, пріоритетність виконання завдання, виконавець завдання і т.д. Приклад сортування представлений на рисунку 3.16.

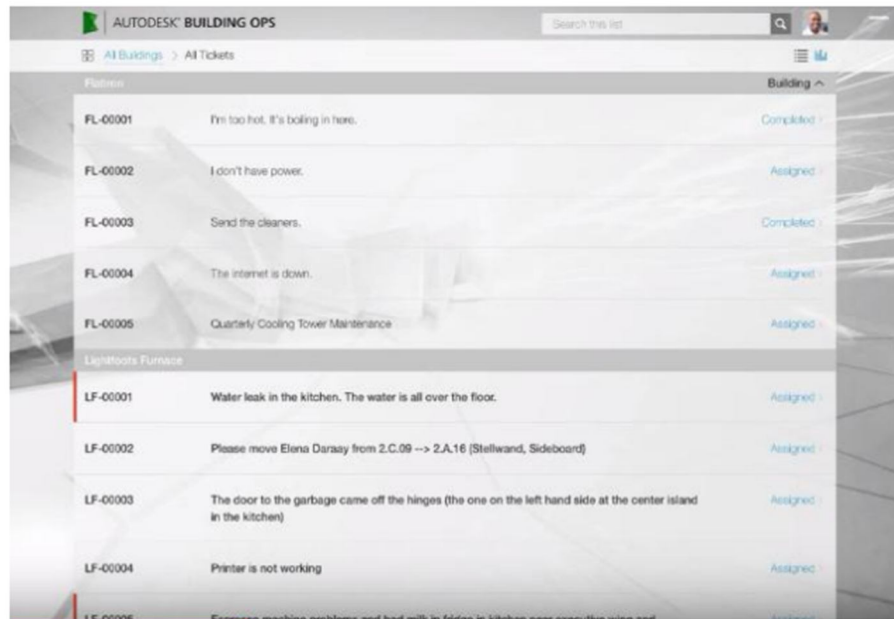


Рисунок 3.16 - Можливість сортування активних завдань за різними параметрами

Весь спектр завдань обробляється і може бути представлений у багатьох варіаціях діаграмного уявлення, які можна спостерігати на рисунках 3.17-3.19.



Рисунок 3.17 - Схематичне відображення статусу виконуваних завдань у варіаціях різного сортування



Рисунок 3.18 - Схематичне відображення статусу виконуваних завдань та їх виконавців



Рисунок 3.19 - Відомості про пріоритетність виконуваних завдань та їх виконавців

ВИСНОВКИ

У Розділі 1 насамперед наведено конкретні історичні відомості, що свідчать про поетапний розвиток BIM- технологій. Визначено початкові фактори, що сприяють зародженню галузі, що активно розвивається, виявлено передумови, які свідчили про необхідність тих чи інших змін. Наведено оцінку досвіду зарубіжних компаній, паралельно з нею проводиться аналіз факторів, що впливають на зародження технологій інформаційного моделювання у нашій країні. Подано хронологію подій, що відображає тривалий шлях BIM - технологій від перших моделей до сьогодення.

У ході виконання Розділу 2 магістерської дисертації було вивчено функціональність інформаційної моделі будівлі на етапі виконання проектних робіт. Також описані можливі заходи щодо подальших дій щодо проектно-інформаційної моделі, проте таким, що поширюється вже на стадію виконання будівельно-монтажних робіт.

Грунтуючись на раніше вивчених матеріалах, було відтворено багатофакторну інформаційну модель житлового багатоквартирного будинку, що складається з шести пов'язаних файлів, в ході виконання моделі було протестовано принцип «спільної роботи», про який йшлося в Розділі 1. Логічним завершенням роботи на даному етапі є готова інформаційна модель, пристосована для подальшої роботи з нею з метою адаптації до потреб експлуатації.

У ході виконання Розділу 3 магістерської дисертації було виявлено два основні напрямки подальших дій, спрямованих на досягнення поставленої мети науково-дослідної роботи. Кожен варіант було проаналізовано та прийнято до подальшої реалізації.

Для першого, найпростішого варіанта, модель була адаптована безпосередньо у вихідному програмному комплексі Revit, його

експлуатаційні можливості були виявлені в ході випробувань у програмному комплексі Navisworks.

Другий варіант мав на увазі використання спеціалізованої програми, спрямованої виключно на потреби експлуатації, що було зроблено. Можливості повністю автоматизованої системи було також виявлено.

Два методи пройшли ретельний порівняльний аналіз з метою виявлення переваг та недоліків.

У ході виконання роботи у цілому було виконані основні завдання, поставлені на початкових етапах роботи:

1) проаналізовано раніше вивчений дослідницький досвід сторонніх джерел з метою виявлення поточного стану справ у сфері інформаційного моделювання будівель так і за кордоном;

2) на основі наявної проектної документації у програмному комплексі Revit була створена багатофакторна інформаційна модель, що є майданчиком подальших дій для адаптації її до потреб експлуатації;

3) визначено основні шляхи досягнення поставленої мети, що мають різні економічні та якісні результати їх реалізації за допомогою програмних комплексів Navisworks Freedom та BIM 360 Ops;

4) розроблено дві автоматизовані системи експлуатації житлового багатоквартирного будинку: у спрощеному варіанті, а також у вигляді повноцінної версії.

За підсумками досягнення поставленої мети можна судити про доцільність застосування подібної методики в сучасних реаліях будівельного виробництва. Подібна система експлуатації (переважно другий варіант), безперечно, знайде гідне застосування в роботі експлуатуючих організацій щодо реалізації як постійного обслуговування житлового фонду або виправлення надзвичайних ситуацій, так і планування поточного ремонту, оскільки діаграмний підхід відображення інформації дозволяє виявляти першочергові завдання, а отже, завдання, які потребують фінансування насамперед.

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 Al-Khateeb, T. History of BIM [Electronic resource] / T. Al-Khateeb //Cycle of author's publications про building information modeling. - 2015. - URL: <https://thebimhub.com/2015/02/18/history-of-bim/#.WwMyskiFPIW> (дата звернення: 12.11.2022).
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.builden.v.2005.06.030> (дата звернення: 20.11.2022).
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.
12. Національний звіт з BIM-технологій у Великій Британії. URL: <https://www.thenbs.com/knowledge/national-bim-report-2017> (дата звернення: 29.11.2022).
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: 29.11.2022).
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: 29.11.2022).
20. Плохой И. Создание параметризованных семейств. Revit MEP. 2008. URL: http://revit-mep-plohouy.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. Eastman, C. BIM Handbook: На Guide до Building Information Modeling for Owners, Managers, Designers, Engineers and Contractors [Text] / C. Eastman, P. Teicholz, R. Sacks, K. Liston. - 2nd Edition. - Wiley & Sons, Inc., 2011. - 648 сторінок. - ISBN: 978-0-470-54137-1.

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: 20.11.2022).

26. Кушнір О. А. Застосування BIM-технологій для потреб моделювання циклу будівельного проекту та адміністрування його середовищем URL: <http://btttr.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: 20.11.2022).

28. O'Connell, K. Will Russia Become the North Star of BIM Technology? [Electronic resource] / K. O'Connell // Cycle of author's publications. - 2016. - URL: <https://www.autodesk.com/redshift/bim-technology/> (дата звернення: 20.11.2022).

29. Mobile facilities asset management software [Electronic resource]. - URL: <https://www.autodesk.com/products/bim-360-ops/overview> (accessed: 21.11.2022)