

Миськів П., Паневник Д.О. (керівник). Використання BIM технологій для оптимізації систем водопостачання та каналізації комплексу житлових будинків (2300 мешканців) на вул. А. Палая у м. Ужгород. Магістерська кваліфікаційна робота. – Національний університет «Львівська політехніка», Львів, 2024.

Розширена анотація

Згідно завдання проведено характеристику району будівництва, а саме: рельєф, кліматичну характеристику, геологію та гідрогеологію, поверхневі водойми.

Для розрахунку витрати води та безперебійної роботи системи водопостачання був проведений розрахунок водоспоживання згідно ДБН В.2.5-64:2012 "Внутрішній водопровід та каналізація". Згідно розрахунку добова витрата вийшла 65.17 м³/год, (3.07 л/с). Також відповідно до ДБН В.2.5-64:2012 "Внутрішній водопровід та каналізація" був проведений розрахунок побутової каналізації. Згідно розрахунку добова витрата вийшла 65.17 м³/год, (4.67 л/с).

Впровадження BIM-технологій (Building Information Modeling), зокрема Autodesk Revit, суттєво підвищує ефективність проектування та документування систем внутрішнього водопостачання і каналізації в багатоповерхових житлових будинках.

На початковому етапі виконується імпорт архітектурної моделі в Revit, встановлюються рівні поверхів і готуються шаблони для точного моделювання. Система водопостачання створюється шляхом підбору матеріалів труб, формування контурів холодної та гарячої води, моделювання підключень до сантехнічних приладів, стояків та вузлів вводу з урахуванням тиску, витрати та обмеженого простору.

Каналізація проектується за гравітаційним принципом: включає стояки, горизонтальні магістралі та вентиляцію, з дотриманням будівельних норм і вимог до ефективного просторового розміщення.

Для покращення візуалізації й документації створюються специфічні параметри (наприклад, «_Тип специфікації») та фільтри, що дозволяють чітко відображати необхідні елементи в 3D.

Завершальний етап включає генерацію креслень, аксонометрій і специфікацій безпосередньо з моделі. Це гарантує високу точність, легкість оновлення та міждисциплінарну координацію, що особливо важливо під час будівництва й експлуатації.

Ключовим елементом є перевірка систем на перетини та гідравлічний аналіз, які забезпечують функціональність і реалістичність мереж. Таким чином, BIM дозволяє розробляти надійні, узгоджені інженерні рішення з максимальним урахуванням просторових і технічних умов.

Об'єкт дослідження – системи водопостачання та каналізації комплексу житлових будинків у м. Ужгород на вул. А. Палая

Предмет дослідження – надійна та ефективна робота систем водопостачання та каналізації комплексу житлових будинків

Мета дослідження: розробити проект систем водопостачання та каналізації комплексу житлових будинків. Розробити зовнішній водопровід із встановленими пожежними гідрантами. Розробити зовнішню мережу каналізації. Підібрати обладнання для систем водопостачання та каналізації.

Результати дослідження:

Проект системи водопостачання житлового будинку.

Розроблений зовнішній водопровід із встановленими пожежними гідрантами.

Розроблена зовнішня мережа каналізації.

Підібрати обладнання для систем водопостачання та каналізації..

Проаналізована сучасна література, щодо інформаційного моделювання будівель.

Ключові слова: BIM, 3D-моделювання, система водопостачання, зовнішній водопровід, біологічна очистка.

Перелік використаних літературних джерел

1. Водний кодекс України // Постанова Верховної Ради України від 06.06.1995 р. №213/95-ВР.
2. ДБН В.2.2-9:2018 Будинки і споруди. Громадські будинки та споруди. Основні положення.
3. ДБН В.2.2-28:2010 Будинки і споруди. Будинки адміністративного та побутового призначення
4. ДБН В.2.5-64-2012. Внутрішній водопровід та каналізація.
5. ДБН В.2.5-74:2013. Водопостачання. Зовнішні мережі та споруди. Основні положення проектування.
6. ДСТУ EN 14154-1:2015 Лічильники води. Частина 1. Загальні технічні вимоги
7. ДСТУ-Н Б В.2.5-40:2009 Проектування та монтаж мереж водопостачання та каналізації з пластикових труб.
8. ДСТУ Б В.2.7-151:2008. Будівельні матеріали. Труби поліетиленові для подачі холодної води. Технічні умови (EN 12201-2:2003, MOD).
9. Фільо, Дж.Б.П.Д.; Ангелім, Б.М.; Гедес, Дж.П.; Де Кастро, М.А.Ф.; Нето, Дж.Д.П.Б. Віртуальне проектування та будівництво сантехнічних систем. Відкрити англ. 2016, 6, 730–736.
10. Паломера-Аріас, Р.; Лю, Р. Лабораторні вправи BIM для курсу системи MEP у програмі з будівельної науки та управління. Ж. Інф. технол. Констр. 2016, 21, 188–203.
11. Чжан, Дж.; Сіт, Б.К.; Лі, Т.Т. Інформаційне моделювання будівель для інтелектуальних середовищ забудови. Будівлі 2015, 5, 100–115.

12. Діао, П.Х.; Ши, Н.Дж. Система технічного обслуговування доповненої реальності на основі BIM (BARMS) як інтелектуальна платформа інструкцій для складних сантехнічних засобів об'єктів. Прикладні науки. 2019, 9, 1592.
13. Лойола М . Національний університет BIM 2019; Чилійський університет - План BIM: Сантьяго, Чилі, 2019.
14. Пефферс, К.; Туунанен, Т.; Генглер, К.Е.; Россі, М.; Хуей, В.; Віртанен, В.; Брегге, Дж. Процес дослідження в галузі проектування: модель для створення та представлення досліджень інформаційних систем. У роботах 1-ї Міжнародної конференції, DESRIST 2006
15. Праці, Клермонт, Каліфорнія, США, 24–25 лютого 2006 р.; Вища освіта Клермонта: Клермонт, Каліфорнія, США; с. 83–106.
16. Чилійський стандартний каталог систем питного водопостачання та каналізації SISS. Доступно онлайн: <https://www.siss.gob.cl/586/w3-article-4152.html> (дата звернення: 8 вересня 2022 р.).
17. Сє, Х.; Трамель, Дж. М.; Ши, В. Інформаційне моделювання та симуляція будівель для механічних, електричних та сантехнічних систем. У роботах Міжнародної конференції IEEE з інформатики та автоматизації 2011 року, Шанхай, Китай, 10–12 червня 2011 р.; Том 3, с. 77–80.
18. Сяо, Ю.К.; Лі, С.В.; Ху, З.З. Автоматичне створення логічного ланцюга MEP з побудовою інформаційних моделей з правилами ідентифікації. *апл. Sci.* 2019, 9, 2204.

Зміст

Вступ.....5

1. Технології інформаційного моделювання будівель (BIM).....7

1.1 Інтеграція технологій BIM у проектування систем водопостачання10

1.1.1 Загальні підходи до застосування BIM у водопровідній інфраструктурі.....10

1.1.2 Прогнозування та оптимізація ресурсів за допомогою BIM11

1.1.3 Тестування, масштабованість і перспективи впровадження11

1.1.4 Покращення комунікації між зацікавленими сторонами.....11

1.1.5. Яким чином BIM зменшує помилки та оптимізує розподіл ресурсів у проектах водопостачання?12

1.2. Підвищення ефективності каналізаційних систем засобами інформаційного моделювання (BIM)13

1.2.1. Сучасні підходи до цифровізації інфраструктури водовідведення.....13

1.2.2. Використання 3D-моделювання та CFD у проектуванні13

1.2.3. Переваги BIM у процесах комунікації та управління проектами14

1.2.4. Зниження витрат і підвищення ефективності експлуатації.....14

1.2.5. Як BIM сприяє стійкості проектів житлових будівель?.....15

1.2.6. Який вплив на навколишнє середовище оптимізація систем водопостачання та водовідведення за допомогою BIM?16

1.2.7. Яким чином BIM може зменшити вуглецевий слід будівельних проектів?.....16

					<i>НУ ЛП, 192-МКР-2025-331</i>			
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>				
<i>Виконав</i>		<i>Миськів П.С.</i>			<i>Використання BIM технологій для оптимізації систем водопостачання та каналізації комплексу житлових будинків (2300 мешканців) на вул. А. Палая у м. Ужгород (Use of BIM technologies to optimize the water supply and sewage systems of a residential complex (2300 inhabitants) on A. Palaya St. in Uzhhorod)</i>	<i>Літ.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Аркушів</i>
<i>Керівник</i>		<i>Паневник Д.О.</i>					1	
<i>Зав. каф.</i>		<i>Чернюк В.В.</i>				<i>НУ ЛП, ІБІС, зр. БДМ-21</i>		

1.3. Ефективність витрат і оптимізація ресурсів через ВІМ	17
1.3.1. Як ВІМ зменшує загальні витрати на проект у побудові систем?	17
1.3.2. Які стратегії використовує ВІМ для оптимізації розподілу ресурсів?	18
1.3.3. Як ВІМ покращує оцінку витрат і точність бюджету?.....	18
1.4. Аналіз даних і ВІМ.....	19
1.5. Вплив на навколишнє середовище та сталий розвиток.....	21
1.6. Економічні вигоди від впровадження ВІМ.....	22
1.7. Проблеми впровадження ВІМ.....	23
1.8. Приклади успішного впровадження ВІМ	25
1.9. Майбутні тенденції та інновації у ВІМ для житлових будинків	26
1.9.1. Майбутні досягнення у ВІМ які можуть ще більше підвищити ефективність системи.....	27
1.9.2. Інновації які очікуються від інтеграції ВІМ у системи будівництва	27
1.10. Політика та нормативно-правова база	29
1.11. Переваги та обмеження.....	31
1.12. Методологія дослідження.....	33
1.13. Робочий процес для проектування DDWSS	36
1.13.1. Вхідні дані для автоматизації.....	39
1.13.2. Обробка даних та управління параметрами	40
1.13.3. Вихідна документація	41
1.14. Тематичне дослідження	42
1.14.1. Розрахунок системи питного водопостачання	42
2. Вихідні дані для проектування	47
2.1 Загальна характеристика району	48
2.2 Рельєф міста	48
2.3 Кліматичні характеристики.....	49

						Арк.
					НУ ЛП, 192-МКР-2025-331	2
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		

2.4 Гідрографія.....	52
2.4.1 Річка Уж.....	53
2.4.2 Річка Латориця.....	54
2.4.3 Штучні водойми та стави	55
3. Розрахунок водоспоживання.....	57
3.1. Вихідні дані для розрахунку:	58
3.2. Розрахунок водоспоживання:.....	58
3.2.1. Мешканці будинку:	58
3.2.2. Працівники комерції:	60
3.3. Розрахунок побутової каналізації:.....	62
3.3.1. Мешканці будинку	62
3.3.2. Працівники комерції:	62
4. Проектування мереж водопостачання та водовідведення за допомогою Autodesk Revit.....	64
4.1. Моделювання внутрішніх систем ВК	65
4.1.1. Вихідні дані.....	65
4.1.2. Підготовка моделі до роботи.....	65
4.1.3. Моделювання систем водопостачання.....	66
4.1.4. Моделювання каналізаційних систем	67
4.1.5. Створення та заповнення параметру “_Тип специфікації”.....	69
4.1.6. Створення фільтрів.....	71
4.1.7. Створення 3D виглядів	72
4.1.8. Виведення та оформлення специфікації	73
4.2. Перевірка та аналіз системи	75
4.3. Формування креслень та проектної документації	76
5. Розуміння зовнішніх пожежних гідрантів: структура та принцип роботи	78
6. Перепадні колодязі на зовнішніх системах каналізації схеми, принцип роботи	87

						Арк.
					НУ ЛП, 192-МКР-2025-331	3
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		

6.1. Основне призначення перепадних колодязів у зовнішніх системах каналізації	88
6.2. Конструктивні особливості перепадних колодязів.....	89
6.3. Види перепадних колодязів за способом організації перепаду..	90
6.4. Схеми розміщення перепадних колодязів у зовнішній каналізації	91
6.5 Принцип роботи перепадного колодязя.....	92
6.5. Особливості проектування перепадних колодязів.....	93
6.6. Монтаж та експлуатація перепадних колодязів	94
6.7. Переваги та недоліки використання перепадних колодязів	95
7. Економіка	97
7.1. Порівняння варіантів проектних рішень.....	98
7.2. Визначення величини амортизаційних відрахувань.....	98
7.3. Визначення витрат на заробітну плату обслуговуючого персоналу.....	99
7.4. Визначення величини інших витрат.....	99
7.5. Визначаємо експлуатаційні витрати.....	99
7.6. Визначаємо приведені затрати:.....	99
Список використаної літератури	101
Додаток 1	108

					НУ ЛП, 192-МКР-2025-331	Арк.
						4
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Вступ

Забезпечення людей якісною питною водою та ефективним відведенням стічних вод є одним з основоположних чинників нормального функціонування будь-якого населеного пункту. Саме від правильності організації інженерних мереж водопостачання та каналізації залежить гігієнічний стан середовища, комфорт щоденного проживання мешканців, а також безпечне функціонування житлових будинків. Особливої уваги це набуває у випадку масштабної житлової забудови, де технічні рішення мають відповідати підвищеним вимогам до надійності, довговічності та енергоефективності.

Магістерську кваліфікаційну роботу «Використання ВІМ технологій для оптимізації систем водопостачання та каналізації комплексу житлових будинків (2300 мешканців) на вул. А. Палая у м. Ужгород» виконано на підставі завдання, виданого кафедрою гідротехніки та водної інженерії, з врахуванням чинних нормативних документів, а також сучасних типових проектних рішень.

Метою магістерської кваліфікаційної роботи є розробка ефективного інженерного рішення з урахуванням сучасних вимог до енергоефективності, економічності та екологічної безпеки, а також впровадження ВІМ як інструменту, що дозволяє оптимізувати як сам проектний процес, так і подальші будівельно-монтажні роботи.

Зростання щільності населення в містах, збільшення обсягів споживання води та необхідність модернізації застарілих інженерних систем створюють потребу в нових підходах до проектування. У традиційній практиці, особливо на етапі створення інженерних мереж, часто виникають проблеми, пов'язані з нестачею точності, неузгодженістю між різними частинами проекту, дублюванням інформації або труднощами під час будівництва. Це веде до додаткових витрат, затримок і ризику помилок.

					НУ ЛП, 192-МКР-2025-331	Арк.
						5
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Одним із ефективних інструментів, що дозволяє значно підвищити якість підготовки проєктної документації, є технологія інформаційного моделювання будівель — BIM. Вона дає змогу не лише створити тривимірну візуалізацію майбутнього об'єкта, а й містить детальну інформацію про всі інженерні системи, що інтегруються в єдину цифрову модель.

Використання BIM у контексті водопостачання та каналізації розглядається не лише як сучасна альтернатива традиційному проєктуванню, а як необхідність, що диктується реаліями сьогодення. Застосування цієї технології дозволяє створити повноцінну цифрову модель системи, яка буде корисною не тільки під час проєктування, а й у подальшій експлуатації, ремонтах чи реконструкції. Актуальність теми зумовлена потребою у впровадженні інноваційних підходів у житловому будівництві, особливо в умовах стрімкого розвитку міст та зростання вимог до якості життя.

					НУ ЛП, 192-МКР-2025-331	Арк.
						6
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1. Технології інформаційного моделювання будівель (BIM)

					НУ ЛП, 192-МКР-2025-331	Арк.
						7
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Технології інформаційного моделювання будівель (BIM) докорінно змінюють концепцію, проектування та виконання будівельних проектів. За своєю суттю, BIM є цифровим представленням фізичних і функціональних характеристик об'єкта, слугуючи спільним ресурсом знань для інформації про об'єкт, формуючи надійну основу для рішень протягом його життєвого циклу. Ключові компоненти технологій BIM включають 3D-моделювання, керування даними та інструменти для співпраці, які дозволяють зацікавленим сторонам безперебійно працювати на різних етапах проекту. Завдяки об'єднанню цих компонентів BIM покращує точність проектування та планування, покращуючи спілкування між архітекторами, інженерами та підрядниками. Цей цілісний підхід не тільки спрощує процес будівництва, але й зменшує ймовірність помилок, тим самим оптимізуючи розподіл ресурсів і мінімізуючи витрати.

Застосування технологій BIM в інфраструктурних проектах є помітно трансформаційним, забезпечуючи комплексні рішення, які підвищують ефективність і стійкість. У контексті систем водопостачання та каналізації BIM дозволяє точно моделювати як внутрішні, так і зовнішні мережі, що веде до оптимізованих проектів, адаптованих до конкретних умов об'єкта. Ця точність має вирішальне значення для забезпечення того, щоб системи водопостачання були ефективними та стійкими, особливо в міських умовах, де простір обмежений, а попит високий. Крім того, програми BIM підтримують постійне технічне обслуговування та експлуатацію інфраструктури, надаючи детальні цифрові записи, на які можна посылатися для ремонту чи модернізації. Ці можливості підкреслюють важливість BIM не лише на етапі будівництва, але й протягом усього життєвого циклу інфраструктурних проектів, гарантуючи, що вони залишатимуться функціональними та ефективними з часом.

						Арк.
					НУ ЛП, 192-МКР-2025-331	8
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Значення BIM у міському плануванні та розвитку неможливо переоцінити, оскільки він відіграє ключову роль у формуванні розумних та стійких міст. Інтегруючи BIM у планування міста, муніципалітети можуть змоделювати та оцінити вплив різних варіантів дизайну до початку будівництва, що допомагає приймати обґрунтовані рішення, які відповідають екологічним та економічним цілям. Крім того, BIM полегшує створення цифрових двійників міських територій, дозволяючи планувальникам візуалізувати та ефективніше керувати міськими активами. Ця інтеграція веде до покращення землекористування, ефективного управління ресурсами та кращої координації між державним і приватним секторами. Оскільки міста продовжують рости та розвиватися, впровадження технологій BIM буде важливим для створення середовища, яке є стійким, адаптивним і краще оснащеним для вирішення викликів майбутнього.

В останні роки інтеграція технологій у будівництво та управління інфраструктурою стає все більш важливою, особливо в контексті підвищення ефективності та стійкості житлових систем водопостачання та водовідведення. Застосування інформаційного моделювання будівель (BIM) створило прецедент у оптимізації будівельних процесів завдяки покращенню комунікації та співпраці між зацікавленими сторонами. Однак поява віртуального інформаційного моделювання (BIM) являє собою трансформаційний крок вперед, пропонуючи розширені можливості, які можуть додатково оптимізувати проектування, планування та управління системами водопостачання.

BIM покращує дизайн системи водопостачання, забезпечуючи точне 3D-моделювання та ефективне керування даними, що не тільки мінімізує помилки, але й сприяє кращому розподілу ресурсів. У сфері управління житловими стічними водами роль BIM є настільки ж важливою; це дозволяє інженерам і підрядникам співпрацювати ефективніше, гарантуючи, що проекти виконуються з підвищеною ефективністю та точністю. Крім того, не

						Арк.
					НУ ЛП, 192-МКР-2025-331	9
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

можна не помітити переваги сталого розвитку від впровадження технологій BIM, оскільки вони сприяють зменшенню впливу будівництва на навколишнє середовище шляхом оптимізації використання води та мінімізації викидів вуглецю.

Обіцянка ефективності витрат через BIM очевидна, оскільки ця технологія допомагає зменшити загальні витрати на проект і підвищити точність бюджету за допомогою передових стратегій оптимізації ресурсів. Дивлячись у майбутнє, потенціал для прогресу в технології BIM передбачає ще більше підвищення ефективності системи та інновацій у проектах житлових будівель. Ця стаття має на меті вивчити багатогранні переваги інтеграції BIM у житлові системи водопостачання та водовідведення, розглядаючи критичні питання, пов'язані з її впливом на дизайн, стійкість, економічну ефективність та майбутні тенденції, зрештою встановлюючи BIM як стрижневий елемент в еволюції будівельних практик, спрямованих на сприяння більш стійкому та ресурсоефективному будівельному середовищу.

1.1 Інтеграція технологій BIM у проектування систем водопостачання

1.1.1 Загальні підходи до застосування BIM у водопровідній інфраструктурі

Застосування технологій інформаційного моделювання будівель (BIM) у проектуванні та плануванні систем водопостачання сприяє створенню ефективніших та надійніших інженерних рішень. Одним із ключових напрямів є підвищення надійності обслуговування станцій, що є критично важливим для збереження цілісності інфраструктури в умовах впливу навколишнього середовища [1].

Завдяки інтеграції BIM-підходів у проектування, зокрема при будівництві причалів та гідротехнічних споруд, інженери отримують змогу

						Арк.
					НУ ЛП, 192-МКР-2025-331	10
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

прогнозувати динаміку водного потоку та мінімізувати ризики, пов'язані з непередбачуваними гідрологічними навантаженнями [2][1].

1.1.2 Прогнозування та оптимізація ресурсів за допомогою BIM

Однією з перспективних сфер розвитку BIM є його інтеграція з методами машинного навчання. Це дозволяє вдосконалити аналітику під час планування розробки родовищ, оптимізувати управління водними ресурсами та реалізувати принципи сталого розвитку водопостачання [3].

Використання таких інструментів дозволяє не лише забезпечити необхідний рівень водопостачання, а й знизити ймовірність надзвичайних ситуацій, як-от затоплення або надмірне споживання води [4]. Це також сприяє досягненню екологічних цілей, що є актуальними в контексті змін клімату.

1.1.3 Тестування, масштабованість і перспективи впровадження

Оскільки BIM-технології активно розвиваються, актуальним стає питання вдосконалення методів валідації моделей, масштабованості експериментів та широкого впровадження цих підходів у стратегічне планування водопровідних систем [5][6]. Забезпечення достовірності моделювання є основою для прийняття обґрунтованих управлінських рішень у сфері житлово-комунального господарства.

1.1.4 Покращення комунікації між зацікавленими сторонами

Інтегровані BIM-додатки зі вбудованими інструментами візуалізації й співпраці відіграють важливу роль у забезпеченні ефективної взаємодії між різними зацікавленими сторонами. Їх успішне використання у практичних кейсах доводить можливість об'єднання технічного та соціального аспектів планування [7].

Завдяки таким інструментам учасники процесу можуть не лише краще розуміти технічні особливості проектів, а й обговорювати наслідки змін у

						Арк.
					НУ ЛП, 192-МКР-2025-331	
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		11

землекористуванні, прогнозувати вплив на навколишнє середовище, а також формувати спільне бачення майбутнього розвитку територій. Цей підхід сприяє створенню навчального середовища, у якому реалізується спільне ухвалення рішень на основі наочних і прозорих даних [7].

Отже, використання ВІМ у проектуванні систем водопостачання відкриває нові можливості для підвищення ефективності, стійкості та надійності інфраструктури. Технології ВІМ не лише сприяють кращому технічному моделюванню, але й створюють умови для інтегрованого управління ресурсами, покращення взаємодії учасників процесу та забезпечення сталого розвитку водної інфраструктури.

1.1.5. Яким чином ВІМ зменшує помилки та оптимізує розподіл ресурсів у проектах водопостачання?

Впровадження вимірювань змінної важливості (ВІМ) у водних проектах служить основною стратегією для зменшення помилок і оптимізації розподілу ресурсів. Зосереджуючись на змінній оцінці значущості, ВІМ полегшує ідентифікацію критичних факторів, які впливають на результати управління водними ресурсами, дозволяючи більш цілеспрямований підхід до вирішення таких проблем, як дефіцит води та розподіл ресурсів [8]. Цей цільовий підхід є особливо корисним у регіонах, які залежать від підземних вод, де оптимізація розподілу ресурсів може призвести до значного покращення доступності води та сталості [8]. Крім того, ВІМ є інструментом для моніторингу помилок додатків і продуктивності, гарантуючи, що віртуалізовані ресурси розподіляються ефективно та ефективно, що мінімізує ризик втрати ресурсів і підвищує загальну ефективність проекту [9]. Завдяки інтеграції ВІМ із вдосконаленими алгоритмами, такими як алгоритм мурашиної колонії для оптимізації ресурсів, водні проекти можуть створити більш надійну та стійку структуру управління ресурсами, яка враховує динамічні екологічні та соціально-економічні умови [10]. Отже, ця інтеграція

						Арк.
						12
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	НУ ЛП, 192-МКР-2025-331	

не тільки оптимізує наявні ресурси, але й передбачає майбутні потреби, тим самим сприяючи довгостроковій стабільності водних ресурсів. Щоб скористатися цими перевагами, важливо постійно вдосконалювати програми та алгоритми BIM, забезпечуючи їх здатність реагувати на нові виклики в управлінні водними ресурсами.

1.2. Підвищення ефективності каналізаційних систем засобами інформаційного моделювання (BIM)

1.2.1. Сучасні підходи до цифровізації інфраструктури водовідведення

У сучасних умовах стрімкого розвитку цифрових технологій особливу актуальність набуває впровадження інформаційного моделювання будівель (Building Information Modeling, BIM) у сферу проєктування, експлуатації та обслуговування каналізаційних мереж. Застосування BIM забезпечує створення комплексних цифрових моделей, що відображають фізичні та функціональні характеристики інженерної інфраструктури. Це дає змогу системно підходити до управління каналізаційними системами, підвищуючи їхню ефективність, надійність та екологічну безпеку.

Інтеграція BIM у житлові та комунальні проєкти відкриває нові можливості в ідентифікації критичних змінних, які впливають на процес очищення стічних вод. Такий підхід дозволяє реалізувати моделі прогнозування, орієнтовані на стале функціонування систем очищення, з урахуванням впливу агресивних хімічних речовин, зокрема ендокринно-деструктивних сполук (EDC). Відповідність сучасним екологічним стандартам та нормам стає можливою завдяки точному цифровому моделюванню процесів водоочищення.

1.2.2. Використання 3D-моделювання та CFD у проєктуванні

Одним із ключових напрямів застосування BIM є впровадження тривимірного (3D) моделювання в поєднанні з обчислювальною

						Арк.
					НУ ЛП, 192-МКР-2025-331	13
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

гідродинамікою (Computational Fluid Dynamics, CFD). Це дозволяє створювати детальні візуалізації внутрішніх процесів у біологічних реакторах, моделювати розподіл потоків, турбулентність та інші гідродинамічні характеристики. Наприклад, моделювання безкисневої зони дало змогу оптимізувати конструктивні параметри та підвищити ефективність процесу біологічного очищення, що вказує на суттєвий потенціал 3D-моделей у системах управління стічними водами.

Завдяки цим технологіям проєктувальники отримують інструменти, які дають змогу оцінити ефективність нових інженерних рішень ще до їхньої реалізації, знизити витрати на будівництво та експлуатацію, а також поліпшити довгострокову продуктивність систем.

1.2.3. Переваги BIM у процесах комунікації та управління проєктами

Інтеграція BIM у процеси проєктування та будівництва систем очищення стічних вод також сприяє покращенню взаємодії між усіма учасниками проєкту: інженерами, підрядниками, замовниками та службами технічного обслуговування. Завдяки цифровому обміну інформацією, проєктна документація стає більш доступною, структурованою та актуальною, що зменшує ризик виникнення помилок і непорозумінь під час реалізації об'єкта.

BIM також сприяє ранньому виявленню потенційних технічних проблем, що дозволяє зменшити кількість доробок і мінімізувати фінансові ризики. Внаслідок цього процес будівництва стає прозорішим і передбачуванішим.

1.2.4. Зниження витрат і підвищення ефективності експлуатації

Застосування BIM у системах водовідведення забезпечує переваги не лише на етапі проєктування, а й у період експлуатації. Можливість моніторингу систем у реальному часі, аналіз тенденцій, а також прогнозування технічного обслуговування дають змогу суттєво знизити експлуатаційні витрати. Виявлення потенційних засмічень або витоків до

						Арк.
					НУ ЛП, 192-МКР-2025-331	14
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

їхнього перетворення в аварійні ситуації дозволяє скоротити час простою, уникнути дорогих ремонтів і продовжити термін служби інфраструктури.

Також ВІМ забезпечує зручне управління технічною документацією, що полегшує планування ресурсів, бюджетування та виконання регламентних робіт. Загалом, цифровізація через ВІМ підвищує загальну ефективність функціонування систем каналізації, адаптуючи їх до вимог часу. Переваги сталого розвитку від впровадження технологій ВІМ

1.2.5. Як ВІМ сприяє стійкості проектів житлових будівель?

Вакуумні ізоляційні матеріали (ВІМ) відіграють ключову роль у підвищенні стійкості проектів житлових будинків шляхом значного покращення теплової ефективності та зменшення споживання енергії [18]. Такі матеріали розроблені для забезпечення чудових ізоляційних властивостей порівняно з традиційними матеріалами, що сприяє зниженню потреб у опаленні та охолодженні в житлових будинках [19]. Це скорочення споживання енергії не тільки зменшує вплив таких проектів на навколишнє середовище, але й узгоджується з глобальними цілями сталого розвитку шляхом пом'якшення викидів парникових газів [19]. Крім того, можливість адаптації ВІМ на будівельних майданчиках дозволяє більш ефективно виконувати проект, оскільки їх можна легко вирізати та пристосувати до конкретних вимог до будівлі без шкоди для їхніх ізоляційних властивостей [19]. Ця здатність до адаптації підтримує стійкі практики шляхом мінімізації будівельних відходів і підвищення загальної ефективності будівельних процесів [20]. Інтегруючи ВІМ у житлове будівництво, забудовники можуть досягти балансу між архітектурною цілісністю та стійкістю, зрештою сприяючи ширшій меті створення екологічно відповідальних житлових просторів [19].

									Арк.
									15
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	НУ ЛП, 192-МКР-2025-331				

1.2.6. Який вплив на навколишнє середовище оптимізація систем водопостачання та водовідведення за допомогою ВІМ?

Оптимізація систем водопостачання та водовідведення за допомогою вимірювання змінної важливості (ВІМ) має значні екологічні наслідки, особливо в контексті очисних споруд (WWTP). Очистні споруди мають ключове значення для пом'якшення поширення резистентності до антибіотиків у навколишньому середовищі, оскільки вони служать основними резервуарами для генів, стійких до антибіотиків [21]. Використовуючи ВІМ, процес оптимізації може підвищити ефективність видалення забруднювачів, включаючи залишки антибіотиків, які важко усунути звичайними методами [22]. N-Вінілімідазол (ВІМ), мономер, невід'ємна частина процесу оптимізації, сприяє більшій глибині очищення та покращенню продуктивності системи, вирішуючи критичну проблему забруднення мембран у системах очищення стічних вод [23][24]. Це не тільки призводить до отримання чистіших стічних вод, але й зменшує вплив очисних споруд на навколишнє середовище за рахунок покращення якості очищеної води, що надходить у природні водні шляхи [25]. Крім того, застосування ВІМ у цих системах спрямовує інженерів з очищення стічних вод до стратегій, які мінімізують вплив виробництва енергії, пов'язаного з процесами очищення води, на навколишнє середовище [26]. Як наслідок, впровадження таких методів оптимізації має вирішальне значення для вдосконалення сталого управління стічними водами та захисту екологічного здоров'я.

1.2.7. Яким чином ВІМ може зменшити вуглецевий слід будівельних проектів?

Впровадження віртуального інформаційного моделювання (ВІМ) у будівельні проекти пропонує комплексну стратегію значного зменшення вуглецевих слідів, одночасно підвищуючи ефективність процесів залучення зацікавлених сторін. ВІМ дозволяє проводити точні розрахунки прямих

									Арк.
									16
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

викидів вуглецю від імпортованих продуктів шляхом аналізу технологій, що використовуються в країнах-експортерах, що допомагає інформувати про більш стійкий вибір матеріалів для будівельних проектів [27]. Крім того, коли BIM застосовується разом із стратегіями, що сприяють інтелектуальному виробництву та створенню Інтернету, він сприяє створенню сучасної системи циркуляції, яка узгоджується з цілями сталого розвитку, дозволяючи підприємствам ефективно застосовувати передові технології для мінімізації викидів вуглецю [28]. Використовуючи BIM у проектуванні будинків з нульовим викидом вуглецю, як продемонструвала команда BIM, проекти можуть розбивати будівельні процеси на стійкі компоненти, гарантуючи, що стійкість впроваджується на кожному етапі розробки [29]. Таким чином, інтеграція BIM не тільки підтримує технічні аспекти скорочення викидів вуглецю, але й покращує співпрацю зацікавлених сторін, забезпечуючи спільну платформу для стійкого прийняття рішень, що зрештою призводить до більш екологічно відповідальних методів будівництва.

1.3. Ефективність витрат і оптимізація ресурсів через BIM

1.3.1. Як BIM зменшує загальні витрати на проект у побудові систем?

Однією з основних переваг використання BIM у побудові систем є його здатність значно зменшити загальні витрати на проект за рахунок підвищення ефективності та скорочення часу створення [30]. Контролюючи великі об'єднання ресурсів і зводячи до мінімуму потребу у розгалуженій фізичній інфраструктурі, BIM забезпечує більш спрощений і економічно ефективний підхід до управління проектами. Це особливо вигідно на етапі будівництва, оскільки BIM можна розрізати та адаптувати безпосередньо на будівельному майданчику, що додатково зменшує витрати на транспортування та встановлення [19]. Інтеграція BIM в життєвий цикл проекту не тільки сприяє зниженню матеріальних і трудових витрат, але також оптимізує розподіл

						Арк.
					НУ ЛП, 192-МКР-2025-331	17
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ресурсів, тим самим знижуючи потенціал дорогих помилок і переробок [31]. Отже, впровадження ВІМ у системах побудови забезпечує стратегічну перевагу, оскільки забезпечує більш передбачувану та керовану структуру витрат, що зрештою призводить до суттєвої економії в ході розробки проекту.

1.3.2. Які стратегії використовує ВІМ для оптимізації розподілу ресурсів?

ВІМ використовує багатогранний підхід для оптимізації розподілу ресурсів, інтегруючи як методологічні основи, так і технологічні інновації. Застосовуючи інструменти та методи Six Sigma, ВІМ цілісно покращує управління ресурсами, гарантуючи, що процеси не лише оптимізовані для підвищення ефективності, але й узгоджені з більш широкими цілями організації [32]. Цей систематичний підхід дозволяє детально проаналізувати схеми використання ресурсів, допомагаючи визначити області марнотратства та неефективності, які можна покращити. Доповнюючи це, ВІМ використовує ощадливе мислення для оптимізації процесів, зосереджуючись на усуненні діяльності, що не додає цінності, та покращенні потоку ресурсів всередині організації [32]. Таке вирівнювання пакетів ресурсів у рамках моделі покращення вартості (ВІМ) має вирішальне значення для вдосконалення загальних бізнес-процесів і досягнення стійкої конкурентної переваги [32]. Крім того, на стратегічне розгортання ресурсів ВІМ глибоко впливають фактори, що впливають на повторювані процеси, що вимагає динамічної та чутливої стратегії розподілу ресурсів [32]. Наголошуючи як на операційній ефективності, так і на стратегічному розгортанні ресурсів, ВІМ не тільки оптимізує розподіл ресурсів, але й дає змогу організаціям краще орієнтуватися в складних умовах сучасного бізнес-середовища.

1.3.3. Як ВІМ покращує оцінку витрат і точність бюджету?

Спираючись на переваги співпраці, продемонстровані під час семінару, інтеграція інформаційного моделювання будівель (ВІМ) у процеси оцінки

						Арк.
						18
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	НУ ЛП, 192-МКР-2025-331	

вартості ще більше покращує можливості фінансового менеджменту проекту. Розширення BIM для включення оцінки вартості, яке називається 5D BIM, надає керівникам проектів повне розуміння потенційних витрат завдяки підвищеній точності даних і можливостям візуалізації [20]. Це не тільки полегшує точніші оцінки бюджету, але й покращує загальний процес планування, дозволяючи коригувати в реальному часі на основі оновлених даних проекту [20]. Більше того, інтеграція управління життєвим циклом, або 6D BIM, у структуру гарантує, що довгострокові витрати на технічне обслуговування та експлуатацію враховуються при початковому плануванні бюджету, що призводить до більш обґрунтованого прийняття рішень та значної економії протягом усього терміну експлуатації будівлі [20]. Такий цілісний підхід до управління витратами та точності бюджету не тільки зменшує фінансові ризики, але й заохочує малі та середні будівельні організації використовувати технологію BIM, оскільки вони визнають потенціал для підвищення точності даних та ефективності витрат [20]. Тому безперервний розвиток та інтеграція BIM у будівельні проекти мають вирішальне значення для підвищення точності бюджету та досягнення кращих фінансових результатів.

1.4. Аналіз даних і BIM

Роль аналізу даних у системах BIM є ключовою для оптимізації інфраструктур водопостачання та каналізації. Використовуючи розширену аналітику даних, зацікавлені сторони можуть отримати повну інформацію про робочий стан та ефективність цих систем [1]. Ця аналітична здатність дозволяє ідентифікувати потенційні проблеми до того, як вони переростуть у значні проблеми, таким чином підвищуючи загальну надійність інфраструктури. Крім того, аналіз даних на основі даних сприяє більш обґрунтованому процесу прийняття рішень, забезпечуючи ефективний розподіл ресурсів і оптимізацію графіків технічного обслуговування для

						Арк.
					НУ ЛП, 192-МКР-2025-331	19
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

запобігання непотрібним збоєм. Завдяки аналізу даних системи ВІМ перетворюють необроблені дані в оперативну інформацію, що має вирішальне значення для сталого управління водними ресурсами.

Використання даних для прогнозного аналізу та прийняття рішень у контексті систем водопостачання та каналізації є значним прогресом в управлінні інфраструктурою. Прогнозна аналітика, що базується на даних із систем ВІМ, дає змогу прогнозувати потенційні збої системи та стрибки попиту, дозволяючи вживати попереджувальні дії [2]. Цей проактивний підхід не тільки зменшує ймовірність несподіваних відключень, але й допомагає більш стратегічно планувати технічне обслуговування. Аналізуючи закономірності та тенденції в даних, інженери та особи, які приймають рішення, можуть передбачити майбутні потреби та відповідно оптимізувати продуктивність системи. Ця стратегія на основі даних є важливою для забезпечення довгострокової стійкості та стійкості систем водопостачання та каналізації.

Тематичні дослідження покращень управління водними ресурсами на основі даних підкреслюють трансформаційний потенціал інтеграції аналітики даних у системи ВІМ. Наприклад, кілька муніципалітетів успішно впровадили протоколи прогнозованого технічного обслуговування, що призвело до значного зниження витрат на технічне обслуговування та перерв у обслуговуванні [3]. Ці тематичні дослідження демонструють, що, використовуючи потужність даних, організації водного господарства можуть не тільки підвищити ефективність роботи, але й покращити якість послуг для жителів. Основні покращення, які спостерігаються, включають кращий розподіл ресурсів для обслуговування, зменшення споживання енергії та більш ефективний розподіл води. Ці результати підкреслюють критичну важливість прийняття рішень на основі даних для модернізації інфраструктур водопостачання та каналізації.

						Арк.
					НУ ЛП, 192-МКР-2025-331	20
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1.5. Вплив на навколишнє середовище та сталий розвиток

Технології інформаційного моделювання будівель (BIM) відіграють вирішальну роль у просуванні сталого використання води в житлових будинках. Інтегруючи BIM, архітектори та інженери можуть створювати детальне моделювання систем водопостачання та каналізації, що дозволяє точно планувати та оптимізувати використання ресурсів [1]. Це моделювання дозволяє зацікавленим сторонам оцінювати різні сценарії споживання та утилізації води, що зрештою призводить до більш ефективних проектів, які мінімізують відходи. Наприклад, BIM може моделювати, як різні сантехнічні прилади впливатимуть на використання води, допомагаючи вибрати найбільш екологічні варіанти. Таке стратегічне використання технології не тільки підтримує зусилля щодо збереження, але й узгоджується з глобальними цілями сталого розвитку, гарантуючи, що нові будівництва та реконструкції є екологічно відповідальними.

Зниження впливу житлових будинків на навколишнє середовище можливе завдяки ефективному управлінню ресурсами за допомогою технологій BIM. Забезпечуючи комплексне цифрове представлення систем водопостачання будівлі, BIM дозволяє здійснювати моніторинг і аналіз використання ресурсів у реальному часі [2]. Ця здатність є важливою для визначення областей, де споживання води можна зменшити, наприклад виявлення витоків або оптимізація роботи очисних споруд. Крім того, керований даними підхід BIM підтримує процеси прийняття рішень, які надають пріоритет стійкості. Наприклад, він може аналізувати вплив різних матеріалів і процесів протягом життєвого циклу, керуючи тим самим вибором екологічно чистих альтернатив. Завдяки цим заходам BIM сприяє зменшенню загального впливу будівлі на навколишнє середовище, сприяючи більш стійкому міському середовищу.

Довгострокові переваги використання технологій BIM виходять за межі окремих будівель і позитивно впливають на екосистеми та громади. Оскільки

						Арк.
					НУ ЛП, 192-МКР-2025-331	21
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

вода є життєво важливим природним ресурсом із широким спектром екологічних функцій, її ефективне управління має важливе значення для підтримки здорових екосистем [8]. Забезпечуючи оптимізоване проектування систем водопостачання та каналізації, ВІМ сприяє зменшенню втрат води та забруднення, що, у свою чергу, підтримує водні середовища проживання та біорізноманіття. Крім того, громади отримують вигоду від надійних і стійких послуг водопостачання, покращуючи якість життя та стійкість до змін навколишнього середовища. Сприяючи таким вдосконаленням, ВІМ не тільки допомагає зберегти природні ресурси, але й зміцнює соціальний та економічний добробут громад, узгоджуючи його з більш широкими цілями сталого розвитку.

1.6. Економічні вигоди від впровадження ВІМ

Економічні вигоди від впровадження технологій ВІМ у системах водопостачання та водовідведення житлових будинків значні, насамперед завдяки підвищенню ефективності системи. Завдяки інтеграції ВІМ будівлі можуть досягти чудового управління водними ресурсами шляхом оптимізації споживання та зменшення відходів за допомогою точних механізмів моніторингу та контролю. Наприклад, технології ВІМ полегшують збір і аналіз даних у режимі реального часу, дозволяючи швидко виявляти та усувати витоки чи неефективність, що призводить до значної економії коштів. Цей ефективний підхід не тільки мінімізує витрати води, але й зменшує споживання енергії, оскільки для перекачування, нагріву та обробки води потрібно менше енергії. Таким чином, впровадження технологій ВІМ безпосередньо призводить до зниження комунальних платежів для власників і мешканців будівель, що робить це фінансово привабливим рішенням [1].

Рентабельність інвестицій (ROI) від зниження операційних витрат є ще однією вагомою перевагою технологій ВІМ. Спрощуючи процеси технічного обслуговування та мінімізуючи потребу в ручних перевірках, системи ВІМ

						Арк.
					НУ ЛП, 192-МКР-2025-331	22
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

значно зменшують трудові та експлуатаційні витрати. Здатність передбачати та запобігати системним збоям за допомогою прогнозової аналітики ще більше сприяє економічній ефективності, запобігаючи дорогому аварійному ремонту та продовжуючи термін служби компонентів інфраструктури. Крім того, аналіз даних, наданий BIM, дозволяє стратегічно планувати та краще розподіляти ресурси, підвищуючи загальну операційну ефективність. Ці фактори разом гарантують, що початкові інвестиції в технологію BIM швидко окупляться, що робить її стійким вибором для довгострокового фінансового планування в житлових будинках [9].

Виділення бюджету на інтеграцію технології BIM в системи водопостачання та каналізації спочатку може здатися складним. Однак довгострокові економічні переваги роблять його розумною інвестицією. Адекватне фінансування забезпечує плавну інтеграцію технологій BIM, що, у свою чергу, призводить до покращення продуктивності системи та управління ресурсами. Крім того, державні стимули та субсидії, які часто доступні для впровадження стійких технологій, можуть компенсувати частину початкових витрат, ще більше заохочуючи інвестиції в ці інноваційні рішення. Стратегічний розподіл коштів не тільки підтримує технологічну модернізацію, але й сприяє досягненню ширшої мети сталого розвитку, узгодження фінансового планування з екологічною відповідальністю [10].

1.7. Проблеми впровадження BIM

Успішному впровадженню технологій інформаційного моделювання будівель (BIM) для оптимізації систем водопостачання та каналізації часто заважають технічні та інфраструктурні проблеми. Складність інтеграції BIM з існуючими системами може бути надзвичайною через застарілу інфраструктуру та відсутність цифрової готовності багатьох житлових будинків [1]. Ця інтеграція вимагає значних оновлень і модифікацій поточних систем, що може бути дорогим і технічно складним. Крім того, відсутність

						Арк.
					НУ ЛП, 192-МКР-2025-331	23
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

стандартизованих процесів і протоколів для впровадження BIM посилює ці труднощі, що призводить до неузгодженості та неефективності. Подолання цих технічних перешкод має вирішальне значення для безпроблемного впровадження технологій BIM і реалізації їх повного потенціалу в підвищенні ефективності системи.

Ще одним суттєвим бар'єром для впровадження технологій BIM є опір змінам серед зацікавлених сторін, які беруть участь у будівництві та управлінні житловими будинками. Зацікавлені сторони, включно з архітекторами, інженерами, підрядниками та менеджерами об'єктів, часто мають укорінені звички та переваги щодо традиційних методів, що змушує їх вагатися щодо прийняття нових технологій, таких як BIM [6]. Цей опір може виникати через відсутність розуміння переваг BIM або побоювання щодо кривої навчання, пов'язаної з новим програмним забезпеченням і процесами. Крім того, можуть виникнути занепокоєння щодо початкових інвестицій, необхідних для навчання та придбання технологій, які можуть утримати зацікавлених сторін від впровадження BIM, незважаючи на його довгострокові переваги. Вирішення цих проблем через освіту та демонстрацію цінності BIM має важливе значення для виховання більш прийняттого ставлення до технологічного прогресу.

Щоб успішно подолати перешкоди на шляху впровадження BIM, необхідно розробити стратегічні рішення, які стосуються як технічних, так і людських факторів. Інвестування в навчальні програми та семінари може надати зацікавленим сторонам знання та навички, необхідні для ефективного використання технологій BIM [11]. Крім того, створення середовища для співпраці, де зацікавлені сторони можуть обмінюватися досвідом і найкращими практиками, може сприяти більш плавному переходу. Реалізація пілотних проектів, які демонструють відчутні переваги BIM, також може слугувати переконливим інструментом для переконання зацікавлених сторін у його перевагах. Долаючи як технічні складнощі, так і людський опір, шлях

						Арк.
					НУ ЛП, 192-МКР-2025-331	24
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

до успішної інтеграції BIM можна значно згладити, що зрештою призведе до більш ефективних і стійких систем водопостачання та каналізації в житлових будинках.

1.8. Приклади успішного впровадження BIM

Застосування технологій інформаційного моделювання будівель (BIM) у проектуванні та експлуатації систем водопостачання та каналізації було продемонстровано різними успішними проектами. Одним із яскравих прикладів є впровадження BIM для оптимізації гідравлічних характеристик водорозподільних мереж у багатоповерхових житлових будинках [1]. Цей проект продемонстрував, як 3D-моделювання та симуляція можуть бути використані для прогнозування та підвищення ефективності потоку води, що зрештою призведе до оптимізації ресурсів і зниження експлуатаційних витрат. Завдяки сприянню всебічному аналізу існуючої інфраструктури та потенційних удосконалень технологія BIM відіграє ключову роль у досягненні більш ефективних рішень щодо управління водними ресурсами [6].

З цих успішних реалізацій було винесено кілька ключових уроків, якими можна керувати майбутніми проектами. По-перше, важливість раннього залучення зацікавлених сторін неможливо переоцінити, оскільки це значно впливає на впровадження та інтеграцію технологій BIM [12]. Проекти, які включали комплексні навчальні сесії та семінари для всіх залучених сторін, мали більш плавний перехід і більш ефективне використання інструментів BIM. Крім того, можливість адаптації BIM до змін у процесах проектування та будівництва виявилася корисною, дозволяючи коригувати в реальному часі та мінімізувати затримки. Ці висновки підкреслюють цінність стратегічного планування та встановлення чітких каналів зв'язку між зацікавленими сторонами [1].

						Арк.
					НУ ЛП, 192-МКР-2025-331	25
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Оцінка впливу впровадження BIM-технологій у системи водопостачання та каналізації показує значні покращення результатів проекту. Дослідження показали, що впровадження BIM призводить до підвищення продуктивності та ефективності будівельних проектів за рахунок оптимізації робочих процесів і зменшення помилок [3]. Крім того, використання BIM сприяє кращій співпраці між різними дисциплінами, залученими до етапів проектування та будівництва, тим самим покращуючи загальну координацію проекту. Цей спільний підхід не тільки призводить до економії часу та коштів, але також сприяє створенню стійких і стійких інфраструктурних систем [13]. Докази, зібрані під час цих проектів, підкреслюють трансформаційний потенціал BIM у сучасній практиці будівництва.

1.9. Майбутні тенденції та інновації у BIM для житлових будинків

Майбутні тенденції в технології BIM для житлових будинків мають намір революціонізувати те, як ми проектуємо, будуємо та заселяємо наші житлові приміщення. Завдяки інтеграції передових інформаційно-комунікаційних технологій (ІКТ) BIM отримає переваги від цілісного поєднання процесів віртуального проектування та будівництва, значно підвищуючи ефективність і точність будівельних проектів [33]. Цей прогрес додатково стимулюється розвитком цифровізації та нових технологій, які активно трансформують виробничі процеси в різних областях, включаючи архітектуру та будівництво [34]. Оскільки ми рухаємось до розумніших будинків, застосування технології BIM стане ключовим у створенні інтелектуальних житлових середовищ, які динамічно реагують на потреби їхніх мешканців, підвищуючи сталість та енергоефективність [35]. Поєднання цих технологій не тільки оптимізує будівельну діяльність, але й сприятиме розробці адаптованих, високоефективних житлових будинків. Акцент на інтеграції інтелектуальних технологій і стійких практиках матиме вирішальне значення для вирішення зростаючих вимог міського життя та екологічних проблем.

						Арк.
					НУ ЛП, 192-МКР-2025-331	26
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1.9.1. Майбутні досягнення у BIM які можуть ще більше підвищити ефективність системи

У міру розвитку прогресу в управлінні віртуальною інфраструктурою (BIM) стає все більш очевидним потенціал для підвищення ефективності системи. Одним із важливих напрямків розвитку є інтеграція Gated State Spaces (GSS), яка служить для оптимізації ефективності моделі шляхом управління потоком інформації та підтримки цілісності системи [36]. Цей підхід не тільки підвищує точність націлювання в рамках нейромодуляційної терапії, але й відкриває шлях до більш персоналізованих та ефективних втручань [37]. Крім того, глибока інтеграція цих досягнень у майбутні системи BIM дозволить більш ефективно отримувати інформацію про місцезнаходження та взаємозалежність каналів, тим самим покращуючи загальну продуктивність системи [38]. Оскільки ці технології розвиваються, стає вкрай важливо зосередитися на їх застосуванні в реальних сценаріях, гарантуючи, що ці інновації перетворяться на відчутне підвищення ефективності та результативності системи. Постійні дослідження та розробки є важливими для повного використання цих досягнень і вирішення будь-яких проблем, які можуть виникнути, забезпечуючи бездоганну інтеграцію в існуючі інфраструктури.

1.9.2. Інновації які очікуються від інтеграції BIM у системи будівництва

Очікується, що інтеграція віртуальної індивідуальної моделі (BIM) у будівельні системи призведе до значних інновацій, які покращать індивідуальне здоров'я та управління способом життя. Ключовим аспектом цієї інтеграції є розробка індексу благополуччя (WBI), який синтезує різні особисті параметри способу життя для забезпечення всебічного огляду здоров'я [39]. Використовуючи цей індекс, система може пропонувати користувачам адаптовані освітні та наставницькі повідомлення, сприяючи

						Арк.
					НУ ЛП, 192-МКР-2025-331	27
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

покращенню вибору способу життя та результатів для здоров'я [39]. Крім того, ця модель спрямована на вдосконалення можливостей самоконтролю шляхом включення передових технологій, які оцінюють звички способу життя, такі як куріння та вживання алкоголю, за допомогою точного аналізу газів [39]. Очікується, що ця інновація не тільки оптимізує особистий спосіб життя, але й виявить і пом'якшить основні кардіометаболічні фактори ризику шляхом відображення зображень і сигналів у відповідні дескриптори [39]. Підводячи підсумок, можна сказати, що інтеграція ВІМ у системи створення являє собою значний стрибок уперед в управлінні особистим здоров'ям, що потребує активної участі та адаптації користувачів для повної реалізації його переваг.

Інтеграція віртуального інформаційного моделювання (ВІМ) у житлові системи водопостачання та водовідведення є значним прогресом у пошуках ефективності та стійкості міської інфраструктури. Підвищуючи надійність систем водопостачання за допомогою покращених конструкцій причалів, які протидіють динамічним рухам води, ВІМ не тільки захищає інфраструктуру, але й пом'якшує ризики, пов'язані з повеннями та неправильним використанням ресурсів. Цей проактивний підхід особливо важливий у регіонах, де велика залежність від підземних вод, що дозволяє здійснювати цілеспрямовані заходи, які покращують розподіл ресурсів і зменшують відходи. Крім того, застосування методів машинного навчання в поєднанні з ВІМ полегшує складні стратегії управління ресурсами, забезпечуючи стабільну підтримку рівня води при мінімізації впливу на навколишнє середовище. Дослідження підкреслює важливість залучення зацікавлених сторін, підкреслюючи, як ВІМ сприяє співпраці за допомогою веб-інструментів, які сприяють інклюзивним процесам прийняття рішень. Таке залучення є життєво важливим, оскільки воно веде до більш обґрунтованого планування з урахуванням різноманітних точок зору зацікавлених сторін, особливо у світлі змін у землекористуванні. Однак важливо визнати, що хоча

						Арк.
					НУ ЛП, 192-МКР-2025-331	28
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ВІМ покращує комунікацію та зменшує помилки в управлінні проектами, покладення на передові технології може створити нові виклики, такі як потреба в спеціалізованому навчанні та потенційні бар'єри для доступу для менших зацікавлених сторін. Крім того, інтеграція ВІМ із такими методологіями, як Six Sigma та Lean thinking, пропонує багатообіцяючу основу для виявлення неефективності, однак її впровадження може значно відрізнятись в різних контекстах і регіонах. Дивлячись у майбутнє, поточні дослідження повинні зосередитися на вдосконаленні технологій ВІМ і дослідженні їхньої адаптованості до різних умов проживання, гарантуючи, що вони не тільки ефективні, але й справедливі. Очікувані досягнення в інформаційно-комунікаційних технологіях, а також такі інновації, як індекс благополуччя, надають захоплюючі можливості для покращення індивідуального управління здоров'ям і сталого розвитку в міському середовищі. Таким чином, незважаючи на те, що поточні результати закладають міцну основу для застосування ВІМ в управлінні водними ресурсами та будівництві, вони також підкреслюють необхідність постійного розвитку та критичної оцінки цих технологій для вирішення нових проблем у екологічній стійкості та міському плануванні.

1.10. Політика та нормативно-правова база

На розгортання технологій інформаційного моделювання будівель (ВІМ) суттєво впливає безліч нормативних актів, які регулюють їх впровадження. Ці правила мають на меті гарантувати, що практики ВІМ стандартизовані та бездоганно інтегровані в існуючі будівельні процеси. Так, встановлено конкретні процедури розробки схем оптимізації систем централізованого водопостачання з деталізацією їх складу та змісту [15]. Такі нормативні акти не лише створюють основу для послідовного застосування, але й прокладають шлях для інновацій, встановлюючи чіткі вказівки, яких промисловість може дотримуватися. Це нормативне середовище має вирішальне значення для

						Арк.
					НУ ЛП, 192-МКР-2025-331	29
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

сприяння інтеграції технологій ВІМ, особливо в управлінні та оптимізації систем водопостачання та каналізації в житлових будинках. Дотримуючись цих стандартів, розробники можуть підвищити ефективність і стійкість інфраструктурних проєктів.

Заохочення інновацій через політику підтримки має ключове значення для розвитку технологій ВІМ в житловій інфраструктурі. Урядова та інституційна підтримка може проявлятися в різних формах, таких як субсидії, гранти та фінансування досліджень, спрямованих на розробку інноваційних рішень ВІМ. Ця політика може стимулювати впровадження нових технологій, зменшуючи фінансові бар'єри та заохочуючи співпрацю між академічним середовищем і промисловістю [16]. Крім того, політична підтримка може сприяти розробці нових інструментів і методологій, які покращують проєктування та управління системами водопостачання та каналізації, що зрештою призводить до більш стійкої та ефективної житлової інфраструктури. Сприяючи створенню середовища, де винагороджуються інновації, політика може суттєво вплинути на темпи розвитку та впровадження технологій ВІМ у секторі.

Встановлення глобальних стандартів та інтеграція стандартів системи ВІМ є життєво важливими для забезпечення сумісності та ефективності технологій ВІМ у системах водопостачання та каналізації. Такі стандарти сприяють безперервному спілкуванню та обміну даними між різними системами та зацікавленими сторонами, залученими до процесів будівництва та управління [1]. Глобальні стандарти гарантують, що практики ВІМ є не тільки послідовними, але й сумісними в різних регіонах і галузях, сприяючи єдиному підходу до розвитку інфраструктури. Ця інтеграція має важливе значення для оптимізації проєктування та експлуатації житлової інфраструктури, оскільки дозволяє більш скоординовано та ефективніше керувати системами водопостачання та каналізації. Дотримання цих

						Арк.
						30
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	НУ ЛП, 192-МКР-2025-331	

стандартів гарантує повне використання потенціалу технологій BIM, сприяючи підвищенню ефективності та стійкості в галузі.

1.11. Переваги та обмеження

Переваги:

1. Підвищена ефективність: технології BIM (віртуальне інформаційне моделювання) дозволяють проводити точне моделювання та моделювання систем водопостачання та каналізації, що веде до оптимізації дизайну та експлуатації, зменшення витрат води та підвищення загальної ефективності.

2. Економія коштів: Виявляючи потенційні проблеми та неефективність на ранній стадії проектування, BIM може значно скоротити витрати, пов'язані з ремонтом і обслуговуванням систем водопостачання та каналізації.

3. Розширена функціональність: BIM забезпечує детальну візуалізацію та аналіз, гарантуючи, що системи розроблені для ефективної обробки пікових навантажень і можуть адаптуватися до майбутніх вимог без серйозних ремонтів.

4. Користувальницький досвід: Мешканці отримують переваги від скорочення перебоїв з водопостачанням і покращення якості води, оскільки BIM допомагає підтримувати постійний тиск і потік води в будівлі.

Обмеження:

1. Технічні проблеми: впровадження BIM вимагає технічних знань і знайомства з програмним забезпеченням, що може бути перешкодою для деяких інженерів і дизайнерів.

2. Високі початкові витрати: початкові інвестиції в програмне забезпечення та навчання BIM можуть бути значними, особливо для невеликих фірм або проектів з обмеженим бюджетом.

3. Крива навчання: існує крива навчання, пов'язана з оволодінням інструментами BIM, яка може призвести до затримок або помилок, якщо її не вирішити належним чином.

									Арк.
									31
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

Рішення:

1. Програми навчання: Пропонування комплексних програм навчання для інженерів і дизайнерів може допомогти подолати технічні проблеми та скоротити криву навчання, пов'язану з технологіями ВІМ.

2. Аналіз витрат і вигод: проведення ретельного аналізу витрат і вигод може допомогти зацікавленим сторонам зрозуміти довгострокову економію та підвищення ефективності, які виправдовують початкові інвестиції у ВІМ.

3. Поступове впровадження: починаючи з менших проектів або пілотних програм, компанія може поступово інтегрувати технології ВІМ, зменшуючи ризики та розподіляючи витрати в часі.

Використання технологій ВІМ для оптимізації систем водопостачання та каналізації в житлових будинках забезпечує значні переваги, включаючи підвищення ефективності, економію коштів, розширену функціональність і кращий досвід користувача. Однак необхідно вирішити такі проблеми, як технічні вимоги, високі початкові витрати та крутий процес навчання. Пом'якшити ці обмеження можуть такі рішення, як навчальні програми, аналіз рентабельності та поступове впровадження. Загалом ВІМ представляє багатообіцяючий підхід до модернізації водної інфраструктури, але ретельне планування та інвестиції є важливими для максимізації потенційних переваг.

Підсумовуючи, інтеграція технологій ВІМ у системи водопостачання та каналізації житлових будинків представляє трансформаційну можливість для вдосконалення управління інфраструктурою, підвищення ефективності та сприяння сталому використанню ресурсів. Завдяки ефективному використанню ВІМ зацікавлені сторони можуть досягти моніторингу в режимі реального часу, прогнозованого обслуговування та проактивного вирішення проблем, що в кінцевому підсумку призведе до значної економії коштів і зменшення збоїв у роботі. Крім того, аналіз даних у цих системах сприяє прийняттю обґрунтованих рішень і сприяє інноваційним рішенням для сталого управління водними ресурсами. Незважаючи на труднощі, пов'язані з

						Арк.
					НУ ЛП, 192-МКР-2025-331	32
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

впровадженням цих технологій, такі як технічні бар'єри та опір змінам, успішні тематичні дослідження ілюструють їхній потенціал революції в міському плануванні та управлінні інфраструктурою. Дивлячись у майбутнє, постійний розвиток технологій ВІМ і допоміжних політичних рамок будуть мати вирішальне значення для реалізації їх повного потенціалу, прокладаючи шлях для стійких, екологічно чистих спільнот, які процвітають завдяки ефективному управлінню водними ресурсами.

1.12. Методологія дослідження

Це дослідження базується на методі дослідження в галузі проектування (DSRM), що підходить для дослідницьких проектів інженерних інновацій [7]. DSRM структуровано у п'ять етапів: (1) визначення спостережуваних проблем та мотивацій, (2) визначення потенційного рішення, (3) проектування та розробка, (4) демонстрація та (5) оцінка. На рисунку 1 показано короткий виклад цих етапів, а також їхні цілі, завдання та необхідні інструменти.

					НУ ЛП, 192-МКР-2025-331	Арк.
						33
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

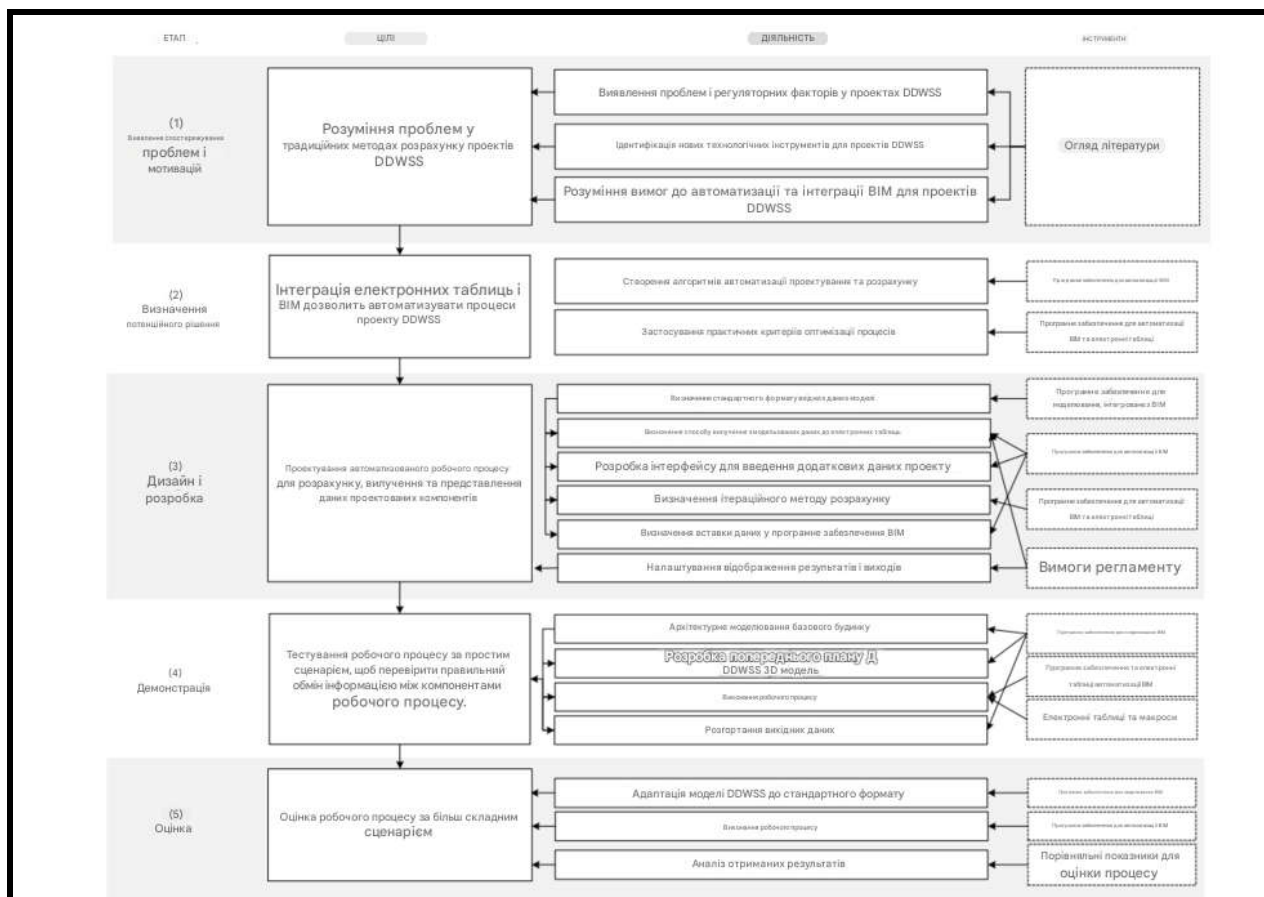


Рисунок 1. Робочий процес методології дослідження.

Перший етап був зосереджений на розумінні проблем у підходах до проектування DDWSS. Крім того, були зібрані чинні стандарти досліджень та проектування, включаючи Положення про побутові установки питної води та каналізації (Reglamento de Instalaciones Domiciliarias de Alcantarillado y Agua Potable, RI-DAA [8]), чилійський стандарт. Крім того, застосовуються додаткові стандарти для перевірки, визначення матеріалів, визначення діапазонів допустимих значень та представлення результатів. Для цієї роботи було використано такі чилійські стандарти (<https://www.inn.cl/nch-aprobadas>, доступ отримано 8 вересня 2022 року): NCh 398, NCh 399, NCh 951, NCh 1635, NCh 2038, NCh 2485, NCh 2592 та NCh 2836.

Огляд літератури був використаний як інструмент на цьому першому етапі для визначення дослідницьких статей та задокументованих проєктів, пов'язаних з ключовими концепціями: автоматизація за допомогою BIM, автоматизація параметричного проектування та проектування сантехніки в

середовищах BIM. Для пошуку відповідної літератури, опублікованої між 2000 та 2022 роками, використовувалися платформи Google Scholar, Scopus та Web of Science.

На другому етапі ми розробили автоматизовані методи оптимізації часу, витрат, людських ресурсів та загальної розробки проектів проектування DDWSS. Цієї мети було досягнуто шляхом створення алгоритмів та автоматичних процесів. Параметризація нормативних розрахункових рекомендацій у середовищі BIM зменшує обсяг ручної роботи, необхідної на етапі проектування проектів DDWSS.

На третьому етапі ми визначили послідовність дій на основі огляду літератури та визначили різні функціональні можливості обраного програмного забезпечення для розробки очікуваного рішення:

1. Визначення формату вхідних даних проекту, щоб він відповідав параметрам, отриманим як безпосередньо, так і опосередковано з тривимірної моделі;
2. Визначення способу вилучення цих даних у електронні таблиці, якщо це необхідно;
3. Визначення процедури передачі додаткової інформації про проект, яка відповідає непрямим вхідним даним моделі, тобто характеристик проекту, які неможливо отримати з моделі та які має ввести користувач;
4. Визначення ітераційного методу розрахунку та перевірки результуючих параметрів як процесу конвергенції;
5. Визначення методу введення даних у програмне забезпечення BIM, які потім повертаються до моделі та змінюють початкові значення проекту, наприклад, діаметри труб; 6. Налаштування результатів, що відповідають планам поверхів та таблицям, з результатами у стандартному плані, як визначено в RIDAA.

На четвертому етапі описаний робочий процес був реалізований для простого тематичного дослідження з основними характеристиками, що

						Арк.
						35
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	НУ ЛП, 192-МКР-2025-331	

включає житловий будинок з розподіленою системою на одному поверсі. Цей процес включав перевірку функціональності алгоритму та управління даними для параметрів проектування.

Нарешті, на п'ятому етапі було представлено більш складне тематичне дослідження для оцінки поведінки запрограмованих алгоритмів. Це тематичне дослідження відповідало відомому та раніше вирішеному реальному проекту, що дозволило порівняти отримані результати зі значеннями, отриманими в результаті традиційного розрахунку. Порівняння результатів проводилося шляхом обчислення відносних похибок з відомими значеннями проекту.

1.13. Робочий процес для проектування DDWSS

Під час пропозиції послідовності напіваавтоматизованих дій для проектування DDWSS необхідно враховувати стандарти проектування, технічні рекомендації, характеристики програмного забезпечення, сферу використання, робочі шаблони, сумісність між програмними пакетами та зручність використання інтерфейсу з точки зору необхідних зусиль. Тим не менш, не всі завдання в процесі можуть бути придатними для автоматизації. Рівень складності та обсяг ручної роботи, необхідний для виконання завдання, впливають на рівень необхідних зусиль. Тому, як правило, якщо автоматизація завдання передбачає більше роботи, ніж виконання вручну, його можна вважати або неавтоматизованим, або високовартісним завданням автоматизації [39].

Робочий процес та алгоритми, розроблені в цьому дослідженні, дозволяють автоматизувати розробку проекту MEP у будівельних проектах. Робочий процес забезпечує прості кроки для автоматизації процесу проектування. Крім того, алгоритми, розроблені в Дунамо, дозволяють розпізнавати проект BIM у середовищі Revit, ідентифікувати його елементи

						Арк.
					НУ ЛП, 192-МКР-2025-331	36
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

та обмеження, дозволяти його розрахунок за різними стандартами в Excel та оновлювати інформацію про проектування для середовища BIM.

На рисунку 2 показано запропонований робочий процес, включаючи процеси автоматизації та документування. Він складається з чотирьох етапів: (I) вхідні дані, (II) обробка даних, (III) управління параметрами та (IV) документування вихідних даних.

На рисунку 2 показано кроки автоматизації процесу проектування DDWSS. Формулювання та рекомендації щодо розрахунку базуються на RIDAA. Ці етапи легко розрізнити, щоб інтуїтивно сприймати користувачів у процесі автоматизації простим способом.

					НУ ЛП, 192-МКР-2025-331	Арк.
						37
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

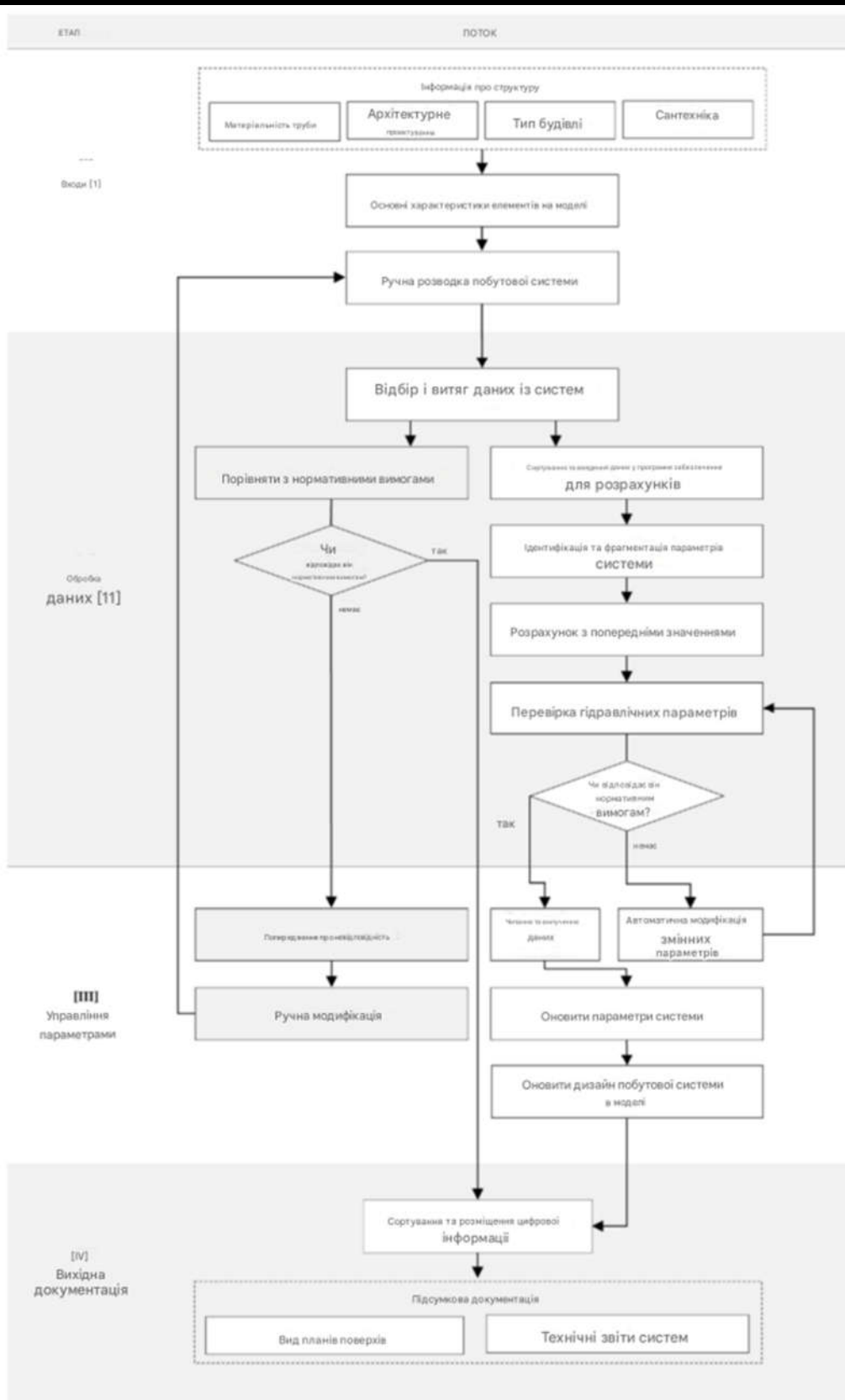


Рисунок 2. Робочий процес для автоматизації проєктування систем питного водопостачання (білі прямокутники) і каналізації (сірі прямокутники).

Цей робочий процес є лише керівництвом для розробки; деталі окремих розділів наведено нижче. Далі, у розділі 5, представлено детальні робочі

						Арк.
						38
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

процеси та пов'язані з ними коди для процесу автоматизації як для проектування, так і для перевірки необхідних елементів MEP.

1.13.1. Вхідні дані для автоматизації

Для концептуального проектування попередня інформація про структуру надається архітектурним проектом, який забезпечує основні умови для роботи DDWSS, такі як тип будівлі, розташування, кількість мешканців або користувачів, розрахункове споживання та існуючі громадські розподільчі та збірні мережі [26]. Потім необхідно визначити тип, розташування та кількість артефактів, що використовуються в будівлі, щоб з'єднати їх та створити систему за допомогою процесу ручного трасування. Мета процесу ручного трасування полягає в тому, щоб полегшити свободу моделювання та встановити критерії для проектування мережі. У процесі трасування необхідно призначити матеріали та попередні діаметри труб, а також будь-які механічні системи, які можуть знадобитися [40].

Як попередній крок для створення моделей проектів BIM, різні елементи, що використовуються для розрахунків, повинні бути налаштовані в Autodesk® Revit®, особливо ті, що належать до систем MEP. Ці елементи включені за замовчуванням із попередньо визначеними параметричними значеннями. Autodesk® Revit® містить базу даних сімейств та типів сімейств за замовчуванням, конфігурація яких попередньо визначена відповідно до специфікацій Міжнародного сантехнічного кодексу (IPC). Необхідно модифікувати та інтегрувати сімейства об'єктів відповідно до норм, що стосуються їх характеристик, розмірів та механічних параметрів, що діють у країні, де буде застосовано процес автоматизації. Це також стосується сімейств труб, для яких, хоча вони мають попередньо визначену базу даних, необхідно додавати нові типи сімейств. У випадку матеріалів необхідно додавати ті, що доступні на ринку, та ті, що все частіше використовуються для встановлення комерційних діаметрів для моделювання.

						Арк.
					НУ ЛП, 192-МКР-2025-331	39
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Щодо артефактів системи, для кожного санітарного приладу необхідно визначити відповідну аббревіатуру, встановлені витрати, висоту та діаметри входу та виходу. Кожна намальована ділянка труби буде підлягати як геометричним, так і механічним обмеженням, тому важливо враховувати характеристики з'єднань елементів у моделі під час побудови трубопровідної системи. Таким чином, необхідно проводити детальне моделювання кожного компонента кожної системи. Усі фітинги та з'єднувачі повинні бути описані та розташовані послідовно, щоб уникнути будь-яких відхилень або розбіжностей у показниках даних, що надаються моделлю. Крім того, розробник моделі повинен правильно вибрати тип системи, до якої належить кожна відстежувана труба; тобто системи холодного водопостачання, гарячого водопостачання або дренажу.

У каналізаційних системах важливо вказати цільове призначення санітарних приладів відповідно до типу будівлі та кількості людей, яких потрібно обслуговувати, щоб правильно визначити потік стічних вод, що повертаються до громадської системи. Системи водопостачання мають самоплив; тому під час прокладання труб необхідно враховувати певні міркування, щоб не створювати точок, в яких можуть осідати тверді відходи та перешкоджати безперервному скиданню потоку. Згідно з нормативними актами, необхідно забезпечити мінімальний ухил труби для забезпечення самоочищення, слід уникати створення геометрій із замкнутими сингулярностями, а люки слід розміщувати правильно.

1.13.2. Обробка даних та управління параметрами

У цій частині дослідження параметри санітарних пристроїв, присутніх у моделі, були ідентифіковані та вилучені, а потім упорядковані та зведені в таблиці таким чином, щоб секції труб можна було генерувати автоматично. У випадку систем питного водопостачання створення таблиць для експорту призначене для ітеративного розрахунку їх параметрів, які потім

						Арк.
					НУ ЛП, 192-МКР-2025-331	40
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

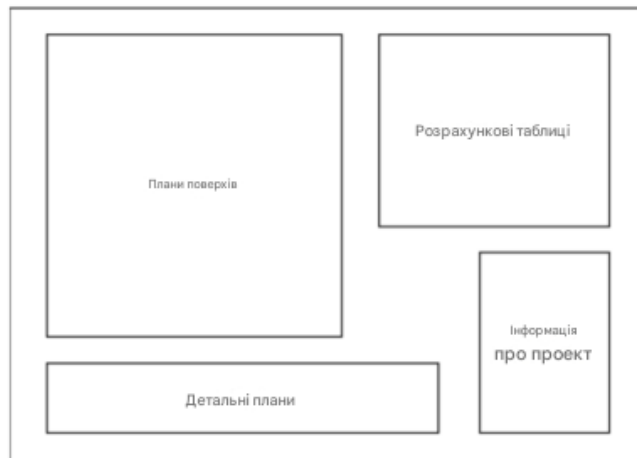


Рисунок 3. Довідковий формат для експортованих планів.

1.14. Тематичне дослідження

У цьому розділі описано методи, що використовувалися для тематичних досліджень, та результати, отримані в процесах автоматизації. У розділі 5.1 наведено результати, пов'язані з системами питного водопостачання, включаючи мережі гарячого та холодного водопостачання. У розділі 5.2 наведено результати автоматизації систем каналізації.

1.14.1. Розрахунок системи питного водопостачання

Як відправну точку для процесів розрахунку було створено серію таблиць з числовою інформацією, пов'язаною з параметрами, що входять до норм щодо санітарно-технічних мереж [26]. Ці значення не можуть змінюватися, оскільки формулювання та методи проектування не зазнали суттєвих змін, тому їх можна розглядати як фіксовані вхідні дані для будь-якого типу проекту.

У деяких випадках значення були адаптовані для оптимізації процесів автоматичного розрахунку та уникнення помилкових критеріїв, пов'язаних з розміром мережі, споживанням та розрахунком втрат тиску. Значення, надані RIDAA, організовані відповідно до діапазону забезпеченості окремими будинками або конструкціями типу «житловий будинок», який, згідно з нормативними актами, може коливатися від 80 до 450 л/особу/день. У нашому

						Арк.
					НУ ЛП, 192-МКР-2025-331	42
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

випадку мінімальне початкове значення було округлено до 250 л/особу/день, взявши за орієнтир нормативний мінімум 211,6 л/особу/день. Ці значення пов'язані із середнім споживанням питної води в житловому секторі Чилі та враховують той факт, що будь-який житловий блок матиме принаймні одну ванну кімнату (включаючи туалет, ванну та раковину), кухню та пральну машину [39]. Це значення зростає зі збільшенням кількості ванних кімнат у мережі. Для практичних цілей термін «середній» використовується для ванних кімнат, які не мають ванни або дощової ванни; іншими словами, тих, які містять лише раковину, туалет та, можливо, біде.

Для розрахунку лічильника води нормативи вказують, що максимально допустима втрата напору становить 5 мка (метрів водяного стовпа). Це значення розраховується відповідно до максимально ймовірної витрати, яка отримується з показників споживання приладів, та максимальних добових значень споживання, отриманих відповідно до постачання та заповненості будівлі. Однак, оскільки досліджувані мережі безпосередньо підключені до мережі загального користування (без резервуарів для зберігання або підйомних механізмів), вони обмежені лише максимальним ймовірним споживанням. З цієї причини фактичне значення максимального добового споживання слід використовувати лише тоді, коли результуюча втрата у лічильнику менше 5 мка. В іншому випадку для розрахунку втрат можна використовувати максимальну добову витрату, що відповідає діаметру лічильника, що відповідає ймовірній максимальній витраті.

У випадку, коли мережа має сублічильники з діаметрами, які не є послідовними значеннями відносно загального діаметра лічильника, згідно з порядком, наведеним у Таблиці 4, кінцевий діаметр сублічильника слід розглядати як значення безпосередньо нижче діаметра загального лічильника системи. Це необхідно для будівельних цілей, оскільки, якщо діаметри відрізняються більш ніж на два значення, підключення лічильника до сегмента сублічильника призведе до використання зайвої кількості аксесуарів

						Арк.
					НУ ЛП, 192-МКР-2025-331	43
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

для зменшення діаметра, що зробить сублічильник неефективним з точки зору конструкції.

Тип матеріалу труби визначається відповідно до мінімально допустимого номінального тиску для водопровідності, який має бути більше або дорівнювати 10 кгс/см² [26]. Крім того, корисний діаметр обмежений мінімумом, встановленим RIDAA, 13 мм для міді або 16 мм для пластикових матеріалів. Крім того, діаметри, які не є комерційно доступними, не враховуються, як у випадку з мідними трубами діаметром 15 мм.

На основі параметрів, необхідних як вхідні дані для розрахунку санітарно-сантехнічних мереж, а також згаданих раніше міркувань було створено електронну таблицю бази даних. Зміст цієї електронної таблиці наведено в таблиці 5.

Таблиця 5. Зміст бази даних для розрахунку каналізаційних водопровідних мереж.

Тип даних	призначення	Адаптації
Діапазон постачання питної води	Розрахунок максимального добового споживання	Інтерпольовані значення забезпеченості в односімейних будинках розраховуються відповідно до кількості наявних ванних кімнат
Аксесуарні коефіцієнти витрат	Розрахунок одиничного збитку	Жодних адаптацій
Матеріал і діаметр труб	Визначення витрат на тертя і швидкості потоку	Обмеження, що накладаються правилами та комерційними діаметрами, доступними в Чилі
Витрата відповідно до типу сантехнічного приладу	Розрахунок встановлених і ймовірних максимальних витрат	Жодних адаптацій
Поширені височини артефактів	Розрахунок витрат висоти	Середня висота визначається на основі архітектури та типу артефакту

Як адаптацію для процесів автоматичної ітерації та для отримання результатів у межах нормативних значень, можна встановити критерій безпеки щодо швидкостей потоку в трубах для постачання питної води. Максимальна швидкість потоку повинна становити 2,5 м/с для зовнішніх або головних розподільчих труб та 2,0 м/с для внутрішніх труб мережі [26]. Як результат, обмеження швидкості може бути змінено до 2,0 м/с у всіх трубах системи, незалежно від їх стану, за винятком ділянки, розташованої безпосередньо нижче за течією від підключення до будинку, де обмеження може підтримуватися на рівні 2,5 м/с. Ці значення вибрано з припущення, що ця ділянка буде з найбільшим діаметром у всій мережі. Це визначення має на меті забезпечити безперервність змін діаметра між різними ділянками та

						Арк.
						44
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	НУ ЛП, 192-МКР-2025-331	

захистити систему від можливих пошкоджень через вплив гідравлічного удару.

Застосовуючи робочий процес, описаний на рисунку 2, було проаналізовано та протестовано різні серії кодів, щоб витягти відповідну інформацію з моделі. Був пошук оптимального та найпростішого способу передачі даних, що відповідають кожному об'єкту в моделі проекту, організованим та точним чином. Процес, отриманий після застосування робочого процесу, показано на рисунку 4.

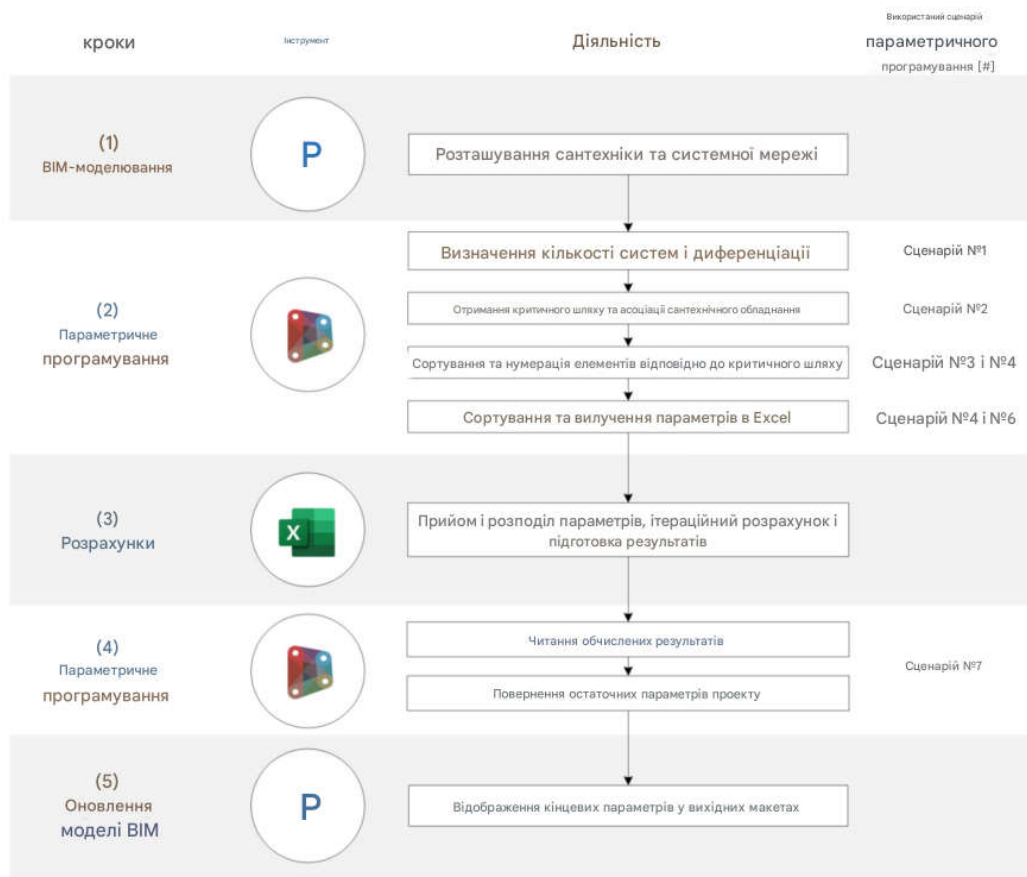


Рисунок 4. Послідовність дій для автоматичного розрахунку сантехнічних систем, організована в п'ять етапів: (1) моделювання BIM, (2) параметричне програмування, (3) розрахунки, (4) параметричне програмування та (5) оновлення моделі BIM. Усі сценарії представлені у Додатку А.

На рисунку 4 показано процес автоматизації розрахунку санітарно-сантехнічних систем, який містить п'ять кроків. Кожен крок складається з дій. Дії, що підтримуються параметричним програмуванням за допомогою Dymato, пов'язані з кількістю використаних скриптів, що містять програмний код. Ці скрипти доступні в Додатку А для можливості реплікації процесу та є

наступними. (1) Моделювання BIM: цей крок виконується за допомогою програмного забезпечення Revit і дозволяє визначити розташування санітарно-сантехнічного об'єкта та мережі системи. (2) Параметричне програмування: параметричний інструмент Dynamo використовується для ідентифікації різних систем та їх кількості, а також для отримання критичного шляху систем. Усі компоненти систем сортуються відповідно до критичного шляху та експортуються в електронну таблицю. (3) Розрахунки: інформація, отримана Dynamo, організовується в таблиці та експортується в базу даних у програмному забезпеченні Excel. У цьому програмному забезпеченні виконуються ітераційні розрахунки для досягнення відповідності стандартам проектування, доки не будуть отримані остаточні параметри проектування. (4) Параметричне програмування: інструмент Dynamo використовується для перенесення інформації з Excel до Revit. (5) Оновлення моделі BIM: остаточна модель MEP разом із необхідними даними оновлюється в Revit інформацією з Dynamo.

					НУ ЛП, 192-МКР-2025-331	Арк.
						46
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2. Вихідні дані для проектування

					НУ ЛП, 192-МКР-2025-331	Арк.
						47
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2.1 Загальна характеристика району

Ужгород — найзахідніше місто України, розташоване у передгір'ї Карпат, безпосередньо на кордоні зі Словаччиною. Воно є адміністративним центром Закарпатської області та важливим прикордонним містом з вигідним стратегічним розташуванням. Місто лежить у західній частині Закарпатської низовини, на відстані близько 800 км від Києва та всього за кілька кілометрів від державного кордону. Це надає Ужгороду унікального транскордонного характеру та сприяє його активній участі в міжнародних проєктах, транзитних перевезеннях і розвитку туризм

Географічно Ужгород розміщений на семи пагорбах, які створюють цікаву та мальовничу топографію міста. Найвідоміший серед них — Замкова гора, де височіє старовинний Ужгородський замок. Загальна площа міста становить приблизно 40 км², і завдяки поєднанню рівнинного та пагористого рельєфу, тут вдало переплітаються природні ландшафти й міська забудова. Місцевість навколо багата на родючі ґрунти, ліси та зелені насадження, що додає місту особливої екологічної цінності. Наявність природних підвищень також забезпечує гарні панорамні краєвиди, особливо в центральній частині.

Основною водною артерією міста є річка Уж, яка має спокійний перебіг і відіграє важливу роль у житті мешканців Ужгорода. Хоча у межах міста немає великих озер, поблизу розташовані кілька штучних водойм та озер, які використовуються для відпочинку й риболовлі. Також Ужгород має добре розвинену мережу каналів, які регулюють водний баланс території.

2.2 Рельєф міста

Рельєф Ужгорода формувався під впливом як природних геологічних процесів, так і діяльності людини. Місто розташоване в західній частині Закарпатської низовини, в місці, де рівнинний ландшафт поступово переходить у передгір'я Карпат. Завдяки цьому територія міста має переважно слабо-хвилясту поверхню з окремими пагорбами та пологими підвищеннями.

					НУ ЛП, 192-МКР-2025-331	Арк.
						48
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Така структура рельєфу створює приємне поєднання урбаністичного середовища й природного ландшафту.

Найхарактернішою особливістю рельєфу є наявність декількох височин, серед яких виділяється Замкова гора — історичне ядро Ужгорода, на якій розташований старовинний замок. Інші помітні підвищення включають Горянський пагорб і район Дравці, що також вирізняються складнішим мікрорельєфом. Ці території мають вулканічне або осадове походження, що типово для передгірських ділянок Карпатського регіону. Вони не лише формують унікальний ландшафт міста, але й обмежують забудову в деяких районах, що вимагає спеціального планування інфраструктури.

Решта території Ужгорода представлена більш рівнинними ділянками, які зручні для забудови та розміщення інженерних мереж. Саме на цих просторах сформувалися основні житлові масиви, промислові зони та транспортні вузли. Поверхня тут порівняно рівна або з незначними ухилами, що сприяє раціональному використанню міської площі.

Також у межах міста трапляються невеликі природні підвищення, які чергуються з пониженнями, створюючи характерний для Ужгорода м'яко-хвилястий мікрорельєф. На багатьох схилах сьогодні розташовані приватні житлові забудови, сади й парки. Деякі з цих пагорбів вкриті лісовими масивами або залишками природної рослинності, що виконує функцію захисту ґрунтів від ерозії.

Загалом рельєф Ужгорода є мозаїчним і водночас гармонійним: тут поєднуються як зручні для міської інфраструктури рівнини, так і окремі підвищення, що надають місту особливого рельєфного характеру.

2.3 Кліматичні характеристики

Ужгород — місто, яке має помірно континентальний клімат із м'якою зимою і теплим літом. Завдяки своєму географічному розташуванню в західній частині України, в зоні передгір'їв Карпат, клімат тут має певні

						Арк.
					НУ ЛП, 192-МКР-2025-331	49
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

особливості, які роблять його одним із найтепліших міст в Україні. Це зумовлено близькістю гір, що захищають місто від холодних вітрів, а також наявністю транзитних повітряних мас, що надходять із Центральної Європи.

Середня річна температура в Ужгороді становить приблизно $+10,5^{\circ}\text{C}$. Це показник, який є характерним для середньої смуги України, однак тут температура в зимовий період дещо м'якша, а в літній — трохи вища. Зима в Ужгороді зазвичай помірно холодна. Середня температура в січні коливається між -2°C і -1°C , що є характерним для клімату цього регіону. Морози, звісно, можуть траплятися, але вони рідко бувають тривалими. Протягом зими температура може коливатися від 0°C до -10°C , але рідко спостерігаються сильні морози нижче -15°C . Сніг випадає в Ужгороді зазвичай на початку грудня і тане до кінця лютого або на початку березня.

Літо в Ужгороді тепле, іноді спекотне, із середньою температурою в липні близько $+20^{\circ}\text{C}$ — $+21^{\circ}\text{C}$. В окремі дні температура може досягати $+30^{\circ}\text{C}$ і вище, що не є рідкістю в спекотні літні місяці. Завдяки тому, що місто розташоване в передгір'ї Карпат, тут не таке спекотне літо, як у центральних та південних районах України. Це сприяє комфортнішому клімату для життя, адже висока температура не стає критичною.

Ужгород відзначається яскраво вираженими сезонами. Зима м'яка й помірно холодна, з малими кількостями снігу. Вже з березня температура починає підніматися, що дозволяє швидко приходити весні. Март і квітень — місяці, коли починається відновлення природи, і погода поступово стає теплішою, хоча інколи ще можуть бути заморозки. Протягом цього періоду температура в Ужгороді може коливатися від 0°C до $+10^{\circ}\text{C}$.

Літо в Ужгороді настає досить рано, вже в травні температура часто перевищує $+15^{\circ}\text{C}$, а в червні сягає свого максимуму. Літні місяці, як правило, дуже комфортні для перебування на свіжому повітрі, завдяки помірному рівню вологості та середньому тепловому навантаженню. В серпні

						Арк.
					НУ ЛП, 192-МКР-2025-331	50
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

температура може підніматися до +30°C, але через відносно помірний клімат, така спека переноситься значно легше.

Кількість опадів у Ужгороді за рік становить 700–850 мм, що є середнім рівнем для Закарпаття. Переважно опади зосереджені в тепліші місяці, з травня по липень. Найбільше дощів випадає в травні і червні, коли проходять сильні зливи й грози. У цей період середня кількість опадів на місяць може досягати до 100 мм. Листопад і грудень також характеризуються підвищеною вологістю, але опадів випадає менше, й переважно це дощі.

Сніг у зимовий період — явище досить рідкісне, адже сніговий покрив зазвичай не утримується більше ніж кілька днів. Взимку середня кількість опадів становить близько 30 мм на місяць, з максимальними показниками в січні та лютому.

Вітри в Ужгороді слабкі або помірні, хоча іноді можуть бути сильними в зимові місяці. Переважно вітри спрямовані з південного заходу або заходу, що приносить із собою теплі й вологі повітряні маси. Сильні вітри рідко досягають великих швидкостей, оскільки місто розташоване в долині, де його захищають від північних вітрів Карпати. Північний захід — найбільш рідкісний напрямок для вітрів у цьому регіоні.

Однією з характерних рис клімату Ужгорода є значна кількість сонячних днів у році — близько 190–210 днів. Це робить місто привабливим для відпочинку та туристів, особливо в період весни та літа, коли цвітуть сакури, каштани та інші дерева, надаючи Ужгороду особливу естетичну привабливість.

Ужгород має клімат, який добре підходить для проживання, завдяки м'яким зимам, теплим літом та поміркованій кількості опадів. Завдяки сприятливим температурним умовам, на території міста розвиваються різноманітні види рослинності, що дозволяє розташовувати тут сади, парки й інші зелені насадження. М'яка зима дозволяє зберігати комфортні умови для

									Арк.
									51
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	НУ ЛП, 192-МКР-2025-331				

життя протягом усього року, а тепле літо дає можливість насолоджуватися природою без надмірної спеки.

Цей помірно континентальний клімат є ідеальним для вирощування таких культур, як виноград, фруктові дерева, а також для розвитку різних видів туризму. Ужгород — це місто, де кліматичні умови сприяють комфортному проживанню та активному відпочинку на свіжому повітрі протягом більшої частини року.

2.4 Гідрографія

Ужгород — місто, яке знаходиться в західній частині України, у долині річки Уж, на південному заході Закарпаття. Гідрографія цього міста тісно пов'язана з розташуванням на території Закарпатської низовини, що обумовлює його водні ресурси та природні особливості. Водні об'єкти Ужгорода мають значення не лише з екологічного, але й з економічного, культурного та рекреаційного поглядів. Річки, озера та інші водойми виконують важливі функції в підтримці біорізноманіття, а також використовуються для водопостачання, сільського господарства та відпочинку.

Основною водною артерією міста є річка Уж, на якій і розташоване саме місто. Окрім Ужа, на території міста також є кілька дрібних водотоків, озер та штучних водойм, які вносять свій внесок у гідрографічну ситуацію. Тому водний баланс Ужгорода є важливою складовою частиною його екосистеми. Водні об'єкти міста не лише впливають на кліматичні умови, а й створюють сприятливі умови для розвитку рослинності та тваринного світу.

Гідрографія Ужгорода, як і багатьох інших міст, має як природні, так і штучні водойми. Найважливіша роль у водному ландшафті міста належить річці Уж, яка є основним водним потоком і центральною артерією міста. Поруч з річкою розташовані численні заплави та низовини, що також впливають на водний режим у місті.

						Арк.
					НУ ЛП, 192-МКР-2025-331	52
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Важливе значення мають також природні озера та штучні водосховища, які відіграють свою роль у забезпеченні водними ресурсами, а також слугують важливими об'єктами для рекреаційних і туристичних цілей.

2.4.1 Річка Уж

Річка Уж є основною водною артерією Ужгорода та значною складовою частиною гідрографії Закарпаття. Вона протікає через місто з півдня на північ, втілюючи важливу роль як екологічно, так і економічно. Уж — це одна з найбільших річок області, яка має довжину близько 120 км і є лівою притокою річки Тиса. Витоки Ужа розташовані в горах, що утворюють природний кордон між Україною та Словаччиною, що забезпечує стабільність водного потоку, особливо під час весняних повеней або сильних дощів.

Річка має звивисте русло і на території міста проходить через кілька природних зон, змінюючи свої характеристики. У межах Ужгорода Уж є досить вузьким потоком, середня ширина якого коливається від 20 до 50 метрів, залежно від ділянки. Глибина річки на території міста варіюється від 1 до 3 метрів, що створює умови для локальної навігації та рибальства. Вода в річці в основному чиста, хоча через високий рівень урбанізації та сільськогосподарську діяльність у прилеглих районах, деякі ділянки Ужа можуть зазнавати забруднення.

Притоки, що впадають в Уж, зокрема малі річки та потоки, допомагають підтримувати водний баланс і стабільність рівня води протягом року. Особливо важливою є весняна повінь, коли танення снігів у горах підвищує рівень води в річці, що може призвести до затоплення низинних територій. Проте завдяки природному руслу та створеним інфраструктурним об'єктам, таких як дамби, місто не страждає від великих повеней. Річка Уж також використовується для сільськогосподарських потреб, зокрема для зрошення полів, та для водопостачання деяких районів міста.

						Арк.
					НУ ЛП, 192-МКР-2025-331	53
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Варто зазначити, що Уж є важливим екологічним об'єктом, який підтримує місцеві екосистеми. Біорізноманіття цієї річки включає численні види риб, водних рослин і комах, що робить її значущою частиною природної спадщини Ужгорода. Водойма має важливе значення не лише для розвитку локального сільського господарства, але й для проведення рекреаційних заходів, таких як риболовля та відпочинок на воді.

2.4.2 Річка Латориця

Річка Латориця — це ще один важливий водний потік, який відіграє значну роль у гідрографії Закарпаття, хоча вона безпосередньо не протікає через саме місто Ужгород. Латориця є правою притокою річки Тиса і має довжину близько 160 км. Витоки річки знаходяться на заході Закарпатської області, а її течія проходить через кілька міст, зокрема через Мукачево, і нарешті впадає в Тису на південному заході області.

Хоч Латориця не проходить через Ужгород, її води суттєво впливають на водний режим у місті. Річка проходить через низовини та численні сільськогосподарські угіддя, що робить її важливим джерелом води для місцевих фермерських господарств. Латориця також має значення для зрошення сільськогосподарських земель, особливо в районі, де її води активно використовуються для поливу полів.

Завдяки своєму руслу, Латориця часто підвищує рівень води в прилеглих територіях, особливо після сильних дощів або весняного танення снігів. У цей період річка може виходити з берегів, затоплюючи прилеглі низовини, однак на річці є ряд гідротехнічних споруд, що контролюють її водний рівень, зменшуючи ризик повеней. Латориця також має помірно швидку течію, завдяки чому її води часто використовуються для місцевих потреб.

Окрім цього, Латориця є домом для великої кількості водних рослин і тварин, що є частиною екосистеми річки. Завдяки своїй багатій флорі та фауні,

						Арк.
					НУ ЛП, 192-МКР-2025-331	54
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

річка має важливе значення для збереження біорізноманіття, а її води служать середовищем для риб, яких у певних ділянках можна ловити.

У своєму середньому та нижньому руслі річка Латориця стає повільнішою і ширшою, з численними заливними територіями та низинами. Тут розташовані природні заплави, що підвищують рівень води в літній період. Завдяки цьому Латориця є важливим джерелом води для численних сільськогосподарських і екологічних потреб.

2.4.3 Штучні водойми та стави

Окрім природних озер, Ужгород має кілька штучних водойм, які також відіграють важливу роль у водному балансі та інфраструктурі міста. Одним з таких водних об'єктів є ставок в районі Дравці, який розташований на південному заході від Ужгорода. Це штучне озеро утворене в результаті будівництва гідротехнічних споруд, призначених для забезпечення водопостачання та збереження водних ресурсів у регіоні.

Ставок у Дравці використовується в основному для сільськогосподарських цілей, зокрема для зрошення прилеглих полів. У часи засухи або в періоди, коли інші джерела води обмежені, цей ставок є важливим резервуаром для поповнення водних ресурсів. Завдяки своїй природній структурі, ставка також стає середовищем для розвитку певних видів водних рослин і риб, що сприяє збереженню біорізноманіття на території міста.

Окрім цього, на території міста є ще кілька невеликих ставів, що використовуються для різних господарських потреб, зокрема для водопостачання будинків, оранки та зрошення. Ці штучні водойми в основному мали функціональне значення у давні часи, коли землеробство і водозабезпечення відігравали ключову роль у житті місцевих громад.

Такі водойми не тільки виконують господарські функції, але й надають певні можливості для організації рекреації, хоча й не мають того рівня

									Арк.
									55
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	НУ ЛП, 192-МКР-2025-331				

відвідуваності, що природні озера. Для місцевих жителів стави іноді слугують додатковими місцями для риболовлі та прогулянок, що підвищує їхню привабливість як частини природного ландшафту міста. Крім того, штучні водойми допомагають регулювати водний режим Ужгорода, зменшуючи ризик затоплень під час сильних дощів або повеней.

Окрім основних озер і ставів, в Ужгороді є ще кілька водойм, які слугують важливими екологічними об'єктами для підтримки біорізноманіття і водного балансу. Вони використовуються не лише для господарських цілей, а й як зони для спостереження за природою, наукових досліджень та природоохоронних заходів. Водойми цієї категорії часто можна зустріти на околицях міста або в межах лісових масивів, де вони допомагають підтримувати стабільний рівень вологості і сприяють розвитку місцевих екосистем.

Зокрема, водойми, що використовуються для рекреаційних потреб, часто виступають в ролі «зелених зон» для жителів, надаючи можливість для відпочинку та еко-туризму. Такі водойми мають велику цінність для збереження природної спадщини і підтримки здоров'я екосистем, адже вони сприяють збереженню водних видів, які потребують захисту.

					НУ ЛП, 192-МКР-2025-331	Арк.
						56
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

3. Розрахунок водоспоживання

					НУ ЛП, 192-МКР-2025-331	Арк.
						57
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

3.1. Вихідні дані для розрахунку:

Мешканці будинку:

$U_1 = 202$ чол – кількість мешканців будинку;

Норми водоспоживання згідно ДБН В. 2.5 - 64:2012, п. 4 табл. А1.

$Q_{T1}^{tot} = 210$ л/добу – середня (за рік) добова витрата загальної води;

$Q_{T1}^c = 125$ л/добу – середня (за рік) добова витрата холодної води;

$Q_{T1}^h = 85$ л/добу – середня (за рік) добова витрата гарячої води;

$T_1 = 24$ год – тривалість водорозбору.

Працівники комерції:

$U_2 = 12$ чол – кількість працівників;

Норми водоспоживання згідно ДБН В. 2.5 - 64:2012, п. 8 табл. А2.

$Q_{T2}^{tot} = 15$ л/добу – середня (за рік) добова витрата загальної води;

$Q_{T2}^c = 9$ л/добу – середня (за рік) добова витрата холодної води;

$Q_{T2}^h = 6$ л/добу – середня (за рік) добова витрата гарячої води;

$T_2 = 12$ год – тривалість водорозбору.

3.2. Розрахунок водоспоживання:

3.2.1. Мешканці будинку:

Середні за добу розрахункові витрати загальної води:

$$Q_T^{tot} = \frac{\sum U \times Q_T^{tot}}{1000} = \frac{202 \times 210}{1000} = 42,39 \text{ м}^3/\text{добу}$$

Максимальні за добу розрахункові витрати загальної води:

$$Q_{\max}^{tot} = Q_T^{tot} \cdot k_d;$$

де k_d - коефіцієнт максимальної добової нерівномірності, який приймається згідно з таблицею А.4 додатку А.

Середні за годину розрахункові витрати на води:

						Арк.
						58
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	НУ ЛП, 192-МКР-2025-331	

$$q_T^{tot} = \frac{Q^{tot}}{T} = \frac{210}{24} = 8,75 \text{ л/год}$$

$$Q_{max}^{tot} = 42,39 \times 1,53 = 64,86 \text{ м}^3/\text{добу}$$

Середні за добу розрахункові витрати холодної води:

$$Q_T^c = \frac{\sum U \times Q_T^c}{1000} = \frac{202 \times 125}{1000} = 25,25 \text{ м}^3/\text{добу}$$

Максимальні за добу розрахункові витрати холодної води:

$$Q_{max}^c = Q_T^c \cdot k_d;$$

де k_d - коефіцієнт максимальної добової нерівномірності, який приймається згідно з таблицею А.4 додатку А.

Середні за годину розрахункові витрати холодної води:

$$q_T^c = \frac{Q^c}{T} = \frac{125}{24} = 5,21 \text{ л/год}$$

$$Q_{max}^c = 25,25 \times 1,53 = 38,63 \text{ м}^3/\text{добу}$$

Середні за добу розрахункові витрати гарячої води:

$$Q_T^h = \frac{\sum U \times Q_T^h}{1000} = \frac{202 \times 85}{1000} = 17,17 \text{ м}^3/\text{добу}$$

Максимальні за добу розрахункові витрати гарячої води:

$$Q_{max}^h = Q_T^h \cdot k_d;$$

де k_d - коефіцієнт максимальної добової нерівномірності, який приймається згідно з таблицею А.4 додатку А.

Середні за годину розрахункові витрати на води:

$$q_T^c = \frac{Q^h}{T} = \frac{85}{24} = 3,54 \text{ л/год}$$

$$Q_{max}^h = 17,17 \times 1,53 = 26,27 \text{ м}^3/\text{добу}$$

Максимальні годинні та секундні витрати води:

Визначаються для житлових будинків по табл. А7 в залежності від к-сті споживачів при розрахунковій середній добовій витраті води 210 л/добу на одну людину:

						Арк.
					НУ ЛП, 192-МКР-2025-331	59
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Загальної води:

$$\text{макс. годинна витрата : } q_{hr}^{tot} = 6,69 \text{ м}^3/\text{год}$$

$$\text{макс. секундна витрата : } q^{tot} = 2,69 \text{ л/с}$$

Холодної води:

$$\text{макс. годинна витрата : } q_{hr}^c = 4,52 \text{ м}^3/\text{год}$$

$$\text{макс. секундна витрата : } q^c = 1,75 \text{ л/с}$$

Гарячої води:

$$\text{макс. годинна витрата : } q_{hr}^h = 4,44 \text{ м}^3/\text{год}$$

$$\text{макс. секундна витрата : } q^h = 1,66 \text{ л/с}$$

3.2.2. Працівники комерції:

Середні за добу розрахункові витрати загальної води:

$$Q_T^{tot} = \frac{\sum U \times Q_T^{tot}}{1000} = \frac{12 \times 15}{1000} = 0,18 \text{ м}^3/\text{добу}$$

Максимальні за добу розрахункові витрати загальної води:

$$Q_{max}^{tot} = Q_T^{tot} \cdot k_d ;$$

де k_d - коефіцієнт максимальної добової нерівномірності, який приймається згідно з таблицею А.4 додатку А.

Середні за годину розрахункові витрати на води:

$$q_T^{tot} = \frac{Q^{tot}}{T} = \frac{15}{12} = 1,26 \text{ л/год}$$

$$Q_{max}^{tot} = 0,18 \times 1,77 = 0,31 \text{ м}^3/\text{добу}$$

Середні за добу розрахункові витрати холодної води:

$$Q_T^c = \frac{\sum U \times Q_T^c}{1000} = \frac{12 \times 9}{1000} = 0,11 \text{ м}^3/\text{добу}$$

Максимальні за добу розрахункові витрати холодної води:

$$Q_{max}^c = Q_T^c \cdot k_d ;$$

						Арк.
						60
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	НУ ЛП, 192-МКР-2025-331	

де k_d - коефіцієнт максимальної добової нерівномірності, який приймається згідно з таблицею А.4 додатку А.

Середні за годину розрахункові витрати на води:

$$q_T^c = \frac{Q^c}{T} = \frac{9}{12} = 0,75 \text{ л/год}$$

$$Q_{max}^c = 0,11 \times 1,77 = 0,2 \text{ м}^3/\text{добу}$$

Середні за добу розрахункові витрати гарячої води:

$$Q_T^h = \frac{\sum U \times Q_T^h}{1000} = \frac{12 \times 6}{1000} = 0,07 \text{ м}^3/\text{добу}$$

Максимальні за добу розрахункові витрати гарячої води:

$$Q_{max}^h = Q_T^h \cdot k_d;$$

де k_d - коефіцієнт максимальної добової нерівномірності, який приймається згідно з таблицею А.4 додатку А.

Середні за годину розрахункові витрати на води:

$$q_T^c = \frac{Q^h}{T} = \frac{6}{12} = 0,50 \text{ л/год}$$

$$Q_{max}^h = 0,07 \times 1,77 = 0,12 \text{ м}^3/\text{добу}$$

Максимальні годинні та секундні витрати води:

Визначаються по табл.А5:

Загальної води:

$$\text{макс. годинна витрата : } q_{hr}^{tot} = 0,56 \text{ м}^3/\text{год}$$

$$\text{макс. секундна витрата : } q^{tot} = 0,38 \text{ л/с}$$

Холодної води:

$$\text{макс. годинна витрата : } q_{hr}^c = 0,38 \text{ м}^3/\text{год}$$

$$\text{макс. секундна витрата : } q^c = 0,26 \text{ л/с}$$

Гарячої води:

$$\text{макс. годинна витрата : } q_{hr}^h = 0,34 \text{ м}^3/\text{год}$$

$$\text{макс. секундна витрата : } q^h = 0,22 \text{ л/с}$$

									Арк.
									61
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	НУ ЛП, 192-МКР-2025-331				

3.3. Розрахунок побутової каналізації:

3.3.1. Мешканці будинку

Максимальні за добу розрахункові витрати загальної води:

$$Q_{max}^{tot} = 64,86 \text{ м}^3/\text{добу}$$

Максимальні годинні та секундні витрати води:

$$\text{макс. годинна витрата : } q_{hr}^{tot} = 6,69 \text{ м}^3/\text{год}$$

$$\text{макс. секундна витрата : } q^{tot} = 2,69 + 1,60 = 4,29 \text{ л/с}$$

3.3.2. Працівники комерції:

Максимальні за добу розрахункові витрати загальної води:

$$Q_{max}^{tot} = 0,31 \text{ м}^3/\text{добу}$$

Максимальні годинні та секундні витрати води:

$$\text{макс. годинна витрата : } q_{hr}^{tot} = 0,56 \text{ м}^3/\text{год}$$

$$\text{макс. секундна витрата : } q^{tot} = 0,38 + 1,60 = 1,98 \text{ л/с}$$

					НУ ЛП, 192-МКР-2025-331	Арк.
						62
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Розрахунок витрат води

Од.вим.	Кількість споживачів, U (за добу)	Кількість приладів, N	Час споживання води, год (зм.)	Середня витрата води (за рік) на одного споживача, л/добу	Коеф. нерівном. K_d		Середня витрати за годину, л/год		Максимальна добова витрата, м ³ /добу				Максимальна за годину витрата, м ³ /год				Максимальна за секунду витрата, л/с							
					$Q_{tot,T}^{tot}$	$Q_{h,T}^{h}$	$Q_{tot,T}^{tot}$	$Q_{h,T}^{h}$	Q_{max}^{tot}	Q_{max}^h	Q_{max}^c	сто кві	$q_{tot,h}^{tot}$	q_{hr}^h	q_{hr}^c	ст окі в	q^c	q^h	q^{tot}	ст окі в	q^c	q^h	q^{tot}	ст окі в
Мешк. жителя	202	440	24	85	1,53	3,54	8,75	64,86	38,63	26,27	64,86	4,52	4,44	6,69	2,69	1,75	1,66	4,29	1,66	1,75	2,69	1,66	1,75	2,69
Праців. комерції	12	10	12	6	1,77	0,50	1,26	0,31	0,20	0,12	0,31	0,38	0,34	0,56	0,38	0,26	0,22	0,56	0,22	0,26	0,38	0,22	0,26	0,38
Сумарні витрати води:																								
								65,17	38,83	26,39	65,17	4,90	4,78	7,25	3,07	2,01	1,88	7,25	1,88	2,01	3,07	1,88	2,01	3,07

Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата
-----	------	---------	--------	------

НУ ЛП, 192-МКР-2025-331

Арк.

63

4. Проектування мереж водопостачання та водовідведення за допомогою Autodesk Revit

					НУ ЛП, 192-МКР-2025-331	Арк.
						64
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

4.1. Моделювання внутрішніх систем ВК

Етап облаштування внутрішньої інженерної мережі водопостачання та каналізації в нинішніх умовах набагато легший і кращий завдяки використанню технологій інформаційного моделювання будівель (BIM). Дуже важливою частиною застосування плану BIM є пакет програмного забезпечення Autodesk Revit, який об'єднує всі різні поля, автоматизує процеси моделювання та створює правильну документацію відповідно до правил.

4.1.1. Вихідні дані

Об'єкт, що розглядається, 8-ми поверховий багатоквартирний житловий будинок з підземним паркінгом, має наступні основні техніко-проектні характеристики:

- Площа поверху: 630 м²;
- Кількість квартир на кожному поверсі: 11 (з санвузлом, кухнею);
- Загальна кількість квартир: 88;
- Нижній поверх: розміщення автостоянки, підсобних приміщень, індивідуального теплового пункту;
- Висота поверху: 3,0 м;

4.1.2. Підготовка моделі до роботи

Перед початком моделювання архітектурна або координаційна модель передається в середовище Revit, щоб забезпечити правильне розташування інженерних систем по відношенню до несучих конструкцій, перекриттів, шахт та інших будівельних елементів.

Завантажується необхідний шаблон проекту (наприклад, шаблон MEP), який містить попередньо налаштовані категорії, системи, сімейства та стилі анотацій. Необхідні рівні (Рівні) встановлюються відповідно до висот поверхів або типових будівельних відміток.

						Арк.
						65
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	НУ ЛП, 192-МКР-2025-331	

4.1.3. Моделювання систем водопостачання

Для моделювання спочатку потрібно створити систему холодного та гарячого водопостачання.

- Обрати відповідні типи трубопроводів (наприклад, ПВХ, сталь, поліпропілен тощо) із заздалегідь заданими параметрами: діаметри, матеріали, товщина стінки, клас тиску.

- Вставити сантехніку (умивальники, унітази, душові тощо) з відповідних сімейних бібліотек.

Після розміщення сантехнічних приладів створюються системи, у яких кожен прилад під'єднується до джерела водопостачання (опускної або основної труби), після чого формується замкнута система, яку Revit автоматично визначає як логічну схему, оскільки вона враховує напрямок руху води.

Включено вимоги до з'єднань, фітингів та інших елементів (наприклад, зворотних клапанів, фільтрів тощо).

Процес моделювання системи водопостачання починається з формування вузла вводу, який проектується у технічному приміщенні підземного паркінгу. На цьому етапі передбачається встановлення запірної арматури, фільтра грубого очищення, зворотного клапана та електронного лічильника води, що забезпечує точний облік споживання. Ввідний трубопровід виконується з поліетиленової труби діаметром 75 мм, що гарантує необхідний тиск і достатню пропускну здатність для обслуговування усіх квартир у будівлі.

Зважаючи на високу поверховість будинку та велику кількість споживачів, у проєкті передбачено три основні інженерні стояки, кожен з яких включає окремі вертикальні трубопроводи для холодного та гарячого водопостачання. Ці стояки, виконані з труб діаметром 40 мм, проходять через усі вісім поверхів, забезпечуючи безперебійну подачу води до кожної квартири.

					НУ ЛП, 192-МКР-2025-331	Арк.
						66
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Горизонтальна розводка води здійснюється в межах поверхів — у стяжці підлоги або у просторах між перекриттям і фальшпотолком, що дозволяє приховати інженерні мережі без шкоди для естетики приміщень. Для забезпечення гарячого водопостачання використовується централізований електричний бойлер, оснащений системою рециркуляції, яка мінімізує теплові втрати та скорочує час очікування на подачу гарячої води до сантехнічних приладів.

У межах кожної квартири виконується детальне моделювання приєднання сантехнічних приладів до мережі водопостачання. До системи підключаються умивальники, унітази, ванни, кухонні мийки, пральні машини та інші побутові пристрої. Для цього застосовуються стандартні сімейства Revit з попередньо налаштованими з'єднаннями для холодної та гарячої води. Розводка труб у квартирах виконується з полімерних матеріалів діаметром від 16 до 25 мм, з урахуванням довжини ділянок і кількості споживачів.

Кожне приєднання формує частину єдиної, логічно замкненої системи, яка в середовищі Revit ідентифікується як окрема водопровідна мережа. Це дозволяє проводити перевірку цілісності, виявляти помилки проектування та виконувати гідравлічні розрахунки у автоматичному режимі.

Загальна інформаційна модель системи водопостачання забезпечує чітке структурування за поверхами, стояками та квартирами, що значно спрощує створення робочих креслень, аксонометричних схем та специфікацій для монтажу й закупівлі матеріалів. Такий підхід дозволяє не лише підвищити точність проектування, а й оптимізувати процеси будівництва та подальшої експлуатації будівлі.

4.1.4. Моделювання каналізаційних систем

Подібним чином система каналізації формується шляхом встановлення приладів і прокладання каналів з урахуванням наступного:

					НУ ЛП, 192-МКР-2025-331	Арк.
						67
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Принцип тяжіння: труби прокладаються з ухилом, згідно вимог ДБН В.2.5-64:2012. Це робиться шляхом встановлення параметра Slope (ухил труби).

Правильні сімейства фасонних елементів: трійники, хрестовини, зірочки, вигини тощо.

Стояки і горизонтальні ділянки виконуються з урахуванням провітрювання каналізаційних мереж (вентиляційні стояки).

Для кожної системи визначається головний випуск, який з'єднується або з зовнішніми мережами, або з насосною станцією (каналізаційна насосна станція).

Система внутрішньої каналізації виконується з урахуванням гравітаційного принципу видалення стічних вод. Основу системи становлять фекальні каналізаційні стояки діаметром 110 мм, які розміщуються в шахтах поруч із стояками водопостачання. Кожен стояк проектується вентильованим, тобто виводиться на покрівлю із встановленням фанової труби, що забезпечує стабільний тиск у трубопроводах та запобігає зриву гідрозатворів.

Всі сантехнічні прилади в квартирах підключаються до системи каналізації через відвідні труби діаметром 50 мм із забезпеченням необхідного ухилу (близько 2%) для самопливного руху стічних вод. Умивальники, ванни, унітази та мийки під'єднуються до стояків через сифони з повітряними клапанами, що запобігають виникненню неприємних запахів. В межах кожної квартири трубопроводи об'єднуються в горизонтальні ділянки, що проходять у перекриттях, і з'єднуються зі стояками через трійники відповідної конфігурації.

У підвальному рівні передбачено прокладання головного колектора діаметром 160 мм, який приймає стоки з усіх стояків. Зважаючи на конфігурацію рельєфу місцевості, в проекті передбачено наявність локальної каналізаційної насосної станції (КНС), що забезпечує перекачування стічних вод у випадках, коли самопливне відведення неможливе. Колектор

						Арк.
					НУ ЛП, 192-МКР-2025-331	
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		68

оснащується ревізіями для обслуговування, а також трапами аварійного зливу в технічних приміщеннях.

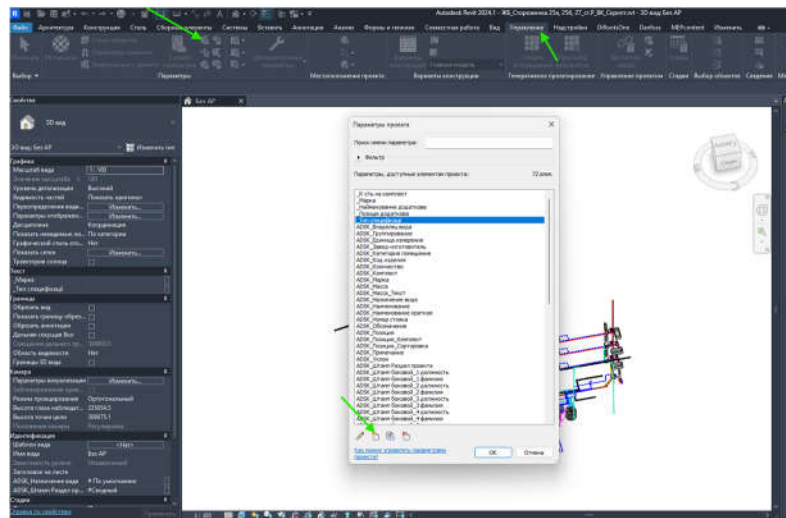
Окремо у підземному паркінгу передбачається система дренажу з приймальними трапами та аварійними промивними точками, які підключаються до внутрішньої мережі каналізації. Це рішення дозволяє ефективно відводити технічні та атмосферні стоки з території паркінгу та захистити будівлю від підтоплення.

Загалом модель внутрішньої каналізації забезпечує наочне просторове уявлення про всі елементи системи, дозволяє перевіряти їхню правильність розташування, забезпечити взаємодію з іншими інженерними мережами та швидко формувати комплект робочої документації.

4.1.5. Створення та заповнення параметру “_Тип специфікації”.

Параметр створюємо для оформлення планів, схем та специфікації.

Параметр створюється через вкладку “Управління” → “Параметри проекту” → “Створити параметр”

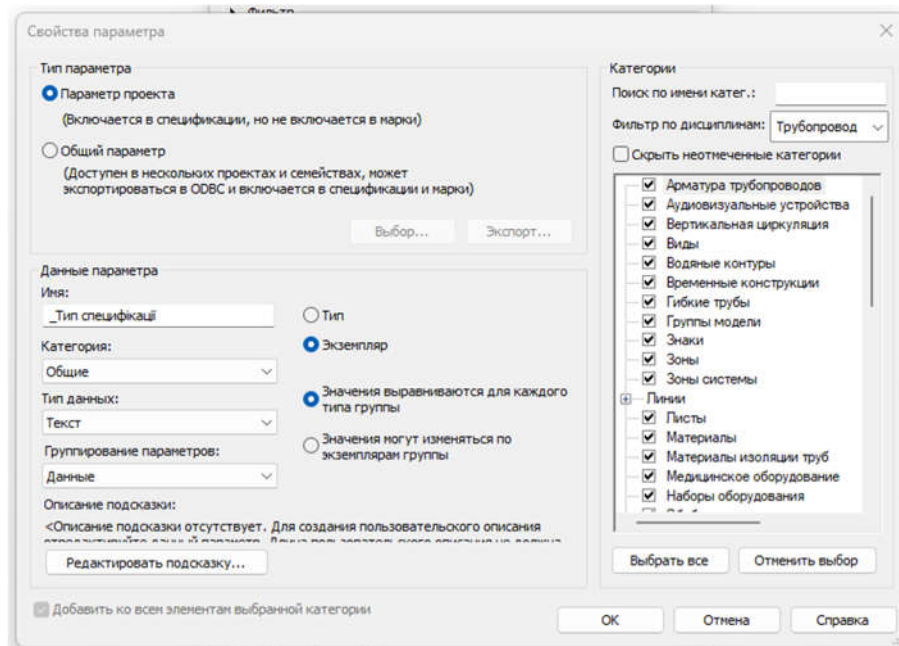


У вікні створення параметру необхідно:

- Вибрати тип параметру (в конкретному випадку “Параметр проекту”)
- Заповнити назву параметра (“_Тип специфікації”)
- Вказати категорію параметра (“Загальні”)

						Арк.
						69
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	НУ ЛП, 192-МКР-2025-331	

- Вказати тип даних (в конкретному випадку “Текст”)
- Вказати групування параметру ((в конкретному випадку “Дані”)
- Вказати як буде заповнюватись параметр для елементів (для можливості змінити значення для будь якого елементу обираємо “Екземпляр”)
- Вибрати категорії елементів для яких параметр буде додаватись (Параметр додаємо на всі категорії із дисципліни трубопровід)



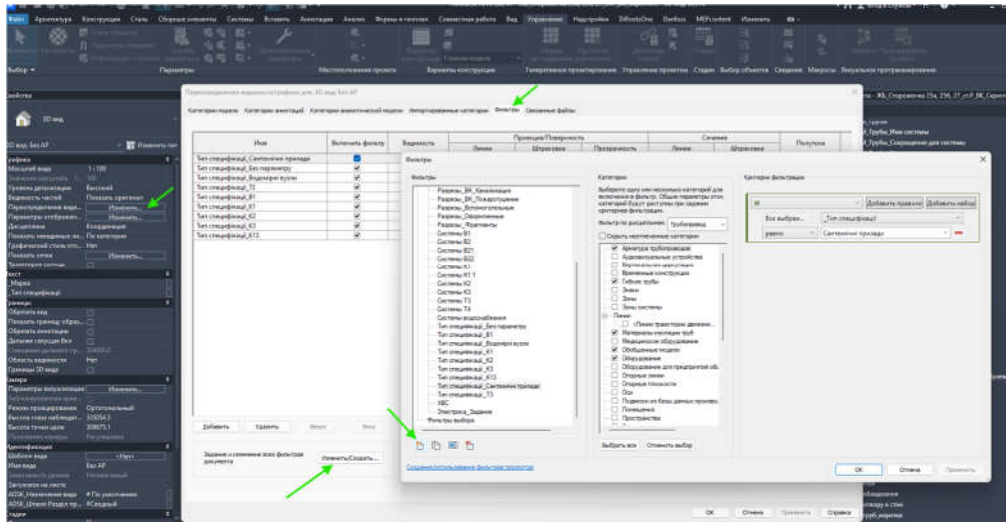
Параметр заповнюється для кожного елемента за типом системи до якої він відноситься:

- В1 – Трубопровід холодної води для житлової частини будівлі;
- В1.1 – Трубопровід холодної води для вбудованих громадських приміщень;
- Т3 – Трубопровід гарячої води;
- К1 – Трубопровід господарсько-побутової каналізації для житлової частини будівлі;
- К1.1 – Трубопровід господарсько-побутової каналізації для вбудованих громадських приміщень;
- К2 – Трубопровід дощової каналізації;
- К2.1 – Трубопровід дренажної каналізації.

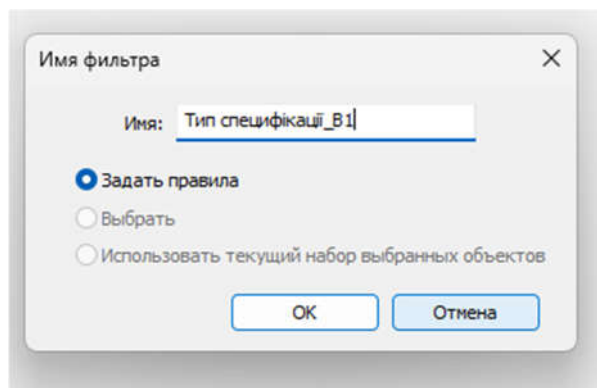
									Арк.
									70
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

4.1.6. Створення фільтрів

Для оформлення планів та схем створюємо фільтри по параметру
Фільтр створюється: Властивості → Фільтри → Змінити/Створити → Створити



У вікні що відкриється необхідно вказати назву фільтра та постави галочку щоб задати йому правила



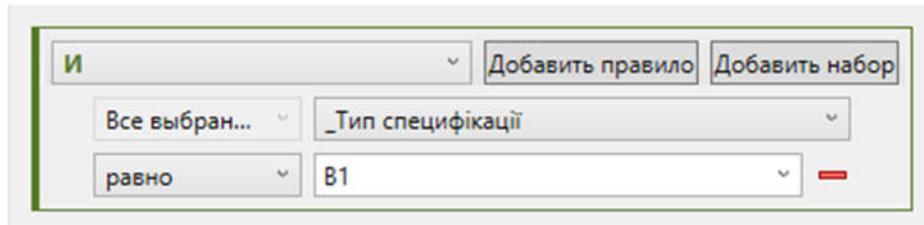
Далі необхідно створити критерії фільтрації та вибрати категорії елементів які фільтр буде фільтрувати.

Категорії елементів використовуємо наступні:

- Арматура трубопроводів;
- Гнучкі труби;
- Матеріали ізоляції труб;
- Обладнання;
- Сантехнічні прилади;

- Сантехнічне обладнання;
- Труби;
- З'єднувальні деталі трубопроводів.

Критерії фільтрації необхідно заповнити так як показано на зображенні нижче.

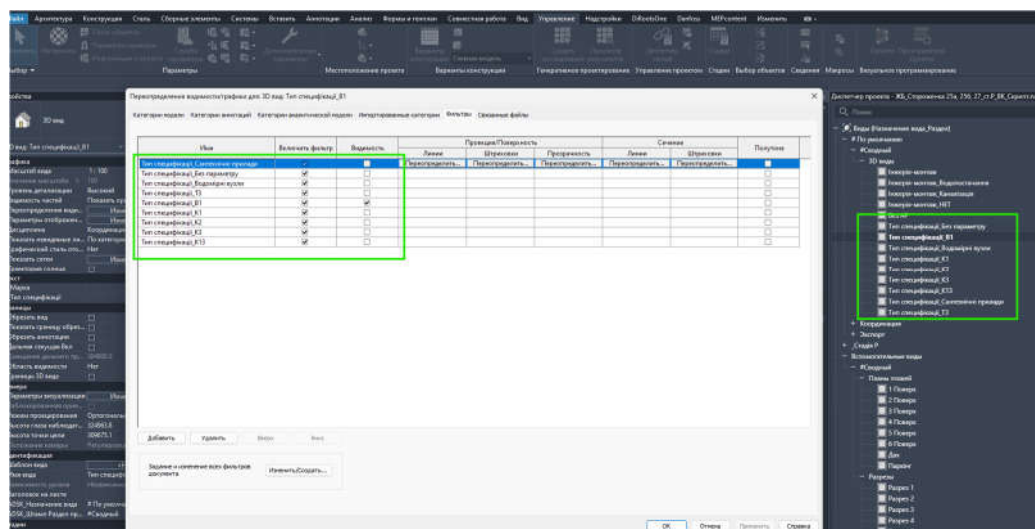


4.1.7. Створення 3D виглядів

Створюємо окремих 3D вигляд для кожної системи в якій будуть додані усі раніше створені фільтри.

На 3D вигляді для кожної системи необхідно додавати усі фільтри але вмикати тільки потрібний. Це потрібно для того щоб елементи які не стосуються конкретної системи на 3D вигляді не відображались. Таким чином зможемо перевірити правильність заповнення параметру.

Також рекомендую створити окремих 3D вигляд у якому створені фільтри будуть вимкнені. Це потрібно для того щоб швидко додати параметр новим елементам.



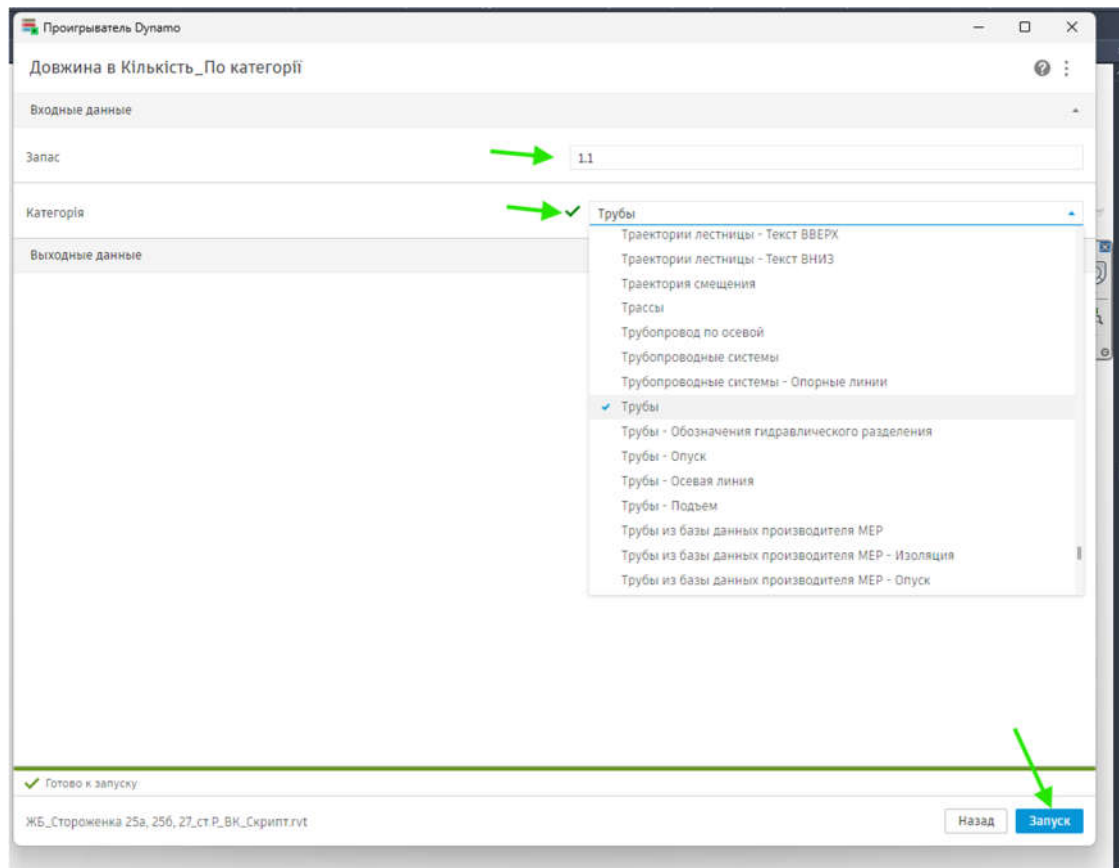
4.1.8. Виведення та оформлення специфікації

Для специфікації використовуються скрипти Dynamo. Скрипти запускаються через “Програваач Dynamo” який знаходиться на вкладці “Управління”.



1. **Довжина в Кількість_По категорії**. Даний скрипт потрібен для того щоб елементи які мають довжину (труби, ізоляція), довжина записалась в кількість (оскільки в специфікації ми для всіх елементів виводимо кількість). В скрипті також передбачений запас який закладається для труб та ізоляції. Для запуску роботи скрипта необхідно:

- Вказати запас який потрібно закласти для труб та ізоляції;
- Вибрати з випадного списку категорію елементів для яких необхідно записати довжину в кількість;
- Натиснути “запуск”.

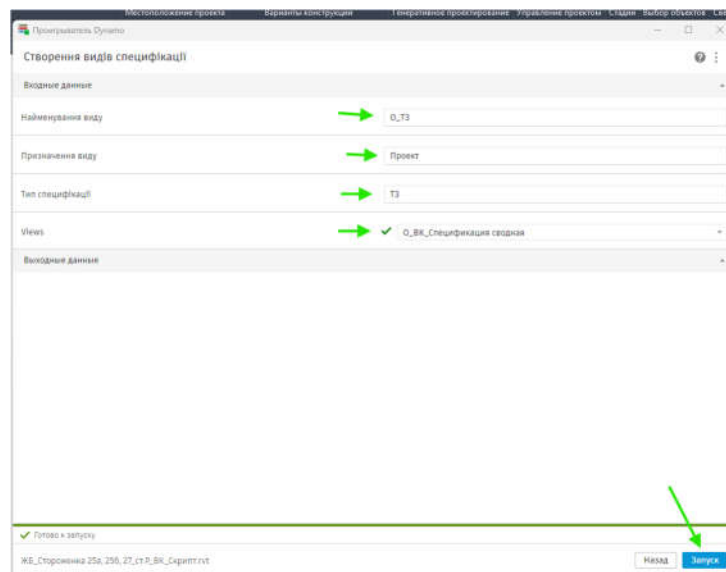


						Арк.
						73
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата	НУ ЛП, 192-МКР-2025-331	

2. Створення видів специфікації. Даний скрипт потрібен для того щоб створити вид специфікації відповідно до створеного параметра “_Тип специфікації”.

Принцип роботи даного скрипта полягає в тому що він копіює існуючий вид специфікації в проєкті і переробляє його так як потрібно для виведення на лист. Для запуску роботи скрипта необхідно:

- Вказати найменування нового виду;
- Вказати призначення виду (це необхідно, щоб створенні види були згруповані);
- Вказати тип специфікації відповідно до створеного параметра “_Тип специфікації”;
- Натиснути “запуск”.



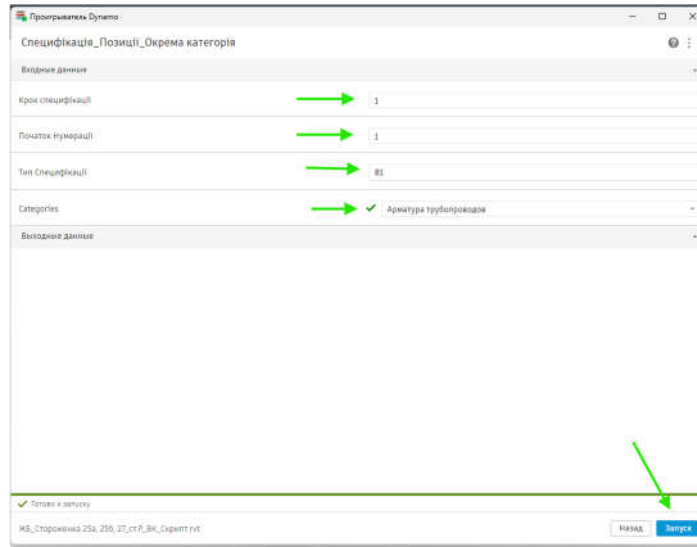
3. Специфікація_Позиції_Окрема категорія. Даний скрипт автоматично нумерує елементи в специфікації.

Для запуску роботи скрипта необхідно:

- Вказати крок специфікації;
- Вказати з якої позиції потрібно почати нумерацію;
- Вказати тип специфікації відповідно до створеного параметра “_Тип специфікації”;
- Вибрати категорію елементів які потрібно пронумерувати;

					НУ ЛП, 192-МКР-2025-331	Арк.
						74
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- Натиснути “запуск”.



Після виконання всіх дій зі скриптами виставляємо створені види специфікації на листи

4.2. Перевірка та аналіз системи

Після завершення початкового моделювання виконується перевірка:

- Зіткнення між системами (через функцію перевірки перешкод);
- Цілісність і замкнутість систем;
- Візуальний контроль траси трубопроводу в ізометричному та 3D-видах.

Оптимізація діаметрів на основі гідравлічних розрахунків (в Revit або за допомогою додаткових надбудов, таких як MagiCAD, LINEAR або зовнішніх модулів розрахунку).

Після процесу моделювання внутрішньої мережі водопостачання та каналізації проводиться широка перевірка моделі на відповідність технічним вимогам, а також узгодженість усіх інженерних та архітектурно-будівельних систем. Основною частиною цього є можливі зіткнення, тобто просторові конфлікти між трубопроводами та конструктивними елементами (балками, плитами перекриття, стінами) або іншими інженерними мережами (вентиляція, електрика, опалення). Revit використовує «перевірку перешкод», щоб дозволити користувачам вручну перевіряти колізії між вибраними категоріями об'єктів.

						Арк.
						75
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	НУ ЛП, 192-МКР-2025-331	

Особлива увага приділяється правильному прокладанню стояка по всіх поверхах, правильному встановленню кріплень та дотриманню мінімально допустимих відстаней між інженерними елементами, встановлених ДБН. При обстеженні систем трубопроводів проводиться аналіз ухилів трубопроводів, що є критично важливим для забезпечення гравітаційного режиму. Slope Editor використовується для перевірки того, чи кожна горизонтальна ділянка відповідає заданому нахилу, зазвичай не менше 2%.

Крім того, 3D-види труб показують їхнє просторове розташування, що допомагає краще проаналізувати їх взаємне розташування, уникнути перетинів і забезпечити ефективне використання об'ємного простору в шахтах і під підлогою. Для полегшення керування моделлю всі мережі будуть згруповані за системами, стояками та поверхами за допомогою фільтрів видимості та кольорового кодування.

На етапі координації перевірте не лише геометрію та з'єднання, але й підготуйте модель для наступних етапів, включаючи міждисциплінарну координацію в Navisworks, експертизу або створення сценаріїв встановлення.

4.3. Формування креслень та проектної документації

На основі створеної інформаційної моделі в середовищі Autodesk Revit автоматично формується комплект креслень і специфікацій відповідно до вимог чинних нормативних документів України (ДБН, ДСТУ). Всі креслення генеруються безпосередньо з моделі, що гарантує їх актуальність і повну відповідність модельованим об'єктам.

Для кожного поверху формується окрема ділянка прокладки водопровідних і каналізаційних трубопроводів з примітками, маркуванням інструментів, розмірами труб, відмітками вертикальних стовбурів, напрямками укосів. У важливих зонах, таких як ванні кімнати, шахти та підсобні приміщення, роблять розрізи, щоб чітко вказати вертикальні зв'язки та точки встановлення, коли це необхідно.

						Арк.
					НУ ЛП, 192-МКР-2025-331	76
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Разом із кресленнями намалюйте повний аксонометричний ескіз внутрішніх мереж, що показує проходження труб усіх розмірів, розміщення пристроїв, клапанів, відгалужень і з'єднань. Цей тип креслення особливо корисний на етапі налаштування, оскільки він дає змогу швидко пересуватися в просторі та гарантує, що все збігається між різними частинами плану.

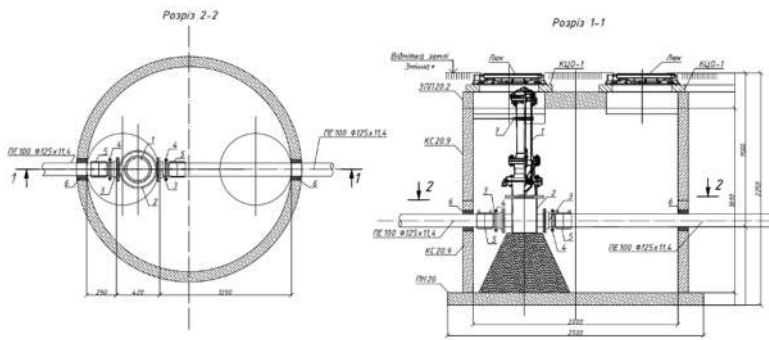
Інша частина — це складання специфікацій. Вони мають детальну інформацію про всі частини системи: труби з детальною інформацією про діаметр, матеріал і довжину; фітинги (наприклад, трійники, коліна або муфти); сантехніка; фітинги (наприклад, крани, клапани або вентиля); кріплення та ізоляційні матеріали. Ці характеристики впорядковано за системами, підлогами та способами їх використання. Це полегшує підготовку всього необхідного для покупки потрібного обладнання та його налаштування.

Розробка проектної документації в середовищі BIM повинна забезпечувати не тільки високу деталізацію та точність креслень, але й можливість їх швидкого оновлення в разі зміни моделі, що робить проектування ефективнішим і потребує усунення меншої кількості помилок, а також гармонізує дії всіх учасників будівництва.

					НУ ЛП, 192-МКР-2025-331	Арк.
						77
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

5. Розуміння зовнішніх пожежних гідрантів: структура та принцип роботи

					НУ ЛП, 192-МКР-2025-331	Арк.
						78
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		



Пожежні гідранти є життєво важливим компонентом міської протипожежної інфраструктури, що забезпечує швидкий

доступ до джерел води в надзвичайних ситуаціях. Розуміння їх структури та принципу роботи має важливе значення для того, щоб зрозуміти, як ці системи ефективно борються з пожежами. У цьому есе досліджуються основні конструктивні особливості зовнішніх пожежних гідрантів, основні принципи, які забезпечують їх функціонування, а також різні типи гідрантів, що використовуються в різних середовищах. Вивчаючи ці аспекти, ми можемо краще зрозуміти значення пожежних гідрантів у захисті громад і власності.

Основна конструкція зовнішнього пожежного гідранта розроблена для забезпечення швидкого потоку води та простоти використання під час надзвичайних ситуацій. По суті, пожежний гідрант має вихідні отвори, оснащені шлангами та форсунками, які легко підключаються для полегшення зусиль пожежогасіння. Ці насадки призначені для встановлення стандартних шлангів, що дозволяє пожежникам швидко приєднати своє обладнання та розпочати роботу. Розуміння конструкції чотирьох основних типів гідрантів, кожен з яких має відмінні особливості, є вирішальним. Наприклад, у гідрантах із засувкою використовується механізм засувки, який дозволяє легко відкривати та закривати, тоді як у гідрантах із засувкою використовується конструкція засувки, яка забезпечує точний контроль потоку води. Гідрант можна встановити зовні або всередині стін, при цьому шланги підключаються безпосередньо до вихідних точок для боротьби з пожежами в будівлях або навколишньому середовищі. Ключові характеристики цих конструкцій включають довговічність до зовнішніх погодних умов, легкість підключення

						Арк.
						79
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	НУ ЛП, 192-МКР-2025-331	

та надійну герметизацію для запобігання протікання, що забезпечує готовність гідранта в разі потреби [1][2][3].

Принцип роботи зовнішнього пожежного гідранта залежить від підтримки постійного та адекватного водопостачання для ефективної боротьби з пожежами. Коли кран гідранта відкривається, це спричиняє падіння тиску води в системі, спонукаючи насос включитися та відновити рівень тиску. Цей процес забезпечує безперервний потік води, що важливо під час пожежогасіння. Основною функцією гідранта є зберігання та доставка води, яку можна негайно використати для гасіння пожеж, що робить надійні системи водопостачання життєво важливими. Внутрішні пожежні гідранти, хоч і схожі за функціями, оснащені шлангами, водяними пістолетами та іншими інструментами пожежогасіння, які сприяють швидкому реагуванню всередині будівель. Ці системи розроблені відповідно до суворих стандартів безпеки та ефективності, забезпечуючи доступність води, коли це необхідно. Основне завдання полягає не лише у зберіганні великої кількості води, але й у забезпеченні контрольованого потоку під тиском для ефективної боротьби з пожежами. Ця комбінація зберігання, регулювання тиску та керування потоком лежить в основі основного принципу роботи пожежних гідрантів [4][5].

Було розроблено різні типи зовнішніх пожежних гідрантів, щоб задовольнити різні екологічні та експлуатаційні потреби, кожен з яких має унікальні характеристики та переваги. Серед них система пожежних гідрантів із мокрим стволом є поширеним вибором у помірному кліматі, оскільки вода завжди залишається в гідранті, готова до негайного використання. Навпаки, система сухого ствола підходить для холодніших середовищ, коли вода зберігається під землею, щоб запобігти замерзанню, і лише вихідний отвір залишається над землею під час використання. Інші типи включають настінні гідранти, дворові гідранти та подвійні гідранти, кожен з яких служить для певних цілей. Наприклад, настінні гідранти встановлюються на зовнішніх

						Арк.
					НУ ЛП, 192-МКР-2025-331	80
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

поверхнях будівель для зручного доступу, тоді як дворові гідранти часто використовуються у великих відкритих приміщеннях. Кожен тип гідранта розроблений відповідно до умов навколишнього середовища та протипожежних вимог місця його розташування. Крім того, інновації, такі як змивні гідранти та моніторні гідранти, були представлені для виконання спеціальних функцій — змивні гідранти бездоганно вписуються в навколишнє середовище, тоді як моніторні гідранти можуть подавати великі об'єми води для масштабних пожеж. Вибір типу гідранта залежить від таких факторів, як клімат, доступність та конкретні потреби пожежогасіння, що підкреслює важливість різноманітних гідрантних систем у комплексному плануванні пожежної безпеки [6][7][8].

Матеріали, які використовуються при виготовленні зовнішніх пожежних гідрантів, відіграють важливу роль у забезпеченні їх довговічності, надійності та стійкості до суворих умов навколишнього середовища. Прогрес у технологіях виробництва істотно вплинув на якість і продуктивність гідрантів. Наприклад, нещодавні дослідження показали, що сплави, виготовлені за допомогою адитивного виробництва, мають певні обмеження, такі як зниження корозійної стійкості під впливом агресивних хімічних середовищ, таких як 20% розчин соляної кислоти [9]. Це розуміння підкреслює важливість вибору відповідних матеріалів, щоб протистояти зовнішнім факторам, таким як вологість, коливання температури та хімічний вплив, які є звичайними для міських умов. Крім того, сам процес виробництва впливає на структурну цілісність і довговічність гідрантів. Залежно від типу матеріалу та характеристик конструкції використовуються різні методи виробництва — від лиття, кування до лиття під тиском. Виробники часто посилаються на рекомендації щодо пластику, який часто вибирають у певних компонентах гідрантів, щоб визначити найкращі методи обробки для оптимізації міцності, гнучкості та економічності [10]. Крім того, інтеграція інтелектуальних виробничих платформ зробила революцію у виробництві

						Арк.
					НУ ЛП, 192-МКР-2025-331	81
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

гідрантів, впроваджуючи такі інновації, як технології цифрових подвійників, розробка з низьким кодом для автоматизації процесів і рішення для підключення, які покращують контроль якості та відстеження. Ці платформи сприяють моніторингу в режимі реального часу, прогнозованому технічному обслуговуванню та швидкому регулюванню під час виробництва, що в кінцевому підсумку призводить до більш надійних і високопродуктивних гідрантів, які відповідають різноманітним експлуатаційним вимогам [11].

Ефективність і безпека зовнішніх пожежних гідрантів значною мірою залежить від ретельного обслуговування та регулярних перевірок. Профілактичне технічне обслуговування є основоположним для забезпечення належного функціонування гідрантів під час надзвичайних ситуацій, оскільки нехтування може призвести до непередбачених збоїв, які ставлять під загрозу зусилля з пожежогасіння [12]. Звичайні перевірки дозволяють командам технічного обслуговування оцінювати стан ключових компонентів, таких як клапани, форсунки та ущільнювачі, і своєчасно виявляти ознаки корозії, зносу або пошкодження. Ці оцінки дають цінну інформацію про моделі використання та робочий стан запасних частин і ресурсів, забезпечуючи точніше управління запасами та своєчасну заміну [13]. Належна практика технічного обслуговування допомагає запобігти таким проблемам, як витіки, блокування або механічні несправності, які можуть виникнути через неправильне поводження або неправильні процедури — проблемами, які, якщо їх не вирішити, можуть призвести до несправності обладнання в критичні моменти [14]. Забезпечення дотримання стандартів безпеки під час обслуговування не тільки продовжує термін служби гідрантів, але й гарантує їх готовність забезпечувати надійний потік води в разі потреби. Регулярне тестування, змашування та калібрування компонентів є важливими кроками для підтримки цілісності всієї системи пожежогасіння, захисту як персоналу, так і майна.

						Арк.
					НУ ЛП, 192-МКР-2025-331	82
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Зовнішні пожежні гідранти є невід’ємними компонентами систем комплексного пожежогасіння, призначеними для забезпечення негайного доступу до джерел води під високим тиском під час надзвичайних ситуацій. Ці системи підключаються до водопровідних мереж під тиском у будівлях або на відкритому повітрі, що дозволяє пожежникам швидко розпочинати операції з гасіння пожежі без затримки [1]. Основною перевагою таких систем є можливість мінімізувати час відгуку; підключивши шланги безпосередньо до гідрантів, пожежні команди можуть розпочати подачу води майже миттєво, що має вирішальне значення для боротьби з пожежами, що швидко поширюються [1]. Крім того, системи пожежних гідрантів сконструйовані для подачі води під достатнім тиском, часто підтримуються насосами, які підтримують оптимальну швидкість потоку, необхідну для гасіння великомасштабних пожеж. Потік води під високим тиском гарантує, що пожежники можуть використовувати достатній об’єм води для ефективної боротьби з полум’ям, захисту цілісності конструкції та обмеження поширення вогню. Будучи компонентами активного протипожежного захисту, ці системи розроблені як міцні, надійні та легкодоступні, утворюючи передову оборону, що значно підвищує загальну безпеку громади та стійкість до пожежної небезпеки [15].

Незважаючи на їх важливу роль у гасінні пожеж, зовнішні пожежні гідранти іноді схильні до несправностей, які можуть поставити під загрозу їх ефективність під час надзвичайних ситуацій. Однією з поширених проблем є корозія, яка може значно порушити структурну цілісність і функціональність гідрантів. Проблеми корозії класифікуються відповідно до типу корозії, як-от солодка, кисла, гальванічна або спричинена бактеріями корозія, кожна з яких впливає на компоненти гідранта по-різному. Наприклад, гальванічна корозія виникає, коли різномірні метали контактують з електролітом, що призводить до прискореного зносу певних частин. Вирішення цих проблем корозії вимагає регулярних перевірок і нанесення захисних покриттів або

						Арк.
					НУ ЛП, 192-МКР-2025-331	83
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

корозійностійких матеріалів для продовження терміну експлуатації гідрантів і забезпечення готовності до експлуатації [16]. Окрім корозії, гідравлічні витоки становлять іншу проблему, яка часто є результатом таких факторів, як коливання температури, помилки встановлення, несправність ущільнення, невідповідність тиску або несправність шланга. На щастя, багато з цих проблем можна пом'якшити за допомогою проактивного технічного обслуговування, належних процедур встановлення та використання високоякісних ущільнювачів і шлангів, призначених для витримування робочих навантажень [17]. Крім того, у міру розвитку промисловості спостерігається поштовх до модернізації застарілих систем протипожежного захисту шляхом впровадження інноваційних програм і технологій. Дослідження реальних ситуацій у різних секторах демонструють, що подолання застарілих проблем, таких як застаріла інфраструктура або несумісні компоненти, є досяжним шляхом стратегічної модернізації, введення нових матеріалів, цифрового моніторингу та рішень автоматизації [18].

Робота та безпека пожежних гідрантів регулюється комплексним набором стандартів і правил, призначених для забезпечення узгодженості, надійності та безпеки систем пожежогасіння. Міжнародні організації зі стандартизації, такі як ISO та IEC, розробляють і публікують інструкції, які служать еталонами для проектування, встановлення та обслуговування гідрантів. Ці стандарти прийняті та застосовуються національними регуляторними органами для гармонізації практик пожежної безпеки в усьому світі [19]. Наприклад, такі стандарти IEC, як IEC 60364, надають детальні специфікації щодо електричної безпеки та системної інтеграції, гарантуючи правильну роботу гідрантів у ширших рамках протипожежного захисту. Дотримання таких стандартів є вкрай важливим, оскільки порушення можуть призвести до серйозної відповідальності, включаючи адміністративні покарання, цивільну відповідальність або кримінальні звинувачення,

					НУ ЛП, 192-МКР-2025-331	Арк.
						84
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

особливо якщо порушення призводять до травм або пошкодження майна. Відповідність нормативним вимогам передбачає не лише відповідність технічним специфікаціям, але й забезпечення належної документації, випробувань і регулярних перевірок для дотримання стандартів безпеки та запобігання небезпеці [20][21].

Дивлячись у майбутнє, індустрія протипожежного захисту переживає хвилю інноваційних тенденцій і технологічних досягнень, які обіцяють підвищити ефективність, надійність і стійкість протипожежної інфраструктури. Нові тенденції включають інтеграцію вдосконалених датчиків, систем бездротового зв'язку та штучного інтелекту, спрямованих на підвищення точності виявлення пожежі та часу реакції. Наприклад, нові сенсорні технології дозволяють пожежній сигналізації та гідрантам виявляти тепло, дим або хімічні зміни з більшою точністю, сприяючи швидшому втручання [24]. Крім того, розробка інноваційних конструкційних матеріалів змінює галузь шляхом впровадження більш міцних, екологічно чистих та адаптованих варіантів, таких як високоефективні композити та стійкі сплави, які покращують довговічність та стійкість протипожежного обладнання [23]. Ці досягнення доповнюються впровадженням автоматизації та інтелектуальних систем, які полегшують моніторинг у реальному часі, прогнозне технічне обслуговування та автономне реагування. У сукупності ці тенденції демонструють чітку траєкторію до розумніших, ефективніших систем пожежної безпеки, які можуть адаптуватися до міських ландшафтів, що розвиваються, і дедалі складніших пожежних ризиків [22].

Підсумовуючи, розуміння структури та принципів роботи зовнішніх пожежних гідрантів розкриває їх життєво важливу роль у захисті громад від пожеж. Міцність їхньої конструкції в поєднанні з різними типами, адаптованими до конкретних умов, забезпечує швидку та надійну подачу води під час надзвичайних ситуацій. Однак ці системи не позбавлені проблем; корозія, витіки та несправності можуть загрожувати їх ефективності,

						Арк.
					НУ ЛП, 192-МКР-2025-331	85
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

вимагаючи регулярного обслуговування, належного встановлення та модернізації з урахуванням технологічного прогресу. Відповідність міжнародним стандартам і нормам додатково гарантує безпеку та узгодженість роботи в різних регіонах. Заглядаючи вперед, галузь готова до суттєвих трансформацій завдяки інноваційним матеріалам, передовим технологіям зондування та інтелектуальним системам, які підвищують можливості пожежної безпеки. Оскільки міські райони продовжують рости та розвиваються ризики пожеж, поточні дослідження, технологічна інтеграція та суворі стандарти залишатимуться вирішальними для розвитку стійкої, ефективної та сталої протипожежної інфраструктури, що зрештою захищатиме життя та майно ефективніше, ніж будь-коли раніше.

					НУ ЛП, 192-МКР-2025-331	Арк.
						86
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

6. Перепадні колодязі на зовнішніх системах каналізації схеми, принцип роботи

					НУ ЛП, 192-МКР-2025-331	Арк.
						87
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

6.1. Основне призначення перепадних колодязів у зовнішніх системах каналізації

У зовнішніх системах каналізації перепадні колодязі змінюють ключову роль у забезпеченні перепаду висоти каналізаційних труб, особливо в місцях різкої зміни рельєфу або при необхідності прокладання труб під зовнішніми кутами. Це дозволяє підтримувати оптимальний гідравлічний режим потоку стічних вод, запобігаючи підвищеному накопиченню тиску чи зворотному потоку, який може виникати на ділянках з великим перепадом висоти між точками входу та виходу трубопроводу[1]. Завдяки використанню перепадних колодязів: - забезпечити плавний перехід стічних вод на різних рівнях; - мінімізує ризик руйнування трубопроводів через гідроудари; - підтримувати необхідну швидкість руху стоків для ефективного транспортування. Таким чином, перепадні колодязі є невід'ємною частиною інженерної інфраструктури сучасних зовнішніх каналізаційних мереж, особливо у складних географічних умовах.

Ще одним призначенням перепадних колодязів є попередження застою та засмічень у трубопроводі для регулювання рахунку швидкості та потоку стічних вод. На ділянках з великим перепадом висота або крутим ухилом без перепадного колодязя вода може викликати ефективну швидкість, що призводить до ерозії труб або відкладення твердих фракцій на повільних ділянках[1]. Перепадні колодязі, навпаки, допомагають: - рівномірно розподіляти потік та знижувати швидкість води; - зменшувати утворення застійних зон; - запобігати накопиченню зм'яття та осаду в трубах. Завдяки цій функції перепадні колодязі підвищують експлуатаційну надійність каналізаційної мережі та знижують частоту деяких ремонтних робіт.

Різні гідравлічні функції, перепадні колодязі безпечний та зручний доступ для обслуговування і контролю стану каналізаційної системи. Це особливе значення для своєчасного і усунення засмічень, а також для проведення профілактичних робіт і огляду технічного стану трубопроводів[2].

					НУ ЛП, 192-МКР-2025-331	Арк.
						88
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Використання перепадних колодязів дозволяє: - організувати регулярний технічний огляд проблемних ділянок; - швидко реагувати на аварійні ситуації; - забезпечити безпечні умови для роботи персоналу. Таким чином, перепадні колодязі є не гідротехнічним, а й обслуговуючим елементом зовнішніх каналізаційних мереж.

6.2. Конструктивні особливості перепадних колодязів

Конструкція перепадного колодязя має кілька ключових елементів, що забезпечують його ефективне функціонування. Основними складовими є корпус колодязя, лоток для пропускання стічних вод, робоча камера для огляду та обслуговування, а також вхідні та вихідні труби, розташовані на різних рівнях. У колодязях великих діаметрів, наприклад, понад 700 мм, додатково можуть бути облаштовані робочі майданчики та полічки для полегшення експлуатації та ремонту обладнання[3]. Це дозволяє швидко і безпечно проводити технічне обслуговування, що особливо важливо для запобігання аварійним ситуаціям у системі каналізації.

Для конструктивного виконання перепадні колодязі поділяються на кілька основних типів: монолітні, збірні та комбіновані. Монолітні колодязі виготовляють із цільного бетону, що забезпечує високу міцність і довговічність, тоді як збірні моделі складаються з окремих елементів, які з'єднуються на місці монтажу[4]. Комбіновані конструкції поєднують переваги обох підходів, що дають змогу оптимізувати процес інсталяції та адаптуватися до різних умов місцевості. Такий поділ дозволяє виконати як технічні вимоги, так і економічну доцільність проекту.

Вибір матеріалів для виготовлення перепадних колодязів залежить від умов експлуатації, агресивності середовища та бюджету проекту. Найпоширенішими матеріалами є залізобетон, бетон, пластик і цегла[1]. Залізобетон використовується для спорудження міцних і довговічних конструкцій, пластик — для легких і швидкокомтованих систем, а цегла —

						Арк.
						89
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	НУ ЛП, 192-МКР-2025-331	

більшого для індивідуальних або малих об'єктів. Від правильного вибору матеріалу залежати термін служби колодязя, простота обслуговування та стійкість до впливу агресивних вод.

6.3. Види перепадних колодязів за способом організації перепаду

Вертикальні перепади є одним із найпростіших і найрозширеніших типів перепадних колодязів, які застосовуються у зовнішніх каналізаційних мережах. Їх основна конструктивна особливість полягає у створенні різниці висоти між вхідною та вихідною трубами в центральному колодязі, що забезпечує швидке падіння стічних вод та запобігає їх застою. Такий тип колодязя успішно виконується в місцях з великим перепадом рельєфу, а також при необхідності різкої зміни глибини залягання трубопроводу. До основних переваг вертикальних перепадів належать простота монтажу, компактність конструкції та висока ефективність самоочищення каналізаційної мережі[1].

Ступінчасті (каскадні) перепади застосовуються там, де необхідно знизити рівень каналізаційного трубопроводу без створення різких вертикальних стрибків. Ця конструкція складається з серії розташування сходинкоподібних елементів, які зменшують швидкість потоку та забезпечують більший плавний перехід з одного рівня на інший. Такі перепади особливо ефективні при прокладанні каналізації у складному рельєфі, наприклад, у гірських або багаторівневих міських районах, де необхідно уникати системи ерозії та перевантаження[5].

Комбіновані схеми перепаду використовують одночасно елементи вертикальних і ступінчастих колодязів, що дозволяють гнучко адаптувати систему до конкретних умов місцевості та експлуатаційних вимог. У таких колодязях передбачено як різкі, так і поступові перепади висоти, що сприяє оптимізації швидкості води та мінімізації ризику засмічення. Комбіновані конструкції ідеально підходять для реконструкції старих мереж або

						Арк.
					НУ ЛП, 192-МКР-2025-331	90
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

облаштування каналізації на ділянках із змінним рельєфом, де стандартні рішення не забезпечують необхідної ефективності[6].

6.4. Схеми розміщення перепадних колодязів у зовнішній каналізації

Розміщення перепадних колодязів у зовнішній каналізації у місцях значних змін рельєфу є одна з найбільш розширених схем їх застосування. На таких ділянках часто змінюється висота між точкою входу стічних вод та виходом, що ускладнює організацію гравітаційного потоку без надлишкового заглиблення трубопроводів. Перепадні колодязі можуть ефективно компенсувати різницю висоти, забезпечуючи плавний перехід стічних вод на нижчий рівень. До основних переваг такої схеми належать: - Зменшення глибини закладання труб, що розпочинає будівництво та обслуговування каналізації. - Зниження ризику заторів і пошкодження труб через гарячий тиск або ерозію підстави. - Оптимізація витрат на земляні роботи та матеріали. Встановлення перепадних колодязів у місцях різких перепадів рельєфу є рекомендованим заходом для забезпечення надійної безпечної експлуатації зовнішніх каналізаційних мереж [1].

На ділянках із різкою зміною глибини залягання труби перепадні колодязі також застосовуються для знищення сильного заглиблення мережі. Це особливо актуально при проектуванні каналізації в місцях, глибина прокладання різко змінюється через інженерні чи природні умови. В таких випадках перепадні колодязі втрачають: - Поступово змінювати рівень закладання труб, не порушуючи цілісності системи. - Запобігати перевищеній допустимій швидкості потоку води, яка може призвести до руйнування труби. - Забезпечувати легкий доступ для обслуговування та контролю стану каналізаційної мережі. Таким чином, використання перепадних колодязів на таких ділянках вимагає довговічності та ефективності роботи зовнішньої каналізації [7].

						Арк.
					НУ ЛП, 192-МКР-2025-331	91
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		

Ще одним місцем для розміщення перепадних колодязів є переходи через інженерні споруди, такі як дороги, залізничні колії чи підземні комунікації. У подібних ситуаціях необхідно забезпечити зміну глибини або напрямку прокладання каналізаційних труб, не створюючи зайвих навантажень на мережу. Перепадні колодязі тут прогресують ключову роль, після: - Дозволяють організувати перепад висоти без порушення клітинності інженерних споруд. - Забезпечують безпечний перехід трубопроводу під перешкодами. - Полегшують проведення ремонтних та профілактичних робіт на складних ділянках. Використання перепадних колодязів при перетині інженерних споруд — це необхідна умова для надійної експлуатації зовнішніх каналізаційних систем [8].

6.5 Принцип роботи перепадного колодязя

Формування гідравлічного перепаду є ключовою функцією перепадного колодязя у зовнішній каналізації, що дозволяє ефективно долати значні перепади висоти на трасі трубопроводу. Основний принцип роботи здійснюється в тому, що стичні води, пропускаючи в колодязь, змінюють рівень техніки за допомогою спеціального облаштованого уступу або каскаду. Це дозволяє зменшити швидкість потоку, уникнути утворення сильного напору та забезпечити плавне проходження стоків навіть на крутих схилах рельєфу, що є особливо актуальним у районах зі складними природними умовами, наприклад, болотистими чи гірськими ділянками [5].

Перепадний колодязь також важливу роль у забезпеченні повного потоку стоків по каналізаційному трубопроводу. Завдяки створенню перепаду висоти у колодязі, стичні води підтримують необхідний прискорений рух, що запобігає їх застою та зменшує ризик утворення засмічень. Це особливо важливо на ділянках із різкою зміною глибини залягання труб чи при переході через інженерні споруди, де традиційна схема

						Арк.
						92
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	НУ ЛП, 192-МКР-2025-331	

прокладання труб може бути технічно важкою або економічно недоцільною [1].

Запобігання ерозії та руйнування трубопроводу є ще одним числом роботи перепадних колодязів. Завдяки ступінчастому або каскадному спуску стоків у колодязі зменшується кінетична енергія води, що виходить з труби, що дозволяє уникнути руйнування ДНК та стінок каналізаційного колектора. Крім того, така конструкція сприяє рівномірному розподілу навантаження на трубопровід, зменшуючи ризик аварійних ситуацій на об'єктах зовнішньої каналізації [9].

6.5. Особливості проектування перепадних колодязів

Правильний розрахунок висоти та діаметра перепаду є ключовим етапом проектування перехідних колодязів, крім цього, сприяє ефективності функціонування всієї системи зовнішньої каналізації. Відповідно до нормативних вимог висота робочої частини колодязя має становити 1800 мм, при цьому діаметр підбирається відповідно до діаметра трубопроводу та обсягу стоків[3]. Важливо також врахувати, що висота одного перепаду не повинна перевищувати трьох метрів, а при використанні труби діаметром до 600 мм допустима глибина перепаду не більше 0,5 м[10]. Підтримання цих параметрів забезпечує стабільний гідравлічний режим і мінімізує ризик виникнення аварійних ситуацій.

При проектуванні перепадних колодязів необхідно забезпечити гідравлічні навантаження, що сприяють транспортуванню стічних вод, особливо на ділянках з великим перепадом висоти або підвищеною швидкості потоку. Проведення гідравлічних розрахунків дозволяє забезпечити оптимальні параметри конструкції колодязя та трубопроводу, щоб уникнути перевантажень, гідравлічних ударів чи застоїв стоків[3]. Важливими аспектами розрахунку є: - облік типу стічних вод (побутові, виробничі, дощові); - аналіз максимально можливих витрат стоку; - перевірка стійкості

						Арк.
						93
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	НУ ЛП, 192-МКР-2025-331	

колодязя до гідродинамічних впливів. Завдяки такому підходу забезпечити надійність і довговічність роботи каналізаційної системи.

Вибір оптимальної схеми перепадного колодязя для конкретних умов експлуатації базується на комплексній оцінці технічних, економічних і природних факторів. Особливої уваги потребують складні ділянки, наприклад, заболочена місцевість, гірські райони або місця перетину водних перешкод, де необхідно отримати спеціальні навантаження та забезпечити максимальну стійкість конструкції[5]. Крім того, на етапі схеми вибору необхідно забезпечити доступність сервісу, можливість подальшої модернізації та відповідність чинним будівельним нормам[9]. Такий підхід дозволяє підібрати найбільш ефективні інженерні рішення для різних об'єктів зовнішньої каналізації.

6.6. Монтаж та експлуатація перепадних колодязів

Монтаж перепадних колодязів на зовнішніх каналізаційних мережах будується поетапно, з урахуванням особливостей місцевості та будівельних вимог. Перш за все, одне місце встановлення колодязя відповідно до рівня перепаду між вхідною та вихідною трубами, а також ухилу ділянки трубопроводу, що дозволяє забезпечити ефективний гідравлічний режим роботи системи [9]. Далі виконується підготовка котловану, укладання основи, монтаж стінок та днища колодязя, після чого під'єднуються труби. На завершальному етапі розглядаємо гідроізоляцію, ущільнення і ущільнення обґрунтування навколо конструкції. Такий підхід дозволяє гарантувати надійність і довговічність перепадного колодязя навіть у складних гідрогеологічних умовах.

Своєчасне технічне обслуговування та регулярне очищення перепадних колодязів є ключовим фактором для безперебійної роботи в усій каналізаційній системі. Періодичний огляд дає можливість накопичити відкладення чи сторонніх предметів, які можуть призвести до засмічення або

						Арк.
					НУ ЛП, 192-МКР-2025-331	
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		94

зниження пропускної здатності [2]. Обслуговування включає промивання, видалення осаду, перевірку герметичності з'єднання та оцінку стану конструктивних елементів. Завдяки цим заходам мінімізується ризик виникнення аварійних ситуацій і забезпечується стабільна робота мережі.

Попри надійність перепадних колодязів, у процесі експлуатації можуть виникати типові проблеми, які потребують оперативного рішення. Найпоширенішими з них є: - засмічення або зниження пропускної здатності через накопичення твердих часток; - Пошкодження гідроізоляції, що може призвести до проникнення ґрунтових вод; - Деформація чи просідання конструкції внаслідок нерівномірного ущільнення обґрунтування. Для ефективного усунення цих недоліків застосовується механічна або гідравлічна очистка, ремонт або заміна пошкоджених елементів, а також відновлення гідроізоляційного шару [5]. Застосування сучасних технологій і матеріалів дозволяє значно підвищити експлуатаційну надійність перепадних колодязів.

6.7. Переваги та недоліки використання перепадних колодязів

Використання перепадних колодязів у зовнішніх каналізаційних системах має високу ефективність роботи мережі, особливо в складних природних умовах, таких як гористі місцевості або ділянки з великою перепадом висоти[9]. Завдяки конструкції перепадного колодязя вдається оптимізувати рух стічних вод, зменшити глибину прокладання трубопроводів і уникнути перевищення максимально допустимої швидкості потоку, що забезпечує стабільність і довговічність роботи всієї системи[7]. Це дозволяє дотримуватися нормативів експлуатації та знижує витрати на будівництво та обслуговування каналізаційної мережі.

Однією з ключових переваг перепадних колодязів є зниження ризику виникнення аварійних ситуацій, таких як засмічення або підтоплення[2]. Завдяки правильному очищенню і використанню систем за допомогою

						Арк.
					НУ ЛП, 192-МКР-2025-331	95
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

колодязів оператори можуть швидко реагувати на ваші проблеми, які використовуються в процесі експлуатації. Основні переваги в цьому напрямку полягають у наступному: - можливість легкого доступу до труби для профілактичного обслуговування; - зниження навантаження на труби та вузли системи; - швидке виявлення і усунення локальних пошкоджень або засмічень. Усе це допомагає більш безперервній та надійній роботі зовнішньої каналізації.

За численні переваги, експлуатація перепадних колодязів може супроводжуватися певними ускладненнями, особливо якщо не дотримуватися регламенту обслуговування або використовувати неякісні матеріали[11]. Наприклад, у випадку недостатньої герметизації може виникнути протікання, а неправильний монтаж пошкодження до осідання споруди чи зсуву кришки. Крім того, перепадні колодязі потребують регулярних перевірок стану внутрішніх поверхонь і швидкого реагування виявлених дефектів, щоб запобігти серйозним аваріям і додатковим витратам на ремонт.

У підсумку, перехідні колодязі змінюють важливу роль у зовнішніх системах каналізації, забезпечуючи правильний уклон труб для стабільної роботи системи. Їх конструктивні особливості, різноманітність типів та схем розташування ефективно впливає на особливості рельєфу та інженерних споруд. Принцип роботи таких колодязів обґрунтовується на створенні гідравлічного перепаду, що сприяє безперебійній циркуляції стоків і запобігає руйнуванню труб. Правильне проектування, монтаж і обслуговування перехідних колодязів забезпечують підвищену ефективність і надійність каналізаційної системи, що знижує ризик аварій та забезпечує довгострокову експлуатацію. Таким чином, використання перепадних колодязів є елементом сучасних зовнішніх каналізаційних мереж, що сприяє їх стабільності та безпеці.

						Арк.
					НУ ЛП, 192-МКР-2025-331	96
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

7. Економіка

					НУ ЛП, 192-МКР-2025-331	Арк.
						97
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

7.1. Порівняння варіантів проектних рішень

Згідно виданого завдання пораховано два варіанти влаштування каналізації комплексу житлових будинків (2300 мешканців) на вул. А. Палая у м. Ужгород:

Перший варіант – трубопроводи дошарові Е2-К гофровані безнапірні для зовнішніх каналізацій;

Другий варіант – Трубопроводи із бетонних фальцових труб з жорстким з'єднанням для зовнішніх каналізацій.

На основі проведених розрахунків приймається оптимальне рішення. Звідси порівняння варіантів здійснюємо методом визначення мінімуму приведених затрат, які розраховують за формулою:

$$\Pi_i = C_i + E_n * B_i \Rightarrow \min,$$

де C_i – річні поточні затрати (експлуатаційні затрати), B_i – одноразові затрати (капітальні вкладення); E_n – нормативний коефіцієнт економічної ефективності капітальних вкладень (для систем водовідведення $E_n = 0,15...0,2$).

Річні експлуатаційні витрати:

$$C = A + P + I + ЗП,$$

де А- амортизаційні відрахування, тис. грн.

Р- затрати на поточний ремонт, тис. грн.

ЗП- заробітна плата обслуговуючого персоналу, тис. грн,

І- інші витрати, тис. грн.

7.2. Визначення величини амортизаційних відрахувань

Відрахування на амортизацію (Н), капітальний ремонт ($A_{кр}$) і повне відновлення ($A_{пв}$) усереднено приймаються в розмірі 8% кошторисної вартості для водовідведення, грн/рік:

$$A_{I, II} = 0,08 * B_{в. б}$$

$$A_I = 0,08 * 250,181 = 20,01 \text{ тис. грн.}$$

						Арк.
						98
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата	НУ ЛП, 192-МКР-2025-331	

$$A_{II} = 0,08 * 392,355 = 31,39 \text{ тис. грн.}$$

Визначення витрат на поточний ремонт

Затрати на поточний ремонт системи опалення (P_{δ}°) можна приймати у розмірі 1,5% від кошторисної вартості системи (B_{κ}°), тобто

$$P_{\delta}^{\circ} = 0,03 \cdot B_{\kappa}^{\circ}.$$

$$P^I = 0,03 * B_{в.б}^I = 0,03 * 250,181 = 7,51 \text{ тис.грн.}$$

$$P^{II} = 0,03 * B_{в.б}^{II} = 0,03 * 392,355 = 11,77 \text{ тис.грн.}$$

7.3. Визначення витрат на заробітну плату обслуговуючого персоналу

Витрати на заробітну плату (ЗП) обслуговуючого персоналу становлять:

$$ЗП_{I,II} = 250 \text{ тис. грн.}$$

7.4. Визначення величини інших витрат

Величина інших витрат приймається в розмірі 30% суми амортизаційних відрахувань, витрат на поточний ремонт і заробітну плату обслуговуючого персоналу.

$$I = 0,3 * (A + P + ЗП)$$

$$I_I = 0,3 * (20,01 + 7,51 + 250) = 83,26 \text{ тис. грн}$$

$$I_{II} = 0,3 * (31,39 + 11,77 + 250) = 87,95 \text{ тис. грн.}$$

7.5. Визначаємо експлуатаційні витрати

$$C_I = 20,01 + 7,51 + 250 + 83,26 = 360,78 \text{ тис.грн.}$$

$$C_{II} = 31,39 + 11,77 + 250 + 87,95 = 381,11 \text{ тис.грн.}$$

7.6. Визначаємо приведені затрати:

При порівнянні з допомогою приведених затрат вибирається варіант з меншим їх значенням:

$$П_I = 360,78 + 0,15 * 250,181 = 398,31 \text{ тис. грн.}$$

$$П_{II} = 381,11 + 0,15 * 392,355 = 439,96 \text{ тис. грн.}$$

					НУ ЛП, 192-МКР-2025-331	Арк.
						99
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Економічний ефект складає $E = 439,96 - 398,31 = 41,65$ тис. грн. в рік.

Приймаємо перший варіант каналізації комплексу житлових будинків (2300 мешканців) на вул. А. Палая у м. Ужгород.

Локальні кошториси наведені в додатку 1.

					НУ ЛП, 192-МКР-2025-331	Арк.
						100
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Список використаної літератури

1. Водний кодекс України // Постанова Верховної Ради України від 06.06.1995 р. №213/95-ВР.
2. ДБН В.2.2-5:2023 Захисні споруди цивільного захисту
3. ДБН В.2.2-9:2018 Будинки і споруди. Громадські будинки та споруди. Основні положення.
4. ДБН В.2.2-20:2008 Будинки і споруди. Готелі
5. ДБН В.2.2-23:2009 Будинки і споруди. Підприємства торгівлі.
6. ДБН В.2.2-25:2009 Будинки і споруди. Підприємства харчування (заклади ресторанного господарства).
7. ДБН В.2.2-28:2010 Будинки і споруди. Будинки адміністративного та побутового призначення
8. ДБН В.2.3-15:2007 Споруди транспорту. Автостоянки і гаражі для легкових автомобілів.
9. ДБН В.2.5-64:2012. Внутрішній водопровід та каналізація.
10. ДБН В.2.5-74:2013. Водопостачання. Зовнішні мережі та споруди. Основні положення проектування.
11. Зовнішні безнапірні водовідвідні мережі з двошарових пластмасових труб зі структурованою стінкою. Посібник з проектування і будівництва / Жук В.М., Стасюк М.І., Мацієвська О.О., Возняк О.Т. – Компанія "Ельпласт", Національний університет "Львівська політехніка", 2005. – 52 с.
12. ДСТУ EN 14154-1:2015 Лічильники води. Частина 1. Загальні технічні вимоги
13. ДСТУ Б В.2.5-26:2005. Інженерне обладнання будинків і споруд. Зовнішні мережі та споруди. Люки оглядових колодязів і дощоприймачі зливостічних колодязів. Технічні умови.
14. ДСТУ-Н Б В.2.5-40:2009 Проектування та монтаж мереж водопостачання та каналізації з пластикових труб.

						Арк.
						101
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	НУ ЛП, 192-МКР-2025-331	

15. ДСТУ Б В.2.6-106:2010 Конструкції бетонні і залізобетонні для колодязів каналізаційних, водопровідних і газопровідних мереж. Технічні умови.
16. ДСТУ Б В.2.7-151:2008. Будівельні матеріали. Труби поліетиленові для подачі холодної води. Технічні умови (EN 12201-2:2003, MOD).
17. ДСТУ 7525:2014. Вода питна. Вимоги та методи контролювання якості.
18. Лукіних А.А., Лукіних Н.А. Таблиці для гідравлічного розрахунку каналізаційних мереж та дюкерів за формулою акад. Н.М. Павловського. - 5-те вид. - М.: Будвидав, 1987. - 336с.
19. Мацієвська О.О. Водопостачання та водовідведення – Львів: Видавництво Львівської політехніки, 2015. – 137 с.
20. Водопостачання та водовідведення будівлі: Методичні вказівки до курсової роботи з дисципліни “Водопостачання та водовідведення”. – Львів: Видавництво НУ "Львівська політехніка", 2006. – 36 с.
21. Шевелєв Ф.А. Таблиці для гідравлічного розрахунку сталевих, чавунних, азбестоцементних, пластмасових та скляних водопровідних труб. - М.: Будвидав, 1973. - 112 с.
22. Кравченко В.С. Водопостачання та каналізація: Підручник. – К.: Кондор, 2003. – 288 с.
23. Тазалова Н.М. Водопостачання та водовідведення: Курс лекцій. В 2 ч. – Львів: ДУ “Львівська політехніка”, 1997. – 255 с.
24. Тазалова Н.М. Водопостачання та водовідведення: Практичні заняття. – Львів: ДУ “Львівська політехніка”, 1997. – 79 с.
25. Каналізаційні колодязі - їх типи та види - ІНФО-БУД. (n.d.) відновлено May 16, 2025, від info-bud.com.ua
26. Абдельхамід, В.; Сапутра, В. Інтеграція систем обслуговування будівель в архітектурне проектування. Ж. Інф. технол. Констр. 2020, 25, 109–122.

						Арк.
					НУ ЛП, 192-МКР-2025-331	102
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

27. Фільо, Дж.Б.П.Д.; Ангелім, Б.М.; Гедес, Дж.П.; Де Кастро, М.А.Ф.; Нето, Дж.Д.П.Б. Віртуальне проектування та будівництво сантехнічних систем. Відкрити англ. 2016, 6, 730–736.
28. Паломера-Аріас, Р.; Лю, Р. Лабораторні вправи BIM для курсу системи MEP у програмі з будівельної науки та управління. Ж. Інф. технол. Констр. 2016, 21, 188–203.
29. Чжан, Дж.; Сіт, Б.К.; Лі, Т.Т. Інформаційне моделювання будівель для інтелектуальних середовищ забудови. Будівлі 2015, 5, 100–115.
30. Діао, П.Х.; Ши, Н.Дж. Система технічного обслуговування доповненої реальності на основі BIM (BARMS) як інтелектуальна платформа інструкцій для складних сантехнічних засобів об'єктів. Прикладні науки. 2019, 9, 1592.
31. Лойола М . Національний університет BIM 2019; Чилійський університет - План BIM: Сантьяго, Чилі, 2019.
32. Пефферс, К.; Туунанен, Т.; Генглер, К.Е.; Россі, М.; Хуей, В.; Віртанен, В.; Брегге, Дж. Процес дослідження в галузі проектування: модель для створення та представлення досліджень інформаційних систем. У роботах 1-ї Міжнародної конференції, DESRIST 2006
33. Праці, Клермонт, Каліфорнія, США, 24–25 лютого 2006 р.; Вища освіта Клермонта: Клермонт, Каліфорнія, США; с. 83–106.
34. Чилійський стандартний каталог систем питного водопостачання та каналізації SISS. Доступно онлайн: <https://www.siss.gob.cl/586/w3-article-4152.html> (дата звернення: 8 вересня 2022 р.).
35. Се, Х.; Трамель, Дж. М.; Ши, В. Інформаційне моделювання та симуляція будівель для механічних, електричних та сантехнічних систем. У роботах Міжнародної конференції IEEE з інформатики та автоматизації 2011 року, Шанхай, Китай, 10–12 червня 2011 р.; Том 3, с. 77–80.
36. Сяо, Ю.К.; Лі, С.В.; Ху, З.З. Автоматичне створення логічного ланцюга MEP з побудовою інформаційних моделей з правилами ідентифікації. апл. Sci. 2019, 9, 2204.

						Арк.
					НУ ЛП, 192-МКР-2025-331	103
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

37. Ван, Б.; Инь, К.; Люо Х.; Cheng, J.C.P.; Wang, Q. Повне автоматизоване створення параметричного BIM для MEP-scen на основі даних наземного лазерного сканування. *Автом. Констр.* 2021, 125, 103615.
38. Ван, Дж.; Ван, Х.; Шоу, В.; Chong, H.Y.; Guo, J. Інтеграція проектів компонування MEP та конструкції на основі інформаційного моделювання будівель. *Автом. Констр.* 2016, 61, 134–146.
39. Чен, К.; Гарсія де Сото, Б.; Адей, Б.Т. Автоматизація будівництва: напрямки дослідження, проблеми галузі та пропозиції щодо розвитку. *Автом. Констр.* 2018, 94, 22–38.
40. Муньос-Ла Рівера, Ф.; Vielma, J.C.; Еррера, Р.Ф.; Carvallo, J. Методологія впровадження інформаційного моделювання будівель (BIM) в компаніях, що займаються проектуванням конструкцій (SEC). *Adv. Civ. інж.* 2019, 2019, 8452461.
41. Тенг, Ю.; Сюй, Дж.; Пан, В.; Zhang, Y. Систематичний огляд інтеграції інформаційного моделювання будівель в оцінку життєвого циклу. *Будувати. Навколишнє середовище.* 2022, 221, 109260.
42. Еррера, Р.Ф.; Morgues, С.; Аларкон, Л.Ф.; Pellicer, Е. Аналіз зв'язку між практиками управління бережливим проектуванням та використанням BIM у проектуванні будівельних проектів. *J. Constr. інж. кер.* 2021, 147, 1–11.
43. Лейгоні, Р.; Мотамеді, А.; Йорданова І. Розвиток процедур та інструментів покращення якості в будівельному середовищі для управління об'єктами BIM. *Dev. Побудоване середовище.* 2022, 11, 100075. [Перехресне посилання](#)]
44. Коллао, Дж.; Лозано-Галант, Ф.; Лозано-галант, Я.А. Застосування візуальних інструментів програмування BIM в інфраструктурних проектах: огляд сучасного стану. *апл. Sci.* 2021, 11, 8343.
45. Журіч, Й.; Зічі, А.; Азенья, М. Інтеграція NBIM та сертифікації сталого розвитку: пілотне дослідження з використанням сертифікації історичних будівель GBC. *Міжн. Й. архіт. Спадок.* 2022, 1–20.

					НУ ЛП, 192-МКР-2025-331	Арк.
						104
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

46. Потрч Обрехт, Т.; Рьок, М.; Ходжа, Є.; Пассер, А. Інтеграція BIM та LCA: систематичний огляд літератури. Сталій розвиток 2020, 12, 5534.21.
47. Рен, Р.; Чжан, Й. Нова структура для вирішення питання сумісності BIM в галузі АЕС з технічних та процесних аспектів. Доктор цивільних інженерів 2021, 2021, 8824613.
48. Бастос Порсані, Г.; де Лерсунді, К.; Санчес-Остіс Гутьєррес, А.; Фернандес Бандера, К. Взаємодія між інформаційним моделюванням будівель (BIM) та енергетичною моделлю будівель (BEM). Appl. Sci. 2021, 11, 2167.
49. Беллідо-монтесінос, П.; Лосано-галант, Ф.; Хав'єр, Ф.; Лосано-галант, Х.А. Досвід, отриманий у рамках міжнародного конкурсу BIM:
50. Використання програмного забезпечення та аналіз інформаційних робочих процесів, які будуть опубліковані в: Journal of Building Engineering. J. Build. Eng. 2019, 21,149–157.
51. Се, Х.; Чжоу, Х.; Фу, Х.; Чжан, Р.; Чжу, Х.; Бао, К. Автоматизована перевірка правил для систем MEP на основі BIM та KBMS. Будівлі 2022, 12, 934.
52. Гарсія, Д. Застосування BIM до гідравлічних установок у будівництві; Universidad de Valladolid: Вальядолід, Іспанія, 2019.27. Рада, І.С. Міжнародний кодекс сантехніки; ICC: Вашингтон, округ Колумбія, США, 2012; ISBN 9781580017428.
53. CNP. Продуктивність у секторі будівництва; Сантьяго де Чилі: Сантьяго, Чилі, 2020.
54. Лу, К.; Вонг, Ю.Х. Підхід на основі BIM для автоматизації процесу проектування та координації механічних, електричних та сантехнічних систем. НКІЕ Trans. 2018, 25, 273–280.
55. Хань, Дж.; Чжоу, Х.; Чжан, В.; Го, К.; Ван, Дж.; Лу, Ю. Спрямоване репрезентативне графове моделювання систем MEP з використанням даних BIM. Будівлі 2022, 12, 834.

					НУ ЛП, 192-МКР-2025-331	Арк.
						105
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

56. Вей, Т.; Чен, Г.; Ван, Дж. Застосування технології BIM у проектуванні водопостачання та водовідведення. У працях IOP Серія конференцій: Науки про Землю та навколишнє середовище; IOP Publishing: Брістоль, Вірджинія, США, 2017.
57. Каласапуді, В.С.; Туркан, Ю.; Тан, П. До автоматизованого аналізу просторових змін компонентів MEP з використанням 3D хмар точок та спроектованих BIM-моделей. У працях 2-ї Міжнародної конференції з 3D-зору 2014 року, Токіо, Японія, 8–11 грудня 2014 р.; с. 145–152.
58. Ху, З.З.; Юань, С.; Бенгі, К.; Чжан, Дж.П.; Чжан, Х.Й.; Лі, Д.; Кассем, М. Геометрична оптимізація інформаційних моделей будівель в проектах MEP: Алгоритми та методи покращення зберігання, передачі та відображення. *Autom. Constr.* 2019, 107, 102941.
59. Пярн, Е.А.; Едвардс, Д.Дж.; Сінг, М.К.П. Причини та ймовірності конфліктів MEP та структурного проектування в рамках об'єднаної BIM-моделі. *Autom. Constr.* 2018, 85, 209–219.
60. Василев, Л. Параметричне моделювання в структурному проектуванні. Дисертація, LAB University of Applied Sciences, Лахті, Фінляндія, 2020.
61. Стайн, Д. Підготовка до сертифікованого іспиту Autodesk Revit for Architecture; SDC: Нашвілл, Теннессі, США, 2021.
62. Єзик, М. Посібник з Dynamo Primer.
63. Вей, Л.; Лю, С.; Вей, К.; Ван, Ю. Концепція, метод та застосування обчислювального BIM. *Adv. Intell. Syst. Comput.* 2020, 1084, 392–398.
64. Хофманн, П.; Самп, К.; Урбах, Н. Роботизована автоматизація процесів. *Electron. Mark.* 2020, 30, 99–106.
65. Парті, Р.; Хауер, С.; Монсбергер, М. Модель процесу для проектування MEP на основі BIM. *IOP Conf. Ser. Earth Environ. Sci.* 2019, 323, 012045.
66. Незамалдін, Д. Параметричне проектування з візуальним програмуванням у Dynamo з Revit: перетворення з моделей CAD до BIM та

						Арк.
					НУ ЛП, 192-МКР-2025-331	106
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

проектування аналітичних застосувань. Магістерська дисертація, Королівський технологічний інститут, Стокгольм, Швеція, 2019; 84 с.

67. Ху, Ю.; Кастро-Лакутюр, Д.; Істмен, К.М. Покращення цілісного виявлення зіткнень за допомогою мережі, що залежить від компонентів, у проектах BIM. *Autom. Constr.* 2019, 105, 102832.

68. Чірібіні, А.Л.К.; Вентура, С.М.; Панероні, М. Впровадження сумісного процесу для оптимізації фаз проектування та будівництва житлового будинку: пілотний проект BIM. *Autom. Constr.* 2016, 71, 62–73.

69. Мершброк, К.; Ерік, Б. Ефективна цифрова співпраця в будівельній галузі — тематичне дослідження розгортання BIM у проекті будівництва лікарні. *Comput. Ind.* 2015, 73, 1–7.

70. Вузли Autodesk Vumorph для Dynamo BIM.

					НУ ЛП, 192-МКР-2025-331	Арк.
						107
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Додаток 1

					НУ ЛП, 192-МКР-2025-331	Арк.
						108
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

Використання BIM технологій для оптимізації систем водопостачання та каналізації комплексу житлових будинків (2300 мешканців) на вул. А. Палая у м. Ужгород
 МКР

Локальний кошторис на будівельні роботи № 06-01-01
на Трубопроводи дошарові E2-K гофровані безнапірні для зовнішніх каналізацій

Використання BIM технологій для оптимізації систем водопостачання та каналізації комплексу житлових будинків (2300 мешканців) на вул. А. Палая у м. Ужгород

Основа:
 креслення (специфікації) №

Кошторисна вартість 250,181 тис. грн.
 Кошторисна трудомісткість 0,52201 тис.люд.год.
 Кошторисна заробітна плата 62,664 тис. грн.
 Середній розряд робіт 3,1 розряд

Складений в поточних цінах станом на "14 травня" 2025 р.

№ Ч.ч.	Обґрунтування (шифр норми)	Найменування робіт і витрат	Одиниця виміру	Кількість	Вартість одиниці, грн.		Загальна вартість, грн.			Витрати труда робітників, люд.год.	
					Всього	експлуатації машин	Всього	заробітної плати	експлуатації машин	не зайнятих обслуговуванням машин	
										заробітної плати	в тому числі заробітної плати
					на одиницю	всього					
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	E1-30-2	Планування площ бульдозерами потужністю 79 кВт [108 к.с.] за 1 прохід	1000м2	0,377	<u>304,44</u>	<u>304,44</u>	115	-	<u>115</u>	-	-
					-	82,17			31	0,5148	0,19
2	E1-11-2	Розроблення ґрунту у відвал екскаваторами "драглайн" або "зворотна лопата" з ковшом місткістю 2,5 [1,5-3] м3, група ґрунтів 2	1000м3	0,3963	<u>10533,86</u>	<u>9543,84</u>	4175	392	<u>3783</u>	<u>8,7900</u>	<u>3,48</u>
					990,02	5438,53			2155	38,5789	15,29
3	E1-164-2	Розробка ґрунту вручну в траншеях глибиною до 2 м без кріплень з укосами, група ґрунтів 2	100м3	0,2	<u>25274,17</u>	-	5055	5055	-	<u>261,8000</u>	<u>52,36</u>
					25274,17	-			-	-	-
4	E1-27-5	Засипка траншей і котлованів бульдозерами потужністю 79 кВт [108 к.с.] з переміщенням ґрунту до 5 м, група ґрунтів 2	1000м3	0,3404	<u>8095,03</u>	<u>8095,03</u>	2756	-	<u>2756</u>	-	-
					-	2184,96			744	13,6884	4,66
5	E1-166-2	Засипка вручну траншей, пазух котлованів і ям, група ґрунтів 2	100м3	0,1702	<u>15711,02</u>	-	2674	2674	-	<u>165,2400</u>	<u>28,12</u>
					15711,02	-			-	-	-
6	E1-134-1	Ущільнення ґрунту пневматичними трамбівками, група ґрунтів 1, 2	100м3	3,4	<u>3583,42</u>	<u>1592,83</u>	12184	6768	<u>5416</u>	<u>18,3600</u>	<u>62,42</u>
					1990,59	611,92			2081	5,1175	17,4

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
7	E23-14-3	Улаштування круглих цегляних із покриттям зі збірного залізобетону каналізаційних колодязів діаметром 1,5 м у сухих ґрунтах	10м3	0,6	<u>45927,82</u> 16468,36	<u>529,37</u> 199,41	27557	9881	<u>318</u> 120	<u>140,9600</u> 1,4150	<u>84,58</u> 0,85	
8	E23-24-1	Установлення люка	шт	2	<u>1726,04</u> 230,58	<u>24,81</u> 16,00	3452	461	<u>50</u> 32	<u>2,1000</u> 0,1340	<u>4,2</u> 0,27	
9	C113-754	Люк чавунний для колодязів важкий	шт	2	<u>3383,15</u> -	-	6766	-	-	-	-	
10	E23-1-1	Улаштування піщаної основи під трубопроводи	10м3	2,28	<u>6730,30</u> 1690,43	-	15345	3854	-	<u>16,3200</u> -	<u>37,21</u> -	
11	EH22-11-8	Укладання трубопроводів діаметром 300 мм	1000м	0,1233	<u>140882,31</u> 57199,97	<u>76525,34</u> 22852,17	17371	7053	<u>9436</u> 2818	<u>489,6000</u> 189,4511	<u>60,37</u> 23,36	
12	C113-2315	Труби E2-K двошарові гофровані безнапірні для зовнішніх каналізаційних мереж діам. 300 мм	м	123,3	<u>513,11</u> -	-	63266	-	-	-	-	
13	EH22-11-9	Укладання трубопроводів діаметром 400 мм	1000м	0,0654	<u>170772,43</u> 62925,81	<u>97237,42</u> 29618,48	11169	4115	<u>6359</u> 1937	<u>538,6100</u> 237,4540	<u>35,23</u> 15,53	
14	C113-2316	Труби E2-K двошарові гофровані безнапірні для зовнішніх каналізаційних мереж діам. 400 мм	м	65,4	<u>725,90</u> -	-	47474	-	-	-	-	
15	E23-23-1	Приєднання каналізаційних трубопроводів до існуючої мережі в сухих ґрунтах	шт	1	<u>3470,35</u> 3110,49	<u>122,25</u> 46,39	3470	3110	<u>122</u> 46	<u>26,9400</u> 0,3362	<u>26,94</u> 0,34	
		Разом прямі витрати по кошторису					222829	43363	<u>28355</u> 9964		<u>394,91</u> 77,89	
		Разом будівельні роботи, грн. в тому числі: вартість матеріалів, виробів та комплектів, грн. всього заробітна плата, грн. Загальновиробничі витрати, грн. трудомісткість в загальновиробничих витратах, люд.год. заробітна плата в загальновиробничих витратах, грн. Всього будівельні роботи, грн.					222829	151111	53327	27352	49,21	9337
		Всього по кошторису					250181					
		Кошторисна трудомісткість, люд.год.					522,01					

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
		Кошторисна заробітна плата, грн.						62664				

Склав _____
[посада, підпис (ініціали, прізвище)]

Перевірив _____
[посада, підпис (ініціали, прізвище)]

Використання BIM технологій для оптимізації систем водопостачання та каналізації комплексу житлових будинків (2300 мешканців) на вул. А. Палая у м. Ужгород

Відомість ресурсів до локального кошторису № 06-01-01
на Трубопроводи дошарові Е2-К гофровані безнапірні для зовнішніх каналізацій

№ ч.ч.	Шифр ресурсу	Найменування	Одиниця виміру	Кількість	Поточна ціна за одиницю, грн.	у тому числі:		
						відпускна ціна, грн.	транспортна складова, грн.	Заготівельно-складські витрати, грн.
1	2	3	4	5	6	7	8	9
I. Витрати труда								
1	1	Витрати труда робітників-будівельників	люд.год	394,91	109,81			
2		Середній розряд робіт, що виконуються робітниками-будівельниками	розряд	3,1				
3		Витрати труда робітників, зайнятих керуванням та обслуговуванням машин	люд.год	77,89	127,93			
4		Середній розряд ланки робітників, зайнятих керуванням та обслуговуванням машин	розряд	4,3				
5		Витрати труда працівників, заробітна плата яких передбачена в загальновиробничих витратах	люд.год	49,21	189,76			
		Разом кошторисна трудомісткість	люд.год	522,01				
		Середній розряд робіт	розряд	3,1				
II. Будівельні машини і механізми								
6	СН201-12	Автомобілі бортові, вантажопідйомність 5 т	маш. год	1,51264	409,50			
7	СН202-1141	Крани на автомобільному ході, вантажопідйомність 10 т	маш. год	5,87182	649,23			
8	СН204-102	Електростанції пересувні, потужність 4 кВт	маш. год	10,75176	159,34			
9	СН204-102-3	Електростанції пересувні, потужність 12 кВт	маш. год	5,97756	153,12			
10	СН205-101	Компресори пересувні з двигуном внутрішнього згоряння, тиск до 686 кПа [7 ат], продуктивність 2,2 м3/хв	маш. год	15,13	357,94			
11	СН206-411	Експаватори одноковшеві електричні на гусеничному ході, місткість ковша 2,5 м3	маш. год	4,82297	784,21			
12	СН207-149	Бульдозери, потужність 79 кВт [108 к.с.]	маш. год	3,67698	780,62			
13	СН211-901	Розчинозмішувачі пересувні, місткість 65 л	маш. год	0,2	118,25			

1	2	3	4	5	6	7	8	9
14	CH215-101	Агрегати наповнювальні-обпресовувальні, продуктивність до 70 м3/год	маш. год	7,095	898,00			
15	CH225-5913	Апарати для стикового зварювання поліетиленових труб діаметром до 315 мм, потужність 3,7 кВт	маш. год	10,75176	166,44			
16	CH225-5914	Апарати для стикового зварювання поліетиленових труб діаметром до 630 мм, потужність 10,2 кВт	маш. год	5,97756	173,96			
<u>Будівельні машини, враховані в складі загальновиробничих витрат</u>								
17	CH233-1100	Трамбівки пневматичні при роботі від компресора	маш. год	60,69				
<u>III. Будівельні матеріали, вироби і комплекти</u>								
18	C111-1315	Портландцемент загальнобудівельного призначення з мінеральними добавками до 20%, марка 300	т	0,001	2424,71	2205,75	171,42	47,54
19	C112-57	Дошки обрізні з хвойних порід, довжина 4-6,5 м, ширина 75-150 мм, товщина 32,40 мм, III сорт	м3	0,0096	5816,57	5597,62	104,90	114,05
20	+C113-753	Люк чавунний для колодязів легкий	шт	2	1457,20	1417,58	11,05	28,57
21	+C113-754	Люк чавунний для колодязів важкий	шт	2	3383,15	3299,82	16,99	66,34
22	C113-2315	Труби Е2-К двошарові гофровані безнапірні для зовнішніх каналізаційних мереж діам. 300 мм	м	123,3	513,11	501,38	1,67	10,06
23	C113-2316	Труби Е2-К двошарові гофровані безнапірні для зовнішніх каналізаційних мереж діам. 400 мм	м	65,4	725,90	708,77	2,90	14,23
24	C142-10-2	Вода	м3	37,4418	42,10	42,10	-	-
25	C1415-7976	Плити покриттів, перекриттів та днищ круглі із бетону В22,5, діаметр до 2,5 м, маса до 5 т	м3	0,336	7833,93	7403,84	276,48	153,61
26	C1421-9471	Щебінь із природного каменю для будівельних робіт, фракція 20-40 мм, марка М400	м3	0,114	719,96	416,73	289,11	14,12
27	+C1421-10634	Пісок природний, рядовий	м3	25,28	458,17	234,76	214,43	8,98
28	C1422-10936	Цегла керамічна одинарна повнотіла, розміри 250x120x65 мм, марка М100	1000шт	1,416	5179,66	4585,69	492,41	101,56
29	C1424-11596	Суміші бетонні готові важкі, клас бетону В3,5 [М50], крупність заповнювача більше 40 мм	м3	0,438	2001,14	1596,19	365,71	39,24
30	C1424-11599	Суміші бетонні готові важкі, клас бетону В10 [М150], крупність заповнювача більше 40 мм	м3	0,065	2182,67	1774,16	365,71	42,80
31	C1424-11600	Суміші бетонні готові важкі, клас бетону В15 [М200], крупність заповнювача більше 40 мм	м3	2,172	2309,14	1898,15	365,71	45,28
32	C1425-11683	Розчин готовий кладковий важкий цементний, марка М100	м3	0,017	1681,60	1313,39	335,24	32,97
33	C1425-11688	Розчин готовий кладковий важкий цементно-вапняковий, марка М50	м3	0,78	1673,18	1305,13	335,24	32,81

1	2	3	4	5	6	7	8	9
34	C1425-11696-2	Розчин азбоцементний	м3	0,03	1883,62	1511,45	335,24	36,93

Символ '+' визначає, що параметри, які впливають на кошторисну ціну ресурсу, змінені користувачем.
Поточні ціни матеріальних ресурсів прийняті станом на 7 грудня 2024 р.

Склав _____
[посада, підпис (ініціали, прізвище)]

Перевірив _____
[посада, підпис (ініціали, прізвище)]

Використання BIM технологій для оптимізації систем водопостачання та каналізації комплексу житлових будинків (2300 мешканців) на вул. А. Палая у м. Ужгород
 МКР

Локальний кошторис на будівельні роботи № 06-01-02
на Трубопроводи із бетонних фальцових труб з жорстким з'єднанням для зовнішніх каналізацій
Використання BIM технологій для оптимізації систем водопостачання та каналізації комплексу житлових будинків (2300 мешканців) на вул. А. Палая
у м. Ужгород

Основа:
 креслення (специфікації) №

Кошторисна вартість 392,355 тис. грн.
 Кошторисна трудомісткість 0,90723 тис.люд.год.
 Кошторисна заробітна плата 112,714 тис. грн.
 Середній розряд робіт 3,3 розряд

Складений в поточних цінах станом на "14 травня" 2025 р.

№ Ч.ч.	Обґрунтування (шифр норми)	Найменування робіт і витрат	Одиниця виміру	Кількість	Вартість одиниці, грн.		Загальна вартість, грн.			Витрати труда робітників, люд.год.		
					Всього	експлуатації машин	Всього	заробітної плати	експлуатації машин	не зайнятих обслуговуванням машин		
										заробітної плати	в тому числі заробітної плати	в том числі заробітної плати
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
1	E1-30-2	Планування площ бульдозерами потужністю 79 кВт [108 к.с.] за 1 прохід	1000м2	0,377	304,44	304,44	115	-	115	-	-	-
2	E1-11-2	Розроблення ґрунту у відвал екскаваторами "драглайн" або "зворотна лопата" з ковшом місткістю 2,5 [1,5-3] м3, група ґрунтів 2	1000м3	0,3963	10533,86	9543,84	4175	392	3783	8,7900	3,48	15,29
3	E1-164-2	Розробка ґрунту вручну в траншеях глибиною до 2 м без кріплень з укосами, група ґрунтів 2	100м3	0,2	25274,17	-	5055	5055	-	261,8000	52,36	-
4	E1-27-5	Засипка траншей і котлованів бульдозерами потужністю 79 кВт [108 к.с.] з переміщенням ґрунту до 5 м, група ґрунтів 2	1000м3	0,3404	8095,03	8095,03	2756	-	2756	-	-	-
5	E1-166-2	Засипка вручну траншей, пазух котлованів і ям, група ґрунтів 2	100м3	0,1702	15711,02	-	2674	2674	-	165,2400	28,12	-
6	E1-134-1	Ущільнення ґрунту пневматичними трамбівками, група ґрунтів 1, 2	100м3	3,4	3583,42	1592,83	12184	6768	5416	18,3600	62,42	17,4
					1990,59	611,92			2081	5,1175	17,4	

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
7	E23-14-3	Улаштування круглих цегляних із покриттям зі збірного залізобетону каналізаційних колодязів діаметром 1,5 м у сухих ґрунтах	10м3	0,6	<u>45927,82</u> 16468,36	<u>529,37</u> 199,41	27557	9881	<u>318</u> 120	<u>140,9600</u> 1,4150	<u>84,58</u> 0,85
8	E23-24-1	Установлення люка	шт	2	<u>1726,04</u> 230,58	<u>24,81</u> 16,00	3452	461	<u>50</u> 32	<u>2,1000</u> 0,1340	<u>4,2</u> 0,27
9	C113-754	Люк чавунний для колодязів важкий	шт	2	<u>3383,15</u> -	-	6766	-	-	-	-
10	E23-1-1	Улаштування піщаної основи під трубопроводи	10м3	2,28	<u>6730,30</u> 1690,43	-	15345	3854	-	<u>16,3200</u> -	<u>37,21</u> -
11	E23-9-1	Укладання трубопроводів із бетонних фальцьових труб з жорстким з'єднанням діаметром 300 мм	100м	1,233	<u>40170,12</u> 20468,75	<u>14331,24</u> 5228,64	49530	25238	<u>17670</u> 6447	<u>177,2800</u> 33,3100	<u>218,59</u> 41,07
12	C1416-8391	Труби безнапірні круглі, діаметр умовного проходу 300 мм, міцність труб друга	м	123,3	<u>719,75</u> -	-	88745	-	-	-	-
13	E23-11-3	Покриття бітумною мастикою бетонних і залізобетонних труб діаметром 300 мм	100м	1,233	<u>12812,25</u> 4174,46	<u>65,52</u> 26,05	15798	5147	<u>81</u> 32	<u>33,6000</u> 0,2128	<u>41,43</u> 0,26
14	E23-9-2	Укладання трубопроводів із бетонних фальцьових труб з жорстким з'єднанням діаметром 400 мм	100м	0,654	<u>46990,00</u> 22475,44	<u>17577,39</u> 6408,64	30731	14699	<u>11496</u> 4191	<u>194,6600</u> 40,8100	<u>127,31</u> 26,69
15	C1416-8393	Труби безнапірні круглі, діаметр умовного проходу 400 мм, міцність труб друга	м	65,4	<u>995,10</u> -	-	65080	-	-	-	-
16	E23-11-4	Покриття бітумною мастикою бетонних і залізобетонних труб діаметром 400 мм	100м	0,654	<u>17059,03</u> 5995,12	<u>77,81</u> 30,93	11157	3921	<u>51</u> 20	<u>47,5200</u> 0,2527	<u>31,08</u> 0,17
17	E23-23-1	Приєднання каналізаційних трубопроводів до існуючої мережі в сухих ґрунтах	шт	1	<u>3470,35</u> 3110,49	<u>122,25</u> 46,39	3470	3110	<u>122</u> 46	<u>26,9400</u> 0,3362	<u>26,94</u> 0,34
Разом прямі витрати по кошторису							344590	81200	<u>41858</u> 15899		<u>717,72</u> 107,19
Разом будівельні роботи, грн.							344590				
в тому числі:											
вартість матеріалів, виробів та комплектів, грн.							221532				
всього заробітна плата, грн.							97099				
Загальновиробничі витрати, грн.							47765				
трудомісткість в загальновиробничих витратах, люд.год.							82,32				
заробітна плата в загальновиробничих витратах, грн.							15615				
Всього будівельні роботи, грн.							392355				

Всього по кошторису							392355				
Кошторисна трудомісткість, люд.год.							907,23				

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
		Кошторисна заробітна плата, грн.						112714				

Склав _____
[посада, підпис (ініціали, прізвище)]

Перевірив _____
[посада, підпис (ініціали, прізвище)]

Використання BIM технологій для оптимізації систем водопостачання та каналізації комплексу житлових будинків (2300 мешканців) на вул. А. Палая у м. Ужгород

Відомість ресурсів до локального кошторису № 06-01-02
на Трубопроводи із бетонних фальцьових труб з жорстким з'єднанням для зовнішніх каналізацій

№ ч.ч.	Шифр ресурсу	Найменування	Одиниця виміру	Кількість	Поточна ціна за одиницю, грн.	у тому числі:		
						відпускна ціна, грн.	транспортна складова, грн.	Заготівельно-складські витрати, грн.
1	2	3	4	5	6	7	8	9
I. Витрати труда								
1	1	Витрати труда робітників-будівельників	люд.год	717,72	113,14			
2		Середній розряд робіт, що виконуються робітниками-будівельниками	розряд	3,3				
3		Витрати труда робітників, зайнятих керуванням та обслуговуванням машин	люд.год	107,19	148,34			
4		Середній розряд ланки робітників, зайнятих керуванням та обслуговуванням машин	розряд	5,3				
5		Витрати труда працівників, заробітна плата яких передбачена в загальновиробничих витратах	люд.год	82,32	189,71			
		Разом кошторисна трудомісткість	люд.год	907,23				
		Середній розряд робіт	розряд	3,3				
II. Будівельні машини і механізми								
6	СН201-12	Автомобілі бортові, вантажопідйомність 5 т	маш. год	0,76154	409,50			
7	СН202-1141	Крани на автомобільному ході, вантажопідйомність 10 т	маш. год	45,224	649,23			
8	СН205-101	Компресори пересувні з двигуном внутрішнього згорання, тиск до 686 кПа [7 ат], продуктивність 2,2 м3/хв	маш. год	15,13	357,94			
9	СН206-411	Екскаватори одноковшеві електричні на гусеничному ході, місткість ковша 2,5 м3	маш. год	4,82297	784,21			
10	СН207-149	Бульдозери, потужність 79 кВт [108 к.с.]	маш. год	3,67698	780,62			
11	СН211-901	Розчинозмшувачі пересувні, місткість 65 л	маш. год	0,2	118,25			
12	СН231-101	Насоси для водозниження та водовідливу, потужність 2,8 кВт	маш. год	1,887	48,18			

1	2	3	4	5	6	7	8	9
		<u>Будівельні машини, враховані в складі загальнови­робничих витрат</u>						
13	СН233-1100	Трамбівки пневматичні при роботі від компресора	маш. год	60,69				
14	СН270-30	Котли бітумні пересувні, місткість 1000 л	маш. год	18,21984				
		<u>III. Будівельні матеріали, вироби і комплекти</u>						
15	С111-73	Бітуми нафтові будівельні, марка БН-90/10	т	0,06627	19151,56	18527,89	248,15	375,52
16	С111-1315	Портландцемент загальнобудівельного призначення з мінеральними добавками до 20%, марка 300	т	0,001	2424,71	2205,75	171,42	47,54
17	С111-1600	Бензин розчинник	т	0,149598	21796,02	21131,76	236,89	427,37
18	С111-1694	Мастика бітумно-полімерна	т	1,068597	12030,46	11557,68	236,89	235,89
19	С112-57	Дошки обрізні з хвойних порід, довжина 4-6,5 м, ширина 75-150 мм, товщина 32,40 мм, III сорт	м3	0,0096	5816,57	5597,62	104,90	114,05
20	+С113-753	Люк чавунний для колодязів легкий	шт	2	1457,20	1417,58	11,05	28,57
21	+С113-754	Люк чавунний для колодязів важкий	шт	2	3383,15	3299,82	16,99	66,34
22	С124-2	Гарячекатана арматурна сталь гладка, клас А-1, діаметр 8 мм	т	0,116715	29417,20	28705,96	134,43	576,81
23	С142-10-2	Вода	м3	16,9947	42,10	42,10	-	-
24	С1415-7976	Плити покриттів, перекриттів та днищ круглі із бетону В22,5, діаметр до 2,5 м, маса до 5 т	м3	0,336	7833,93	7403,84	276,48	153,61
25	С1416-8391	Труби безнапірні круглі, діаметр умовного проходу 300 мм, міцність труб друга	м	123,3	719,75	682,48	23,16	14,11
26	С1416-8393	Труби безнапірні круглі, діаметр умовного проходу 400 мм, міцність труб друга	м	65,4	995,10	949,71	25,88	19,51
27	С1421-9471	Щебінь із природного каменю для будівельних робіт, фракція 20-40 мм, марка М400	м3	0,114	719,96	416,73	289,11	14,12
28	+С1421-10634	Пісок природний, рядовий	м3	25,28	458,17	234,76	214,43	8,98
29	С1422-10936	Цегла керамічна одинарна повнотіла, розміри 250x120x65 мм, марка М100	1000шт	1,416	5179,66	4585,69	492,41	101,56
30	С1424-11596	Суміші бетонні готові важкі, клас бетону В3,5 [М50], крупність заповнювача більше 40 мм	м3	0,438	2001,14	1596,19	365,71	39,24
31	С1424-11599	Суміші бетонні готові важкі, клас бетону В10 [М150], крупність заповнювача більше 40 мм	м3	0,065	2182,67	1774,16	365,71	42,80
32	С1424-11600	Суміші бетонні готові важкі, клас бетону В15 [М200], крупність заповнювача більше 40 мм	м3	5,20749	2309,14	1898,15	365,71	45,28
33	С1425-11683	Розчин готовий кладковий важкий цементний, марка М100	м3	0,017	1681,60	1313,39	335,24	32,97
34	С1425-11688	Розчин готовий кладковий важкий цементно-вапняковий, марка М50	м3	0,78	1673,18	1305,13	335,24	32,81
35	С1425-11696-2	Розчин азбоцементний	м3	0,03	1883,62	1511,45	335,24	36,93

1	2	3	4	5	6	7	8	9
36	C1999-9009	Дрова Енергоносії машин, врахованих в складі загальновиробничих витрат	м3	3,0974	119,13	119,13		

Символ '+' визначає, що параметри, які впливають на кошторисну ціну ресурсу, змінені користувачем.
Поточні ціни матеріальних ресурсів прийняті станом на 7 грудня 2024 р.

Склав _____
[посада, підпис (ініціали, прізвище)]

Перевірив _____
[посада, підпис (ініціали, прізвище)]