

**КИЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
БУДІВНИЦТВА І АРХІТЕКТУРИ**

АРХІТЕКТУРНИЙ

(факультет)

ТЕОРІЇ АРХІТЕКТУРИ І АРХІТЕКТУРНОГО ПРОЄКТУВАННЯ

(кафедра)

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

ПРИЙОМИ ФОРМУВАННЯ ПІДЗЕМНИХ ГРОМАДСЬКИХ ЦЕНТРІВ

Виконав: студент 2 курсу, групи АБСм 23-36

191 «Архітектура та містобудування»,

«Архітектура будівель і споруд»

(шифр і назва спеціальності, освітньо-наукової програми)

Гриценко Роман Віталійович

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

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

Гриценко Р. В.

(підпис, ініціали та прізвище здобувача)

Відсоток плагіату не перевищує дозволену норму (20 %)

Київ 2025 р.

КИЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
БУДІВНИЦТВА І АРХІТЕКТУРИ
АРХІТЕКТУРНИЙ
(факультет)
ТЕОРІЇ АРХІТЕКТУРИ І АРХІТЕКТУРНОГО ПРОЄКТУВАННЯ
(кафедра)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

_____ д. арх., проф. Г. Л. Ковальська

« ____ » _____ 2025 року

ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА
ДО АТЕСТАЦІЙНОЇ РОБОТИ
НА ЗДОБУТТЯ ОСВІТНЬОГО СТУПЕНЯ МАГІСТР

ПРИЙОМИ ФОРМУВАННЯ ПІДЗЕМНИХ ГРОМАДСЬКИХ ЦЕНТРІВ

Виконав студент групи АБСм 23-36

Гриценко Роман Віталійович

(прізвище, ім'я та по батькові повністю)

Спеціальність: 191 – Архітектура та містобудування

ОНП: Архітектура будівель і споруд

Науковий керівник: Хараборська Юлія Олександрівна

(прізвище, ініціали)

Доцент, кандидат архітектури,

(науковий ступінь, вчене звання)

Керівник проектної частини: Юнаков Сергій Федорович

(прізвище, ініціали)

Професор, заслужений архітектор України

(науковий ступінь, вчене звання)

Рецензент: Кравченко Ірина Леонідівна

(прізвище, ініціали)

Професор, доктор архітектури.

(науковий ступінь, вчене звання)

Київ 2025 р.

**КИЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
БУДІВНИЦТВА І АРХІТЕКТУРИ**

Факультет: **Архітектурний**

Кафедра: **теорії архітектури і архітектурного проєктування**

Освітній рівень: **другий**

Галузь знань: **19 – Архітектура та будівництво**

Спеціальність: **191 – Архітектура та містобудування**

Освітньо-наукова програма: **«Архітектура будівель і споруд»**

ЗАТВЕРДЖУЮ

Декан архітектурного факультету

_____ д.т.н., проф. О.В. Кащенко

«__» _____ 2025 року

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

Гриценко Роман Віталійович

(прізвище, ім'я та по батькові студента)

1. Тема роботи Прийоми формування підземних громадських центрів _____

затверджена наказом ректора КНУБА № ____ від «__» _____ 2025 року

2. Керівники роботи:

Проф. Юнаков С.Ф, доц., кан. арх. Хараборська Ю.О.

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

3. Строк подання студентом роботи до захисту 15.05.2025

4. Зміст пояснювальної записки за розділами:

Вступ. Розкривається актуальність підземної урбанізації в Україні у 2025 році.

Розділ 1. В першому розділі розглядаються основні теоретичні підходи до розуміння підземного простору як об'єкта урбаністичного аналізу.

Розділ 2. В другому розділі розглядаються особливості підземних громадських комплексів, методи їх дослідження, класифікація, принципи формування та їхній вплив на міське середовище.

Розділ 3. В третьому розділі У третьому розділі розглядаються практичні аспекти проєктування підземних громадських комплексів, зокрема планування території, функціональне зонування, конструктивні рішення та інженерне забезпечення.

Розділ 4. Цивільний захист. В розділі виконаний аналіз захисту навколишнього середовища планувальними засобами.

5. Графічний матеріал за розділами 1, 2 розділи – графічні схеми до наукової частини, 3 розділ – графічні схеми, ситуаційна схема, генеральний план, фасади, плани, розрізи, перспективні зображення об'єкта проектування.

Наповнення даного розділу визначає керівник роботи.

1. Календарний план виконання роботи:

Види робіт та їх зміст	Дата виконання
Розділ 1.	15.12.2024
Розділ 2.	03.02.2025
Розділ 3.	05.05.2025
Розділ 4. Цивільний захист.	05.05.2025
Остаточне оформлення роботи	
Перевірка роботи на плагіат	12.05.2025
Попередній захист роботи на кафедрі	15.05.2025
Направлення роботи на рецензування	05.05.2025

2. Консультанти розділів атестаційної випускної роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Перевірів	
		дата	підпис
Розділ 1.	Хараборська Юлія Олександрівна	15.05.2025	
Розділ 2.	Хараборська Юлія Олександрівна	15.05.2025	
Розділ 3.	Хараборська Юлія Олександрівна	15.05.2025	
Розділ 4. ЦЗ	Хараборська Юлія Олександрівна	15.05.2025	

7. Дата видачі завдання 10.09.2024

Зав. кафедри

(підпис)

проф. Ковальська Г.Л.
(прізвище та ініціали)

Науковий керівник

(підпис)

Хараборська Ю.О.
(прізвище та ініціали)

Керівник пр. част.

(підпис)

Юнаков С.Ф.
(прізвище та ініціали)

Студент

(підпис)

Гриценко Р.В.
(прізвище та ініціали)

РЕЗЮМЕ (summary)		<i>Гриценко Роман Віталійович</i>	
до атестаційної випускної роботи студента:			
Назва ЗВО	Київський національний університет будівництва і архітектури		
Тема	Прийоми формування підземних громадських центрів		
Освітній ступінь	Магістр за освітньо-науковою програмою навчання		
Факультет	Архітектурний		
Кафедра	Теорії архітектури і архітектурного проєктування		
Спеціальність	191 Архітектура та містобудування		
Освітньо-наукова програма	Архітектура будівель і споруд		
Керівник	Гриценко Роман Віталійович , Магістр, Бакалавр.		
Обсяг роботи:	пояснювальна записка, стор.	розділів	креслень формату А1
	87	4	8
Розділ 1 Аналіз теоретичного та практичного досвіду використання підземної урбанізації комплексів	В першому розділі розглядаються основні теоретичні підходи до розуміння підземного простору як об'єкта урбаністичного аналізу.		
Розділ 2 Теоретичні засади формування підземних громадських комплексів	В другому розділі розглядаються особливості підземних громадських комплексів, методи їх дослідження, класифікація, принципи формування та їхній вплив на міське середовище.		
Розділ 3 Особливості проєктування підземних громадських комплексів	В третьому розділі розглядаються практичні аспекти проєктування підземних громадських комплексів, зокрема планування території, функціональне зонування, конструктивні рішення та інженерне забезпечення.		
Розділ 4. Цивільний захист	В розділі виконаний аналіз захисту навколишнього середовища планувальними засобами.		
Висновки по роботі:	У висновку підсумовано, що підземна урбанізація є актуальним напрямом розвитку міст в Україні. У роботі розглянуто теоретичні основи, типи підземних громадських комплексів та особливості їх проєктування, що підтверджує доцільність їх впровадження в умовах сучасного міського середовища.		
Ключові слова: підземна урбанізація, підземний простір, громадські комплекси, урбаністика, містобудування, функціональне зонування, підземна архітектура, проєктування,			

інженерні системи, безпечне середовище.

Keywords: underground urbanization, underground space, public complexes, urbanism, urban planning, functional zoning, underground architecture, design, engineering systems, safe environment

Укладач: _____ Гриценко Р.В. _____ /

Керівник: _____ Хараборська Ю.О. _____ /

«15» травня 2025 р.

Anti-Plagiarism v-15.257 Educational

Максимальний збіг з одним документом 3.0%

Словники перевірки: en_US, ru_RU, ua_UA **Помилки в документах: 11%**

ID: 75610 Назва: Прийоми формування підземних громадських центрів Додано в БД: 2025-05-14 Автор: Гриценко Р.В. Керівники: Хараборська Ю.О. оаенанванен	Документ		Сумарний збіг по Базі Даних	
	Символи	Лексеми	Символи	Лексеми
	131184	962	7059(5%)	83(9%)

Відповідальний за перевірку Кантаурова Н.М.

ЗМІСТ

ВСТУП	9
РОЗДІЛ 1. АНАЛІЗ ТЕОРЕТИЧНОГО ТА ПРАКТИЧНОГО ДОСВІДУ ВИКОРИСТАННЯ ПІДЗЕМНОЇ УРБАНІЗАЦІЇ ГРОМАДСЬКИХ КОМПЛЕКСІВ	
1.1. Теоретичні передумови дослідження підземних громадських комплексів.	12
1.2. Досвід проектування підземних громадських комплексів.	15
1.3. Фактори, що впливають на формування підземних громадських комплексів	
Висновки до розділу 1	24
РОЗДІЛ 2. ТЕОРЕТИЧНІ ЗАСАДИ ФОРМУВАННЯ ПІДЗЕМНИХ ГРОМАДСЬКИХ КОМПЛЕКСІВ	
2.1 Методика дослідження підземних громадських комплексів та оцінка впливу на навколишнє середовище	28
2.2. Класифікація підземних громадських комплексів та їх типологія	38
2.3. Принципи та особливості формування підземних громадських комплексів	48
Висновки до розділу 2	55
РОЗДІЛ 3. ОСОБЛИВОСТІ ПРОЕКТУВАННЯ ПІДЗЕМНИХ ГРОМАДСЬКИХ КОМПЛЕКСІВ	
3.1. Містобудівне обґрунтування та вирішення генерального плану	57
3.2. Функціонально-планувальні рішення громадського комплексу.	61
3.3. Конструктивна система та інженерне забезпечення підземного громадського комплексу	65
Висновки до розділу 3	70
РОЗДІЛ 4. ЦИВІЛЬНИЙ ЗАХИСТ	
4.1. Містобудівне обґрунтування ділянки проектування	72
4.2. Загрози природного характеру	74
4.3. Антропогенні загрози для ділянки проектування	76
Висновки до розділу 4	78
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ	80
СПИСОК ДЖЕРЕЛ	81
ДОДАТКИ	84

ВСТУП

Актуальність теми. Підземна урбанізація в Україні у 2024 році набуває все більшої актуальності, оскільки вона відповідає викликам сучасних міст. Серед головних факторів, які впливають на розвиток підземної інфраструктури, можна виділити:

Обмеженість простору: В українських мегаполісах, таких як Київ, Львів та Харків, вже є перенаселеність будівлями та транспортною інфраструктурою. Підземні простори дають можливість розвантажити рівень землі, що особливо важливо для розвитку нових районів.

Безпека та захист: У контексті військової агресії, яка продовжує впливати на країну, підземні укриття, бункери, а також транспортні системи стали злочинами для захисту населення та забезпечення безперебійної роботи інфраструктури.

Економічна та екологічна ефективність: Підземні проекти не можуть зменшити негативний вплив на довкілля, зберегти міські зелені зони та покращити екологічне споживання в містах.

Нові технології: У 2024 році підземна урбанізація отримала нові пошти завдяки сучасним технологіям, які здійснюють будівництво під землею дешевшим і швидшим, а також відкривають можливості для розробки підземних комерційних і житлових приміщень.

Отже, підземна урбанізація в Україні є актуальною, оскільки вона дозволяє розв'язувати проблеми сучасних міст, такі як перенаселення, екологічні виклики та питання безпеки.

Мета дослідження:

Оцінка можливостей підземної урбанізації в Україні. Вивчення існуючих і виявлених підземних просторів для розвитку інфраструктури.

Аналіз економічної та екологічної ефективності. Визначення впливу підземних рішень на економіку та екологію міста.

Вивчення впливу підземної інфраструктури на безпеку населення. Дослідження того, як підземні споруди можуть служити укриттями та захистити під час надзвичайних ситуацій.

Розробка рекомендацій для впровадження підземних рішень. Формування практичних порад для містобудівників, які можуть інтегрувати підземну урбанізацію в плани розвитку міста.

Задачі дослідження:

- Аналіз відповідної літератури.
- Пошук і аналіз аналогів.
- Аналіз ділянки під проектування.
- Аналіз потреб громади.
- Вивчення інженерно-будівельних аспектів.
- Дослідження безпеки та комфорту.
- Оцінка економічної доцільності.
- Розробка архітектурних рішень.

Об'єкт дослідження. Громадський центр з використанням підземної урбанізації

Предмет дослідження. Прийоми формування підземних громадських центрів

Методи наукового дослідження:

У дипломній роботі використані наступні методи наукових досліджень:

- Метод літературного аналізу. Вивчення та аналіз літературно дослідницьких даних з проектування підземних громадських центрів.
- Метод графічного аналізу. Розгляд і вивчення проектів підземних громадських центрів.
- Графоаналітичний. Складання моделей, схем і формування об'єкта дослідження.
- Комплексний підхід.

Наукова новизна одержаних результатів магістерського дослідження полягає:

- У розробці каскадної структури планування підземних громадських комплексів.
- У наданні деяких рекомендацій по формуванню підземної архітектури громадських комплексів.

Практичне значення одержаних результатів.

Результати дослідження мають як теоретичне, так і практичне значення. Вони можуть бути застосовані у проектній діяльності, подальших наукових дослідженнях і в освітньому процесі.

Отримані результати можуть бути використані під час розробки проекту архітектурно-планувальної організації підземного громадського комплексу в м. Києві, що дозволить підвищити ефективність проектування та оптимізувати просторові рішення.

Апробація результатів дослідження.

Участь у наукових конференціях

1. Гриценко Р.В. Тенденції розвитку фізкультурно-розважальних комплексів в світі та в Україні. ТРЕТЯ НАУКОВО-ПРАКТИЧНА КОНФЕРЕНЦІЯ 10 КВІТНЯ 2024. -ПРОГНОСТИЧНІ НАПРЯМКИ РОЗВИТКУ СУЧАСНОЇ АРХІТЕКТУРИ. КНУБА.
2. Гриценко Р.В. Хараборська Ю.О. Підземна архітектура: синтез науки, мистецтва та освіти у формуванні містобудівного середовища майбутнього. НАУКОВА КОНФЕРЕНЦІЯ. TECHNISCHE UNIVERSITÄT DARMSTADT. - ПРОБЛЕМИ І МЕТОДИ ВІДНОВЛЕННЯ І РОЗВИТКУ АРХІТЕКТУРНО МІСТОБУДІВНОГО СЕРЕДОВИЩА В УКРАЇНІ. КНУБА. 2025 квітень. С. 65-66
https://af.knuba.edu.ua/wp-content/uploads/2025/04/%D0%A2%D0%95%D0%97%D0%98_%D0%94%D0%90%D0%A1_%D0%A2%D0%90%D1%96%D0%90%D0%9F_%D0%9C%D0%9F_2025.pdf

РОЗДІЛ 1. АНАЛІЗ ТЕОРЕТИЧНОГО ТА ПРАКТИЧНОГО ДОСВІДУ ВИКОРИСТАННЯ ПІДЗЕМНОЇ УРБАНІЗАЦІЇ ГРОМАДСЬКИХ КОМПЛЕКСІВ

1.1. Теоретичні передумови дослідження підземних громадських комплексів.

Аналіз теоретичних уявлень і практичного досвіду підземного міського розширення є важливим для вивчення поточних тенденцій у міському розвитку. Міста швидко розширюються по всьому світу, в основному через велике зростання населення і обмежену доступність будівельного простору. Класичні підходи дизайну зосереджені на створенні та розділенні підземної системи для кращого і практичного простору. Розширення може вирішити численні проблеми, наприклад, занепокоєння недостатнім простором в міських кластерах. Підземні рівні можуть бути використані для розташування різних інфраструктурних компонентів, таких як парковки, роздрібні майданчики, розважальні та спортивні майданчики, житлові споруди. Удосконалення технологій та матеріалів, що використовуються при будівництві підземних споруд, може значно підвищити їхню безпеку та довговічність. Зокрема, сучасні системи вентиляції та водовідведення, використання спеціальних матеріалів з високою міцністю та вологостійкістю допомагають мінімізувати ризики, пов'язані з підземними спорудами [25].

Практичний досвід підземних міських проектів також підтверджує ефективність такого підходу. Такі міста, як Токіо, Париж і Нью-Йорк, успішно інтегрували підземні простори в свої інфраструктурні системи, не тільки збільшивши доступний простір, а й зменшивши навантаження на наземні частини. Підземні паркінги та торгові центри є поширеним явищем наприклад, у Токіо і значно підвищили ефективність використання міської землі. Хоча такі проекти вимагають значних інвестицій на етапі будівництва, в довгостроковій перспективі вони приносять значні вигоди, особливо з точки зору захисту природних ресурсів і створення більш приємного середовища для життя. Однак існують певні обмеження

щодо використання підземного простору. Одне з головних - висока вартість будівництва та необхідність спеціальних технічних рішень для забезпечення безпеки і комфорту. Крім того, підземні простори потребують постійного моніторингу, щоб уникнути таких проблем, як затоплення та просідання ґрунту. Тому важливим фактором є правильне планування підземних об'єктів та їх інтеграція в загальну структуру міського середовища. Таким чином, підземна урбанізація є перспективним напрямком розвитку сучасних міст. Вона дозволяє ефективно використовувати обмежений простір, зберігати екологічно чисті території та зменшувати навантаження на природні ресурси. Однак для того, щоб такі проекти були успішними, необхідно врахувати низку технічних, екологічних та соціальних аспектів, які забезпечать їхню ефективність та довгострокову стійкість [26].

Практичні наслідки підземної урбанізації мають особливе значення для України, особливо у воєнний час. Україна переживає період військового конфлікту, і важливо адаптувати інфраструктуру до нової реальності, де безпека та ефективність використання ресурсів є пріоритетами. Підземні об'єкти можуть стати ключовим елементом у забезпеченні як економічної стабільності, так і національної безпеки. Однією з головних переваг підземної урбанізації у воєнний час є можливість захисту від ракетних обстрілів та інших загроз. Підземні простори можуть використовуватися як бомбосховища або укриття для цивільного населення і захищати від повітряних атак. Вони також дозволяють уникнути руйнувань на рівні землі, таким чином значно зменшуючи вплив бойових дій на цивільну інфраструктуру. Тому розвиток підземного простору стає одним із способів підвищення рівня безпеки в міських агломераціях, особливо у великих містах з високою концентрацією населення і громадських об'єктів. Крім того, підземні об'єкти можуть також сприяти підвищенню енергоефективності [22].

Під час війни та енергетичних обмежень підземні простори дозволяють будувати автономні енергетичні системи, що використовують відновлювані джерела енергії, такі як сонячні панелі або вітряки, встановлені на дахах підземних будівель. Це дозволить зменшити залежність від зовнішніх джерел енергії та забезпечити безперервну роботу критично важливих об'єктів навіть у разі відключення

електроенергії. В умовах обмежених можливостей будівництва нових будівель на поверхні, використання підземного простору може стати важливим кроком до ефективного розвитку інфраструктури для задоволення тимчасових і постійних потреб. Наприклад, у великих містах, таких як Київ, Харків та Одеса, де земля обмежена, а потреба в житлі та громадських об'єктах зростає, підземні комплекси є важливою альтернативою традиційній забудові. Вони також можуть бути використані для будівництва тимчасового житла для внутрішньо переміщених осіб та перерозподілу ресурсів у надзвичайних ситуаціях. Підземна урбанізація також може допомогти захистити природу і зменшити вплив забудови на довкілля (рис.1.1).

Переваги використання підземного простору	
1.1. Теоретичні передумови дослідження підземних громадських комплексів.	
Підземна урбанізація	Процес використання підземного простору для будівництва житлових, комерційних, інфраструктурних та транспортних об'єктів у містах.
Енергоефективність	Здатність будівлі або інфраструктури зменшувати витрати енергії завдяки використанню сучасних технологій та матеріалів (наприклад, теплоізоляції, автономних джерел енергії).
Відновлювані джерела енергії	Джерела, що не вичерпуються та постійно відновлюються природним шляхом, наприклад, сонячна, вітрова, геотермальна енергія.
Просідання ґрунту	Процес поступового опускання поверхні землі внаслідок природних або штучних факторів, що може призвести до руйнування будівель та інфраструктури.
Інфраструктурний об'єкт	Елемент міського середовища, що забезпечує функціонування міста (дороги, мости, громадський транспорт, мережі електропостачання, водопроводи тощо).
Критично важливі об'єкти	Об'єкти, що мають стратегічне значення для життєдіяльності населення та безпеки держави (енергетичні станції, водозабезпечення, лікарні, командні пункти).
Бомбосховище	Спеціально облаштоване підземне приміщення, призначене для захисту людей від вибухів, обстрілів, хімічних або біологічних атак.

Рис. 1.1 Переваги використання підземного простору (таб. автора)

В Україні, де екологічні проблеми можуть загострюватися через військові дії та використання важкої техніки, підземні комплекси можуть зменшити забруднення поверхні та запобігти подальшому знищенню природних ресурсів. Зокрема, використання «зелених» технологій у підземних об'єктах дозволяє мінімізувати негативний вплив на навколишнє середовище, забезпечуючи при цьому високий рівень комфорту для населення. Таким чином, підземна урбанізація має велике практичне значення для України у воєнний час. Вона не лише забезпечує територіальну цілісність і безпеку, але й може стати важливим інструментом для розвитку інфраструктури, енергоефективності та екологічної стійкості. Такі рішення дозволять Україні адаптуватися до нових викликів і створити більш стійке та безпечне середовище для своїх громадян.

1.2. Досвід проектування підземних громадських комплексів.

Багатофункціональний спортивний комплекс

Luola Sports and Events Centre (рис.1.2).

Місце знаходження: місто Куопіо, Фінляндія. Рік: 2024

Спроектований: Архітектурним бюро Architects Davidsson Tarkela.[1]



Рис. 1.2 Перспективне зображення комплексу [1]

Luola Sports and Events Centre у Савілахті (Куопіо, Фінляндія) – це підземний багатофункціональний спортивно-розважальний центр, розроблений *Architects Davidsson Tarkela*.

Основні особливості проєкту:

- **Розташування у скельній породі** – забезпечує природну теплоізоляцію, енергоефективність та безпеку.
- **Мультифункціональність** – включає спортивні зали, тренажерні приміщення, майданчики для подій, концертів і семінарів.
- **Сучасний вхідний павільйон (550 м²)** – з рецепцією, кафе, офісами та художньою інсталяцією *Pulssi*.
- **Вміщує до 2500 відвідувачів** – призначений для міжнародних турнірів та культурних заходів.
- **Функція громадського укриття** – може прихистити до 7000 осіб у разі надзвичайних ситуацій.

Цей проєкт демонструє інноваційний підхід до використання підземного простору для потреб громади, поєднуючи безпеку, естетику та функціональність (рис.1.3).

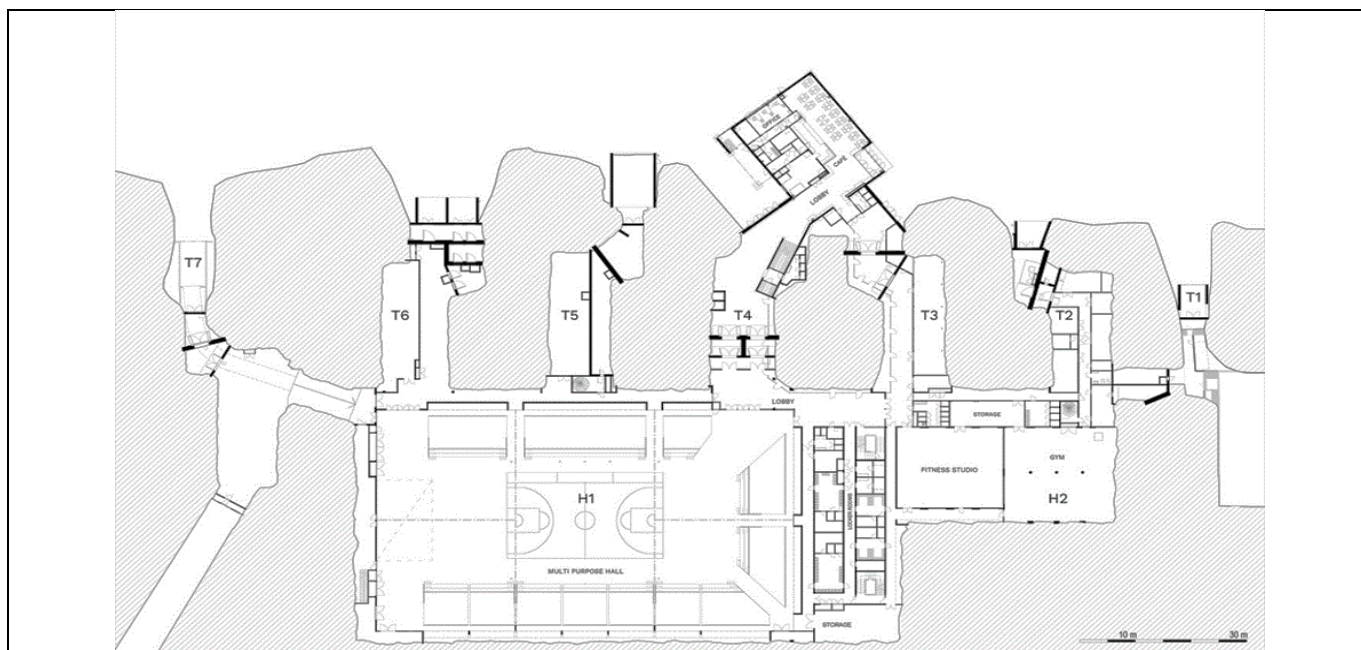


Рис. 1.3 Планування комплексу [1]

Luola Sports and Events Centre у Савілахті – це унікальний підземний комплекс, який об'єднує спортивні, культурні та безпекові функції. Головний простір центру висічений у скельній породі, що забезпечує природну звуко- та теплоізоляцію, а також високу енергоефективність і рівень безпеки. Архітектура об'єкта передбачає чіткий поділ зон: тут розташовані спортивні майданчики, зали для подій, технічні приміщення та укриття. Вхідний павільйон площею 550 м², який знаходиться на поверхні, включає рецепцію, кафе, офіси та адміністративні приміщення. Завдяки гнучкому плануванню арена може використовуватися для проведення спортивних турнірів, концертів і конференцій, а ретельно продумана логістика забезпечує комфортне пересування відвідувачів. Комплекс також оснащений автономною системою життєзабезпечення, що дозволяє приймати до 7000 осіб у разі надзвичайних ситуацій. Грамотне поєднання природного та штучного освітлення створює сприятливу атмосферу в підземному просторі, а впровадження інноваційних інженерних рішень робить цей проєкт взірцем сучасної підземної урбанізації.

Також варто вказати складнощі та недоліки проєкту «Адаптація військових печер». Переобладнання колишніх військових споруд для цивільного використання є технічно складним завданням, яке потребує ретельних інженерних рішень для забезпечення як безпеки, так і комфорту відвідувачів.

Кліматичні умови. Хоча підземне розташування забезпечує природний рівень тепло- й звукоізоляції, створення оптимальних умов для проведення спортивних заходів може потребувати встановлення додаткових вентиляційних і опалювальних систем.

Фінансування та економічна доцільність. Будівництво й експлуатація такого об'єкта вимагають значних інвестицій. Виклик може становити забезпечення окупності проєкту через залучення достатньої кількості відвідувачів і проведення регулярних заходів.

Транспортна доступність. Розташування комплексу на території колишньої військової зони може створити потребу в удосконаленні транспортної інфраструктури та маршрутизуванні шляху для зручності відвідувачів..

RESO (Peco) або La Ville Souterraine в Монреалі

Місце знаходження: місто Монреал , Канада (рис. 1.4).

Рік: в 1970-х роках почали з'являтися перші підземні торгові центри та комерційні об'єкти. Спроектований: Hodgson, Skelton, and Associates, Tétrault, Parent, Languedoc, and Associés [2]. RESO (La Ville Souterraine) у Монреалі являє собою розгалужену мережу підземних тунелів, яка суттєво сприяє зручності пересування містом у холодні сезони.



Рис. 1.4 Перспективне зображення комплексу [2]

RESO (Peco), відома також як La Ville Souterraine, знаходиться в Монреалі, Канада, і є однією з найбільших підземних мереж у світі. Її площа перевищує 33 км², а структура складається з понад 200 підземних будівель. Цей грандіозний комплекс об'єднує торгові центри, офісні приміщення, готелі, ресторани, паркінги, станції метро й культурні заклади через систему підземних коридорів. Розглянемо ключові особливості RESO.

Розвинена інфраструктура. RESO інтегрує 12 станцій метро, безліч комерційних об'єктів, ресторанів, театрів, а також адміністративні та бізнесові установи. Така інфраструктура дозволяє мешканцям і туристам зручно пересуватися містом без виходу на поверхню — особливо актуально в холодний зимовий сезон.

Зручність і мобільність. Мережа є важливою складовою міської інфраструктури, що сприяє легкому доступу до широкого спектра послуг і з'єднує

ключові райони Монреалю. Це допомагає зменшити навантаження на міські дороги й покращити загальну мобільність населення.

Вишуканий дизайн (рис.1.5). RESO поєднує практичні функції з естетичними архітектурними рішеннями. Інтер'єри простору не лише функціональні, але й створюють комфортне та привабливе середовище для жителів і гостей міста.



Рис. 1.5 Інтер'єр комплексу [2]

Економічна значущість. Підземна мережа є одним із драйверів економіки Монреалю завдяки концентрації численних бізнесів, включаючи великі корпорації та міжнародні офіси. Адаптація до клімату. Підземне розташування робить RESO особливо корисним у суворих зимових умовах Монреалю, де температури можуть знижуватися до -30°C і нижче. Ця унікальна мережа стала символом міста, значно підвищуючи зручність пересування, якість життя мешканців і зміцнюючи економічний потенціал Монреалю.

Однак, попри численні переваги, система має також низку недоліків. Її розвиток тривав протягом кількох десятиліть без дотримання єдиного архітектурного плану, що значно ускладнює орієнтацію в просторі. Часто відвідувачі стикаються з труднощами через відсутність уніфікованої системи навігації та різноманітність інженерних і дизайнерських підходів. Крім того, через

різні етапи будівництва певна частина інфраструктури вже застаріла та потребує модернізації, яка вимагає значних фінансових вкладень. Додатково, перебування в закритому просторі без доступу природного світла може спричиняти психологічний дискомфорт, особливо в зимовий період, коли нестача сонячного освітлення відчувається найбільше. Ще одним викликом стало зменшення пішохідної активності на поверхні міста. Це створює негативний вплив на традиційні вуличні магазини та ресторани, які залежать від зовнішнього пішохідного потоку. Незважаючи на зазначені труднощі, RESO залишається невід'ємним елементом міської інфраструктури Монреаля та продовжує пристосовуватися до змінних потреб як місцевих жителів, так і туристів.

Магазин Hyundai Seoul / Burdifilek (рис.1.6)

Місце знаходження: місто Сеуль, Південна Корея. Рік: 2021

Спроектований: канадською архітектурною студією Burdifilek [3]



Рис. 1.6 Фрагменти внутрішнього простору [3]

Hyundai Seoul — це великий торговий комплекс у Сеулі, Південна Корея, який об'єднує унікальну архітектуру, розваги, шопінг та гастрономічні пропозиції. Цей магазин є частиною групи Hyundai Department Store, але має більш сучасну і інтерактивну концепцію, яка приваблює покупців та туристів з усього світу (рис. 1.7).



Рис. 1.7 Фрагмент інтер'єру [3]

Hyundai Seoul має 4 підземні поверхи. Ці рівні включають різноманітні магазини, ресторани, кафе, а також паркінг. Підземні рівні допомагають ефективно використовувати обмежений простір у Сеулі, одночасно зберігаючи комфорт для відвідувачів і інтегруючи природні елементи в архітектуру будівлі.

Le Carrousel du Louvre. Місце знаходження: місто Париж, Франція (рис.1.8).
Рік: 1190 році останнє доповнення 1989.

Спроектований: Ієо Мін Пей (I. M. Pei), Луї Лево, Клод Перро, П'єр Леско та Жан Гужон.



Рис. 1.8 Інтер'єр центрального холу.[1]

Лувр у Франції – це не просто музей, а символ багатовікової історії, що відображає еволюцію європейських архітектурних концепцій. Первісно збудований як середньовічна фортеця у XII столітті, він пройшов численні трансформації, особливо в епоху Відродження та бароко, поступово перетворюючись на грандіозний палац.

Лувр представляє собою видатний архітектурний комплекс, що відображає еволюцію стилів та епох. Первісно збудований у 1190 році за ініціативою короля Філіппа II Августа як оборонна фортеця, цей ансамбль протягом століть поступово трансформувався у величний королівський палац. У XVI столітті за правління Франциска I розпочалася масштабна ренесансна реконструкція, яку продовжували наступні монархи, зокрема Генріх IV і Людовик XIII, розширюючи архітектурний комплекс. Під час правління Людовика XIV було створено східний фасад у бароковому стилі за проектом видатного архітектора Клода Перро. У XIX столітті імператор Наполеон I зробив значний внесок у модернізацію Лувра, завершивши інтеграцію всіх його структурних елементів. Завершальну модерну рису ансамблю додала знаменита скляна піраміда, розроблена Йо Мін Пеем у 1989 році, яка вдало інтегрувала сучасну естетику в історичний контекст палацу. Лувр сьогодні залишається не лише провідним музеєм, а й хронікою архітектурної спадщини та історії Франції.

Сьогодні Лувр є прикладом вдалого поєднання історичної спадщини та сучасних тенденцій. Найбільш знаковою реконструкцією стала скляна піраміда, спроектована архітектором Ієо Мін Пеєм і завершена у 1989 році (рис. 1.9). Вона служить головним входом до музею та стала частиною урбаністичного оновлення Лувру. Це рішення демонструє баланс між збереженням автентичності та адаптацією до нових вимог відвідувачів.



Рис. 1.9. Фасадна частина музею [1]

Комплекс Лувру включає безліч крил та внутрішніх дворів, що створюють унікальну просторову динаміку. Палацовий ансамбль органічно інтегрується в міський контекст Парижа, з'єднуючись з іншими знаковими просторами, такими як Сади Тюїльрі.

Фасади будівлі є зразком класичної французької архітектури – використання каменю, витончених колон і скульптурних деталей надає їм монументального характеру. При цьому внутрішні простори музею постійно адаптуються до сучасних потреб, включаючи нові виставкові зони та мультимедійні технології.

Лувр – це не лише музей, а й живий організм, що безперервно змінюється, зберігаючи при цьому свою культурну ідентичність. У цьому полягає його унікальність: він об'єднує історію та сучасність, створюючи простір, що є актуальним і для XXI століття.

1.3. Фактори, що впливають на формування підземних громадських комплексів

На формування, конструкції, зовнішній та внутрішній образ підземних громадських комплексів впливає цілий комплекс факторів: природно-кліматичні, технологічні, соціально-демографічні і навіть історичні (рис. 1.10).

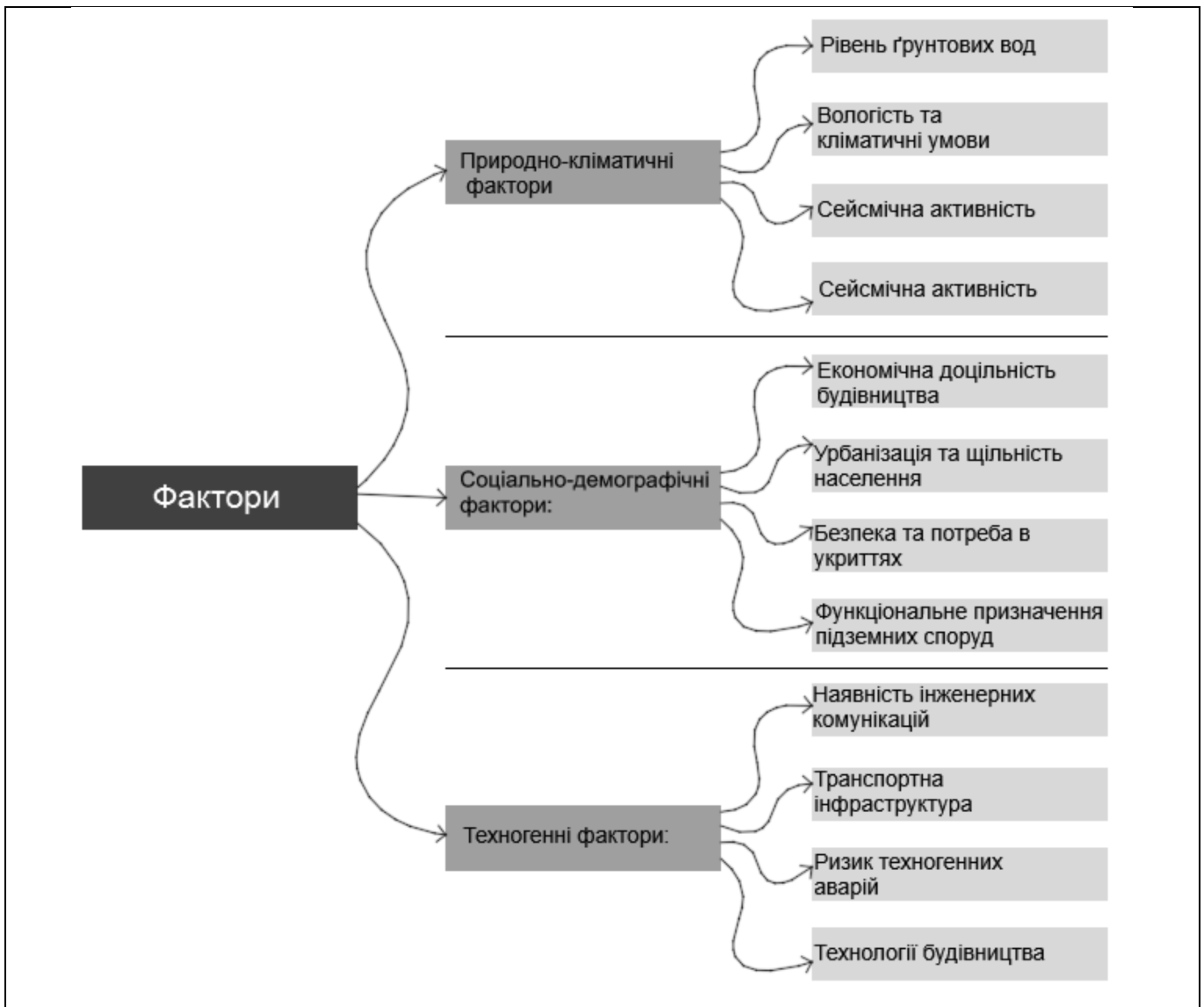


Рис. 1.10 Схема впливу факторів на підземні громадські комплекси. (Авторська розробка).

Природньо-кліматичні фактори.

Довкілля та кліматичні умови відіграють ключову роль у будівництві підземних громадських комплексів. Геологічна структура місцевості визначає

можливості безпечного риття та укріплення підземних споруд, адже високий рівень ґрунтових вод чи сейсмічна активність можуть значно ускладнити реалізацію проєкту. За таких умов потрібні додаткові технологічні рішення для ізоляції та зміцнення конструкцій. Окрім того, температурні чинники впливають на вибір матеріалів і систему вентиляції, оскільки глибоке розташування може одночасно сприяти збереженню тепла або потребувати його регулювання.

Технологічні фактори.

Техногенні умови охоплюють особливості інфраструктури і існуючі комунікації. Проєктування підземних споруд має враховувати розташування таких інженерних мереж, як водо- й газопостачання, каналізація чи електромережі. До цього додаються вимоги екологічної безпеки, спрямовані на уникнення забруднення навколишнього середовища та негативного впливу на прилеглі об'єкти. Використання сучасних технологій – наприклад, бурових і тунелебудівних машин – суттєво спрощує реалізацію таких проєктів, мінімізуючи ризики аварій і скорочуючи терміни будівництва.

Соціально-демографічні фактори.

Соціально-демографічні фактори визначають доцільність і функціональне призначення підземних комплексів. У великих містах, де брак вільного простору давно перетворився на гостру проблему, такі споруди є ефективним рішенням для транспортної інфраструктури, торгових центрів і громадських укриттів. Також важливу роль відіграє безпека населення – підземні комплекси можуть стати надійним притулком у надзвичайних ситуаціях. А зростання рівня урбанізації та зміни в демографії значно збільшують потребу в розширенні підземної інфраструктури для забезпечення комфортного життя громадян.

Висновки до розділу 1

Аналіз теоретичних засад і практичного досвіду в галузі підземної урбанізації громадських комплексів свідчить про її важливу роль у сучасному містобудуванні.

Швидке зростання урбанізації, поряд із обмеженістю наземного простору, вимагають нових підходів до розвитку міської інфраструктури.

Підземні простори можуть використовуватися для різних функцій: від комерційних і розважальних центрів до житлових приміщень, транспортних вузлів і захисних укриттів. Досвід таких мегаполісів, як Токіо, Париж, Нью-Йорк, Монреаль та Сеул, демонструє успішність інтеграції підземних просторів у міське середовище. Наприклад, підземні паркінги та торгові центри в Токіо значно покращили ефективність використання міської землі, тоді як система RESO в Монреалі забезпечує комфортне переміщення містом навіть за несприятливих кліматичних умов. Багатофункціональний комплекс Luola Sports and Events Centre у Фінляндії не лише поєднує спортивні й культурні функції, але й слугує безпечним укриттям у разі надзвичайних ситуацій.

Для України підземна урбанізація має велике значення, особливо на тлі воєнного стану. Її ключовою перевагою є створення захищених просторів для цивільного населення, що допомагає мінімізувати негативний вплив бойових дій на міську інфраструктуру. Крім того, підземні простори можна використовувати для розташування автономних енергетичних систем, які сприятимуть енергонезалежності українських міст і зниженню залежності від традиційних джерел енергії.

Водночас реалізація таких проєктів потребує врахування ряду факторів, включаючи природно-кліматичні, техногенні та соціально-демографічні аспекти. Геологічна структура місцевості, рівень ґрунтових вод і сейсмічна активність можуть значно впливати на можливість будівництва підземних споруд. Необхідно також брати до уваги існуючу міську інфраструктуру, інженерні мережі та екологічну безпеку. Важливу роль відіграє й соціальний аспект: підземні простори здатні суттєво поліпшити якість життя населення та забезпечити вищий рівень безпеки у кризових ситуаціях.

Таким чином, підземна урбанізація є перспективним напрямком розвитку сучасних міст. Вона дозволяє максимально ефективно використовувати обмежений простір, підвищувати безпеку та сприяти сталому розвитку. Для України це може

стати стратегічним рішенням у відповіді на нові виклики, забезпеченні енергоефективності та модернізації інфраструктури. Успішному впровадженню таких проєктів сприятиме використання сучасних технологій, матеріалів і інженерних рішень, що забезпечать комфортне та безпечне середовище для життя.

РОЗДІЛ 2. ТЕОРЕТИЧНІ ЗАСАДИ ФОРМУВАННЯ ПІДЗЕМНИХ ГРОМАДСЬКИХ КОМПЛЕКСІВ

2.1 Методика дослідження підземних громадських комплексів та оцінка впливу на навколишнє середовище

Для якісного проведення дослідження підземних громадських комплексів був використаний комплексний підхід до дослідження. Комплексний структурний аналіз включав в себе: аналіз існуючих (реалізованих) об'єктів; деяке натурне обстеження; всебічний аналіз факторів, що безпосередньо мають вплив на проектування, будівництво та експлуатацію подібних комплексів; дослідження сучасних світових тенденцій формування таких закладів громадського призначення. [30]

Загалом методика дослідження подібних громадських просторів базується, в даному випадку, на трьох основних напрямленнях: аналізі функціональних схем, оцінці впливу на навколишнє середовище (екологічність) та економічна доцільність (рис. 2.1).



Для якісного проектування підземних громадських просторів має велике значення правильне функціональне зонування об'єкту, яке має відповідати принципам раціонального використання простору та забезпечувати безперебійний

рух пішоходів і транспортних засобів. Дослідження цього аспекту передбачає комплексну оцінку просторової організації, логістичних схем руху, архітектурно-будівельних особливостей та інженерно-технічних рішень, які впливають на ергономіку та комфорт експлуатації підземного простору. Розміщення функціональних зон, таких як комерційні, культурні, соціальні та транспортні простори, здійснюється з урахуванням нормативних вимог щодо мінімізації шумового та вентиляційного навантаження, оптимізації потоків відвідувачів та забезпечення максимальної доступності ключових об'єктів. Зокрема, використання принципу модульності дозволяє створювати універсальні трансформовані простори, що можуть змінювати своє функціональне призначення залежно від потреб користувачів [24].

Одним із важливих аспектів функціонального планування є ергономіка та комфорт підземних просторів. Це включає правильне зонування приміщень, використання передових технологій розумного освітлення та вентиляції, а також створення сприятливого мікроклімату за допомогою високотехнологічних систем контролю повітрообміну. Оскільки природна інсоляція у підземних спорудах відсутня, архітектурні рішення передбачають застосування LED-освітлення з динамічною регуляцією яскравості, що імітує природний світловий цикл, а також використання світловодів та систем світлових шахт, які дозволяють передавати денне світло до нижніх рівнів споруди.

Важливу роль відіграє забезпечення ефективної вентиляції, оскільки підземні простори можуть мати високий рівень концентрації CO₂, особливо у зонах з інтенсивним скупченням людей. Використання припливно-витяжних систем з функцією рекуперації тепла дозволяє підтримувати оптимальний рівень кисню та забезпечує комфортний мікроклімат при мінімальних енергетичних витратах. Крім того, застосовуються алгоритми штучного інтелекту для контролю мікроклімату в реальному часі, що дає змогу адаптувати параметри вологості та температури відповідно до кількості відвідувачів і зовнішніх умов [7].

Питання безбар'єрного доступу є ще одним критично важливим компонентом функціонального планування підземних громадських комплексів. Відповідно до

принципів інклюзивного дизайну, простори мають бути максимально зручними для всіх груп населення, включаючи людей з обмеженими можливостями, літніх осіб та батьків із дитячими візками. Це досягається завдяки використанню безпорогових переходів, широких коридорів, пандусів із регульованим нахилом, ліфтів з автоматичним керуванням, а також тактильних напрямних для людей із порушеннями зору. Важливим аспектом є також звукова та візуальна навігація – встановлення контрастних інформаційних табличок, сенсорних панелей із шрифтом Брайля та голосових підказок у ліфтах і транспортних вузлах. Навігація у підземних комплексах має бути інтуїтивно зрозумілою, що досягається за допомогою архітектурних прийомів просторової орієнтації, таких як використання кольорового кодування зон, застосування чіткої логіки руху пішоходів та впровадження інтерактивних карт і навігаційних додатків для мобільних пристроїв. Особливу роль відіграють автоматизовані системи контролю доступу, що дозволяють регулювати людські потоки, уникати перенасичення певних зон та забезпечувати безпеку в умовах підвищеної відвідуваності [30].

Додатково аналізується інтеграція підземних просторів з наземною міською інфраструктурою [8]. Це включає безперешкодний доступ до громадського транспорту, планування виходів на міські площі, підключення до мережі паркінгів та організацію вузлів пересадки між різними видами транспорту. Архітектурні рішення мають забезпечувати швидку комунікацію між підземними та наземними рівнями через ескалаторні комплекси, підземні переходи та вертикальні транспортні системи, такі як швидкісні ліфти та автоматизовані підйомники. Особливої уваги потребує планування транспортної логістики підземних комплексів. Велике значення мають питання організації розподільчих зон для обслуговуючого транспорту, включаючи розвантажувальні майданчики, сервісні коридори та спеціальні логістичні маршрути для доставки товарів. Впровадження багаторівневої транспортної інфраструктури дає змогу зменшити конфлікти між рухомими потоками транспорту та пішоходів, покращити організацію вантажопотоків та підвищити загальну ефективність роботи комплексу. Інноваційні технології є невід'ємною складовою сучасного функціонального планування підземних

просторів. Використання BIM-моделювання (Building Information Modeling) дозволяє створювати цифрові копії споруд, оптимізувати проєктні рішення та прогнозувати ефективність експлуатації ще на стадії планування. Інтеграція штучного інтелекту у процеси керування комплексом сприяє автоматичному регулюванню інженерних систем, аналізу потоків людей, прогнозуванню пікових навантажень та підвищенню енергоефективності споруди. Таким чином, функціональне планування підземних громадських комплексів має базуватися на принципах багаторівневої інтеграції простору, ергономічності, безбар'єрності та ефективної логістики. Оптимізація просторових рішень у поєднанні з сучасними технологіями дозволяє створювати комфортні, безпечні та функціонально продумані підземні середовища, що відповідають потребам сучасних мегаполісів.

Будівництво та експлуатація підземних громадських комплексів можуть мати як позитивний, так і негативний вплив на довкілля. Дослідження впливу включає комплексний аналіз змін у геологічній структурі ґрунтів, динаміці підземних водоносних горизонтів та потенційних ризиків порушення природного гідрологічного балансу. Геотехнічні дослідження перед початком будівництва відіграють ключову роль у визначенні можливих осідань, зміни тиску на сусідні структури, ризиків зсувів та ерозійних процесів. Особливу увагу приділяють виявленню слабких геологічних зон, які можуть зазнавати деформацій під час розробки підземного простору (рис.2.2).

Окремо досліджується *вплив на гідрогеологічні умови території*. Утворення підземних споруд порушує природні фільтраційні процеси, що може спричинити зміну рівня ґрунтових вод та утворення застійних зон. Високий рівень підземних вод може спричинити ризик підтоплень, що потребує впровадження дренажних систем, бетонних бар'єрів із гідроізоляційним покриттям та технологій активного водовідведення, таких як ін'єкційна гідроізоляція або системи штучного зниження рівня води.

Дослідження впливу підземного будівництва на довкілля.

Напрямок дослідження	Ключові аспекти	Інженерні рішення / Технології
Гідрогеологічні умови	Вплив на фільтраційні процеси, рівень ґрунтових вод, ризик підтоплень	Дренажні системи, бетонні бар'єри з гідроізоляцією, ін'єкційна гідроізоляція, буронабивні палі з герметичними основами
Біорізноманіття та екосистеми	Зміни середовища існування підземних біоценозів, особливо біля природоохоронних зон	Вертикальне озеленення, біофільтри, контрольовані біотопи
Якість повітря та мікроклімат	Вміст CO ₂ , ЛОС, волога, вентиляція	Системи фільтрації, аераційні шахти, вентиляція з рекуперацією, сенсорні системи контролю
Рациональне використання ресурсів	Зменшення відходів, використання вторинної сировини	Повторно перероблені матеріали, цементозамінники (попіл, метаколін), легкі заповнювачі
Рекультивация та повторне використання ґрунтів	Зменшення екологічного впливу будівництва	Повторне використання вилучених ґрунтів в інших проектах
Теплове забруднення	Зміна теплового балансу, локальний перегрів	Системи рекуперації тепла, теплопоглинальні матеріали, термостабільні покриття
Вібрації та шум	Вплив на будівлі та інфраструктуру	Антивібраційні платформи, полімерні гасителі коливань, акустичні бар'єри
Шумове забруднення	Вплив на комфорт та сусідні території	Звукопоглинальні панелі, перфоровані матеріали, спеціальні геометричні форми

2.2. Дослідження впливу підземного будівництва на довкілля.

При будівництві у мегаполісах необхідно передбачити інженерні рішення для уникнення впливу на водоносні горизонти сусідніх будівель, що часто реалізується шляхом використання буронабивних палей із герметичними основами.

Також оцінюється вплив на біорізноманіття та стан міських екосистем. Видалення ґрунтових мас та ущільнення території можуть змінювати місце існування підземних біоценозів, особливо в районах, що межують із природоохоронними територіями. Сучасні проекти передбачають інтеграцію зелених технологій у підземний простір, таких як вертикальне озеленення,

біофільтри для очищення повітря та створення контрольованих біотопів, що сприяють підтриманню локальної екосистеми [8].

Важливими аспектами *екологічного моніторингу* є контроль за якістю повітря у підземних приміщеннях, запобігання викидам шкідливих речовин та шумовому забрудненню. Для підтримки оптимального рівня якості повітря використовують багатоступеневі системи фільтрації, аераційні шахти та інтегровані системи механічної вентиляції з рекуперацією тепла. Особливу увагу приділяють аналізу концентрації вуглекислого газу (CO₂), летких органічних сполук (ЛОС) та рівня вологи, що впливає на мікроклімат підземних приміщень. Використання сенсорних систем контролю дозволяє в режимі реального часу коригувати рівень вентиляції та адаптувати повітрообмін відповідно до поточного навантаження на об'єкт. Раціональне використання природних ресурсів та заходи з мінімізації будівельних відходів також є важливими складовими аналізу екологічного впливу. Сучасні будівельні методи включають застосування повторно перероблених матеріалів, бетонів зі зниженим вмістом цементу (наприклад, з додаванням попелу-виносу або метакаоліну), а також легких заповнювачів, що дозволяють зменшити навантаження на ґрунт [21].

Особливу увагу приділяють *питанням рекультивации* будівельних майданчиків та можливостям повторного використання вилучених ґрунтових мас у інших інфраструктурних проєктах.

Оцінюється також питання *теплого забруднення*, оскільки підземні простори можуть змінювати тепловий баланс прилеглих територій та впливати на мікроклімат міських просторів. Активне використання вентиляційних шахт для скиду теплого повітря може створювати зони локального перегріву, що особливо актуально для щільно забудованих міських територій. Для зниження таких ризиків можуть використовуватися системи рекуперації тепла [8], які дозволяють повторно використовувати енергію для опалення або охолодження інших частин комплексу, а також застосування теплопоглинальних матеріалів у конструктивних елементах підземних споруд. Впровадження покриттів зі зниженим коефіцієнтом

теплопровідності та застосування термостабільних матеріалів у внутрішній обробці також сприяють мінімізації теплового впливу.

Важливим є аналіз *вібраційних та шумових характеристик*, оскільки масивні підземні конструкції можуть передавати вібрації на наземну забудову та міські комунікації. Особливо це актуально для підземних комплексів, розташованих поруч із метрополітенем або транспортними тунелями, де динамічні навантаження можуть спричиняти деформації несучих конструкцій. Для зниження негативного впливу використовують спеціальні антивібраційні платформи, що встановлюються між фундаментом та несучими конструкціями, а також гасителі коливань із полімерних матеріалів, які зменшують передачу вібрацій на сусідні будівлі [8].

Додатковим важливим аспектом є *шумове забруднення*, спричинене роботою інженерних систем та транспортної інфраструктури підземного комплексу. Для його мінімізації застосовують акустичні бар'єри, звукопоглинальні панелі з перфорованих металевих сплавів або волокнистих матеріалів, а також розробляють спеціальні геометричні рішення для поглинання звукових хвиль. Оцінюється не лише рівень шуму в межах комплексу, а й можливий вплив на прилеглі території, особливо в нічний час, коли шумове навантаження має бути мінімальним.

Таким чином, оцінка впливу підземних громадських комплексів на довкілля є багатокомпонентним процесом, що вимагає детального аналізу геотехнічних, гідрологічних, акустичних та теплових параметрів. Впровадження сучасних архітектурних та інженерних рішень, спрямованих на зменшення негативного екологічного впливу, дозволяє створювати підземні простори, які не лише гармонійно інтегруються у міське середовище, а й сприяють сталому розвитку урбанізованих територій [28].

Оцінка екологічних показників підземних громадських комплексів.

Для забезпечення екологічної стійкості підземних громадських комплексів проводиться комплексна оцінка екологічних показників, яка включає енергоефективність, якість будівельних матеріалів, параметри системи вентиляції, освітлення та інтеграцію сучасних технологій у сфері сталого будівництва. Одним із ключових аспектів такої оцінки є аналіз впливу підземних споруд на навколишнє

середовище, зокрема зміни в підземних гідрологічних системах, теплових потоках і хімічному складі повітря. Енергоефективність та оптимізація теплових потоків.

Одним із найважливіших критеріїв екологічної ефективності підземних комплексів є їхня енергоефективність, що визначається рівнем споживання енергії на освітлення, опалення, вентиляцію та підтримку комфортного мікроклімату. Використання відновлюваних джерел енергії, таких як геотермальні системи опалення та охолодження, дозволяє оптимізувати витрати ресурсів за рахунок використання стабільної температури ґрунту. Застосування пасивних систем кондиціонування, зокрема підземних теплових насосів та вентиляційних шахт, забезпечує ефективний теплообмін без використання додаткових енергоресурсів. LED-освітлення з автоматичним регулюванням інтенсивності та датчиками руху дозволяє суттєво знизити енергоспоживання, адаптуючи освітлення до рівня природного світла, що проникає крізь світлові колодязі та скляні куполи. Використання низькоенергетичних склопакетів та світлопрозорих конструкцій із застосуванням фотохромних або електрохромних плівок забезпечує ефективний контроль рівня природного освітлення, а також зменшує навантаження на штучні системи освітлення та клімат-контролю [9]. Окрему увагу слід приділити системам рекуперації тепла, що працюють за принципом теплообмінників у системах вентиляції. Такі системи дозволяють утилізувати тепло відпрацьованого повітря для нагріву або охолодження свіжого повітря, що подається в приміщення. Це особливо важливо в підземних умовах, де природний повітрообмін обмежений і потрібна ефективна циркуляція повітря для підтримання комфортного мікроклімату.

Вибір екологічних матеріалів та конструктивні рішення. Будівельні матеріали, що використовуються при спорудженні підземних комплексів, повинні відповідати критеріям екологічної безпеки та мати низький рівень емісії токсичних речовин. Використання матеріалів із сертифікатом LEED (Leadership in Energy and Environmental Design) або BREEAM (Building Research Establishment Environmental Assessment Method) дозволяє зменшити шкідливий вплив на навколишнє середовище. Серед сучасних матеріалів, що застосовуються у підземному будівництві, варто відзначити:

геополімерні бетони, які мають менший вуглецевий слід порівняно зі звичайними цементними сумішами [10];

гідрофобні ізоляційні мембрани з наноструктурованими поверхнями, які забезпечують надійний захист від проникнення ґрунтових вод;

матеріали з фазозмінними властивостями (PCM – Phase Change Materials), які дозволяють зберігати тепло та поступово вивільняти його, регулюючи мікроклімат у підземних просторах [11].

Значну роль відіграють рішення щодо використання композитних матеріалів, що мають підвищену міцність, стійкість до корозії та тривалий термін експлуатації. Зокрема, застосування армованих полімерних панелей замість традиційних сталевих конструкцій дозволяє значно зменшити навантаження на несучі елементи будівлі та підвищити її довговічність.

Організація системи управління відходами. Підземні громадські комплекси потребують продуманих рішень у сфері поводження з відходами, оскільки їхня експлуатація передбачає значний обсяг твердих і рідких відходів. Інноваційні автоматизовані системи сортування та вакуумного транспортування сміття дозволяють значно скоротити потребу в ручному обслуговуванні.

Застосування біодеструкторів органічних відходів сприяє перетворенню харчових залишків на біогаз, який можна використовувати для енергозабезпечення комплексу. Використання систем піролізного спалювання відходів із високотемпературним окисненням дозволяє значно зменшити обсяг сміття та перетворити його на корисні теплоносії або будівельні матеріали (зокрема, попіл можна використовувати в дорожньому будівництві).

Оптимізація водокористування та поводження з рідкими відходами. Особливу увагу слід приділити питанням водозабезпечення та очищення стічних вод. Використання систем збору та повторного використання дощової води дозволяє суттєво скоротити споживання питної води та зменшити навантаження на міську каналізацію. Біофільтри та системи багаторівневого очищення стічних вод із застосуванням активованого вугілля та ультрафільтраційних мембран дозволяють значно покращити якість очищення [12].

Одним із перспективних рішень є використання підземних штучних водно-рослинних фільтрів, які імітують природні процеси очищення води та можуть застосовуватися для вторинного використання очищених стоків, наприклад, для зрошення зелених насаджень у межах комплексу.

Інтеграція природного середовища у підземні простори. Незважаючи на те, що підземні комплекси за своєю природою відмежовані від природного середовища, сучасні архітектурні рішення дозволяють гармонійно інтегрувати природні елементи у внутрішній простір. Використання концепції "біофільного дизайну" включає створення вертикальних садів, зелених зон із гідропонними рослинами та спеціальних фітостін, що допомагають підтримувати оптимальну вологість та якість повітря [13].

Застосування світлових тунелів та дзеркальних систем для природного освітлення допомагає зменшити психологічний ефект "замкненого простору", а впровадження фонтанів та водоспадів у внутрішніх приміщеннях сприяє покращенню акустичного та візуального комфорту.

Економічна складова підземного будівництва громадських комплексів є одним із ключових факторів, що впливає на їхню реалізацію, експлуатацію та ефективність. Висока вартість проектування та інженерних робіт обумовлена необхідністю проведення складних геологічних досліджень, розробки спеціальних технологій зміцнення ґрунту, гідроізоляції та вентиляції, які забезпечують безпеку та довговічність конструкцій. Будівництво підземних споруд також передбачає підвищені витрати на матеріали, оскільки вони повинні витримувати значний тиск ґрунту та запобігати проникненню ґрунтових вод.

Окрім початкових витрат, значні кошти потребує експлуатація таких об'єктів. Необхідність постійного обслуговування систем освітлення, кондиціонування повітря, дренажу та пожежної безпеки суттєво підвищує операційні витрати. Додатково витрачаються ресурси на ремонтні роботи, модернізацію застарілих ділянок і адаптацію до змін у міській інфраструктурі. Водночас підземні громадські комплекси можуть мати значний економічний ефект, оскільки дозволяють

ефективно використовувати міський простір, особливо у густонаселених районах, де наземне будівництво обмежене.[28]

Такі проекти сприяють зростанню комерційної активності, залученню інвесторів, розвитку бізнесу та туризму. Підземні комплекси часто стають частиною транспортної інфраструктури, що зменшує навантаження на дорожню мережу та сприяє підвищенню мобільності населення. Проте в умовах економічних криз, зростання вартості енергоносіїв та будівельних матеріалів фінансування таких проектів може ставати проблематичним. Саме тому важливими є довгострокові фінансові плани, залучення приватних інвесторів, державна підтримка та використання сучасних енергоефективних технологій, які допомагають зменшити витрати на утримання підземних споруд.

2.2. Класифікація підземних громадських комплексів та їх типологія

Проектування підземних комплексів є складним процесом, що включає вибір оптимальної композиційної структури, визначення рівня комфорту, форми власності, конструктивної схеми та методу зведення, важливим фактором є також рівень безпеки, який залежить від міцності матеріалів, технічному оснащенні (рис.2.3).

За функціональною-композиційно структурою розділяють на: блоковані, секційні, коридорні, галерейні, комбіновані [4].

Блоковані підземні комплекси складаються з окремих функціональних блоків, кожен з яких може мати автономну систему вентиляції, енергозабезпечення та входи. Така структура дозволяє розмежовувати різні зони за функціональним призначенням, що є важливим для великих багатофункціональних споруд. У торговельних комплексах блоки можуть бути розподілені за секторами – продуктової, технологічної, розважальної, а у підземних паркінгах – за категоріями транспорту. Військові укриття, побудовані за блокованою схемою,

мають автономні відсіки, що працюють незалежно один від одного в разі надзвичайних ситуацій.

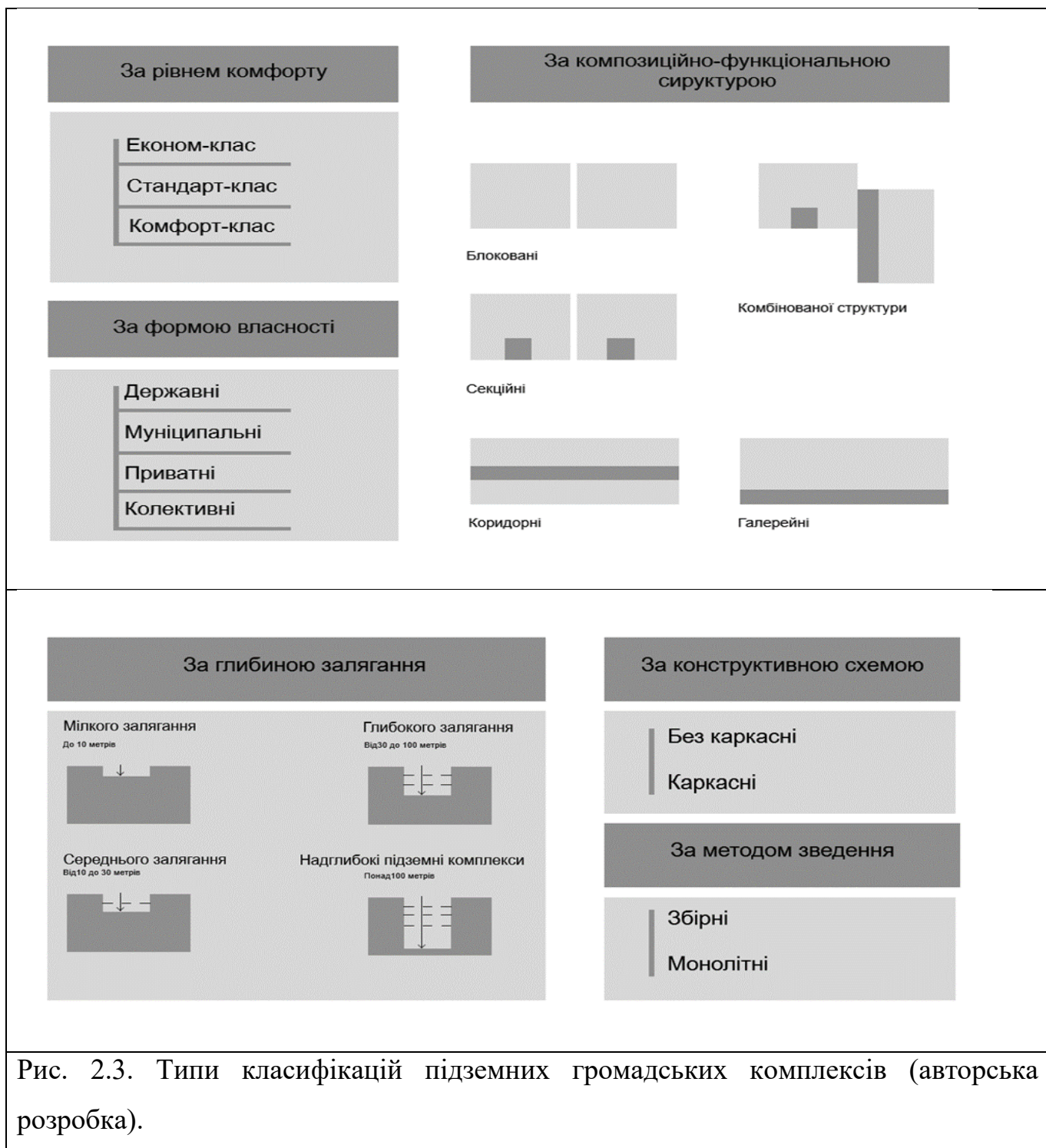


Рис. 2.3. Типи класифікацій підземних громадських комплексів (авторська розробка).

Секційні підземні комплекси складаються з кількох функціональних секцій, кожна з яких може мати власну систему евакуації, вентиляції та освітлення. Ця схема дозволяє забезпечити чітке зонування простору та підвищити безпеку експлуатації. У великих транспортних вузлах такі секції можуть розділятися на

пасажирські зони, технічні приміщення, адміністративні офіси. Підземні лікарні також використовують секційний поділ, забезпечуючи розмежування лікувальних блоків, операційних відділень, лабораторій та інженерних зон.

Коридорні підземні комплекси передбачають організацію простору навколо центрального або допоміжних коридорів, які забезпечують зручний доступ до приміщень. Така схема широко використовується в адміністративних будівлях, медичних установах та навчальних закладах, розташованих під землею. Головною особливістю таких споруд є необхідність якісної системи вентиляції, оскільки довгі замкнені коридори можуть ускладнювати повітрообмін. Освітлення в таких комплексах проектується так, щоб рівномірно розподіляти світло по всій довжині коридорної системи.

Галерейні підземні комплекси використовують відкриті проходи або атриуми, що створюють більш комфортні умови перебування. Така структура характерна для торговельних центрів, підземних музеїв, виставкових комплексів. Відкриті галереї покращують освітлення та вентиляцію, зменшуючи відчуття замкненого простору. Вони можуть включати світлові тунелі або дзеркальні конструкції, що імітують денне освітлення.

Комбіновані підземні комплекси поєднують у собі різні планувальні рішення, що дозволяє створювати гнучкі багатофункціональні простори. Наприклад, у великому підземному місті може бути коридорна адміністративна частина, секційна житлова зона, блоковані укриття та галерейна комерційна територія. Така структура підвищує зручність використання комплексу та дозволяє розділяти різні функціональні потоки.[23]

За рівнем комфорту: соціальні, економ-класу, стандарт-класу, комфорт-класу [4].

Соціальні підземні комплекси розраховані на базові потреби населення і не передбачають додаткових зручностей. До них відносяться громадські укриття, недорогі паркінги, склади, комунальні сховища. Вони мають мінімальний рівень внутрішнього оздоблення, обмежену систему вентиляції та освітлення.

Економ-клас включає доступні за вартістю комерційні, житлові та транспортні підземні об'єкти. Такі комплекси можуть мати стандартний рівень комфорту, без розширеної інфраструктури або преміальних оздоблювальних матеріалів. Вони часто використовуються для логістичних терміналів, складів, бюджетних торговельних центрів.

Стандарт-клас забезпечує середній рівень комфорту та підвищені умови для перебування людей. У таких комплексах встановлюються сучасні вентиляційні системи, клімат-контроль, покращене освітлення, просторі зони для відпочинку. До цієї категорії входять офісні приміщення, великі транспортні хаби, громадські паркінги з додатковими послугами.

Комфорт-клас передбачає застосування високоякісних матеріалів, сучасних дизайнерських рішень, інноваційних технологій. Такі підземні комплекси включають бізнес-центри преміального рівня, житлові комплекси з інфраструктурою, елітні укриття. Вони можуть містити фітнес-зони, басейни, торгові галереї, зони для відпочинку з природними елементами (зелені стіни, водоспади, штучне сонячне світло).

За формою власності комплекси поділяють на: державні, приватні, муніципальні, колективні [5].

Державні підземні комплекси перебувають у власності держави та використовуються для забезпечення стратегічних, оборонних або громадських функцій. До них відносяться метрополітени, бомбосховища, підземні комунікаційні центри, військові об'єкти. Такі споруди будуються за спеціальними вимогами щодо безпеки, мають підвищену сейсмостійкість, автономні системи енергозабезпечення.

Приватні підземні комплекси належать комерційним компаніям або фізичним особам. Вони включають торговельні центри, офісні площі, приватні паркінги, укриття для особистого користування. Такі об'єкти будуються із застосуванням сучасних технологій, мають підвищений рівень комфорту, включаючи інтелектуальні системи управління, автоматизовані інженерні рішення.

Муніципальні підземні комплекси належать місцевим органам влади та використовуються для громадських потреб. Це можуть бути підземні транспортні

переходи, паркінги, комунальні інфраструктурні об'єкти. Вони фінансуються з місцевого бюджету та спрямовані на покращення міського середовища.

Колективні підземні комплекси створюються спільно кількома власниками або об'єднаннями користувачів. Це можуть бути кооперативні паркінги, спільні бомбосховища, підземні склади, що використовуються кількома компаніями або групами мешканців. У таких об'єктах рішення про експлуатацію приймаються спільно, а витрати розподіляються між власниками.

За конструктивною схемою поділяють на : безкаркасні та каркасні [5].

Вибір тієї чи іншої конструктивної схеми залежить від функціонального призначення комплексу, його площі, глибини залягання, геологічних особливостей місцевості та необхідного рівня захисту споруди.

Безкаркасні конструкції будуються за рахунок використання масивних несучих стін, перекриттів та фундаментних плит, що утворюють жорстку коробку, яка витримує тиск ґрунту та інші навантаження. Основним матеріалом для таких комплексів є залізобетон, який забезпечує міцність та довговічність конструкції.

Однією з ключових особливостей безкаркасних підземних комплексів є їхня висока здатність до витримування гідростатичного тиску ґрунтових вод. Це особливо важливо при будівництві підземних бомбосховищ, складів, інженерних тунелів, водозахисних споруд. Для захисту від впливу ґрунтових вод використовуються багатошарові системи гідроізоляції, включаючи полімерні мембрани, спеціальні бітумні покриття та ін'єкційну гідроізоляцію. Безкаркасна схема використовується у випадках, коли важлива простота будівництва та мінімальна кількість проміжних опор. Однак такі конструкції мають певні обмеження щодо зміни внутрішнього планування після завершення будівництва, оскільки всі несучі стіни є частиною загальної жорсткої системи.

Каркасні підземні споруди будуються за технологією, де основне навантаження сприймається жорстким несучим каркасом із залізобетону або металу, а внутрішні перегородки можуть бути змінені відповідно до потреб. Каркасна схема є оптимальною для будівництва багатопверхових підземних комплексів, оскільки

вона забезпечує можливість вільного планування приміщень, реконструкції та адаптації простору до нових потреб.

Серед основних переваг каркасних підземних комплексів варто виділити:

Гнучкість у плануванні, що дозволяє легко змінювати внутрішню структуру без ризику для міцності будівлі.

Високу сейсмостійкість, оскільки каркасні конструкції здатні компенсувати динамічні навантаження.

Можливість створення великопрогонових просторів, що актуально для підземних торговельних центрів, виставкових залів, спортивних арен.

Каркасні споруди мають складнішу інженерну структуру, що включає спеціальні демпферні системи для компенсації руху ґрунту, багаторівневі вентиляційні шахти та системи аварійного освітлення. Вони широко застосовуються у підземних транспортних хабах, наукових лабораторіях, підземних промислових об'єктах.

За методом зведення: збірні та монолітні [5].

Метод зведення підземного комплексу визначає технологію будівництва, спосіб монтажу конструкцій, тривалість процесу та загальні експлуатаційні характеристики споруди.

Збірний метод будівництва передбачає використання попередньо виготовлених залізобетонних або металевих елементів, які монтуються на місці спорудження. Такий метод забезпечує високу швидкість будівництва та контроль якості кожного конструктивного елемента.

Серед переваг збірних підземних комплексів можна виділити:

- *Скорочення термінів будівництва*, оскільки значна частина роботи виконується на заводі, а на об'єкті здійснюється лише монтаж.
- *Високу точність виготовлення елементів*, що мінімізує похибки при зведенні конструкції.
- *Можливість заміни пошкоджених елементів*, що спрощує процес ремонту.

До недоліків таких комплексів можна віднести обмежену гнучкість у проектуванні, оскільки конструкція збірного об'єкта зазвичай складається з

уніфікованих модулів, які не можна легко змінити. Такі комплекси часто використовуються для підземних складів, ангарів, паркінгів та військових споруд.

Монолітне будівництво передбачає заливку залізобетонних конструкцій безпосередньо на будівельному майданчику. Такий метод забезпечує міцність та довговічність споруди, дозволяє створювати складні архітектурні форми, високі рівні герметизації.

Основними характеристиками монолітних підземних комплексів є:

- *Висока міцність та довговічність* завдяки монолітній структурі.
- *Максимальна адаптація до геологічних умов*, що дозволяє будувати комплекси у складних місцевостях.
- *Підвищена стійкість до гідростатичних навантажень*, що критично важливо для підземних споруд, розташованих нижче рівня ґрунтових вод.

Монолітний метод будівництва використовується для великих підземних транспортних станцій, сховищ для стратегічних запасів, секретних військових об'єктів, підземних лабораторій.

За глибиною залягання: мілкого, середнього, глибокого, надглибокого [6].

Глибина залягання підземного комплексу визначає його стійкість до зовнішніх факторів, рівень безпеки, доступність природного освітлення та необхідність спеціальних інженерних рішень.

Мілкового залягання. Підземні комплекси, розташовані на глибині до 10 метрів, використовуються для облаштування паркінгів, підземних переходів, комерційних приміщень, невеликих складів. Вони мають відносно просту конструкцію та інтегруються з міською інфраструктурою.

Середнього залягання. Комплекси на глибинах від 10 до 30 метрів використовуються для розміщення транспортних систем, укриттів, торгових центрів, станцій метро. Вони потребують потужних вентиляційних та евакуаційних систем, а також додаткових заходів гідроізоляції.

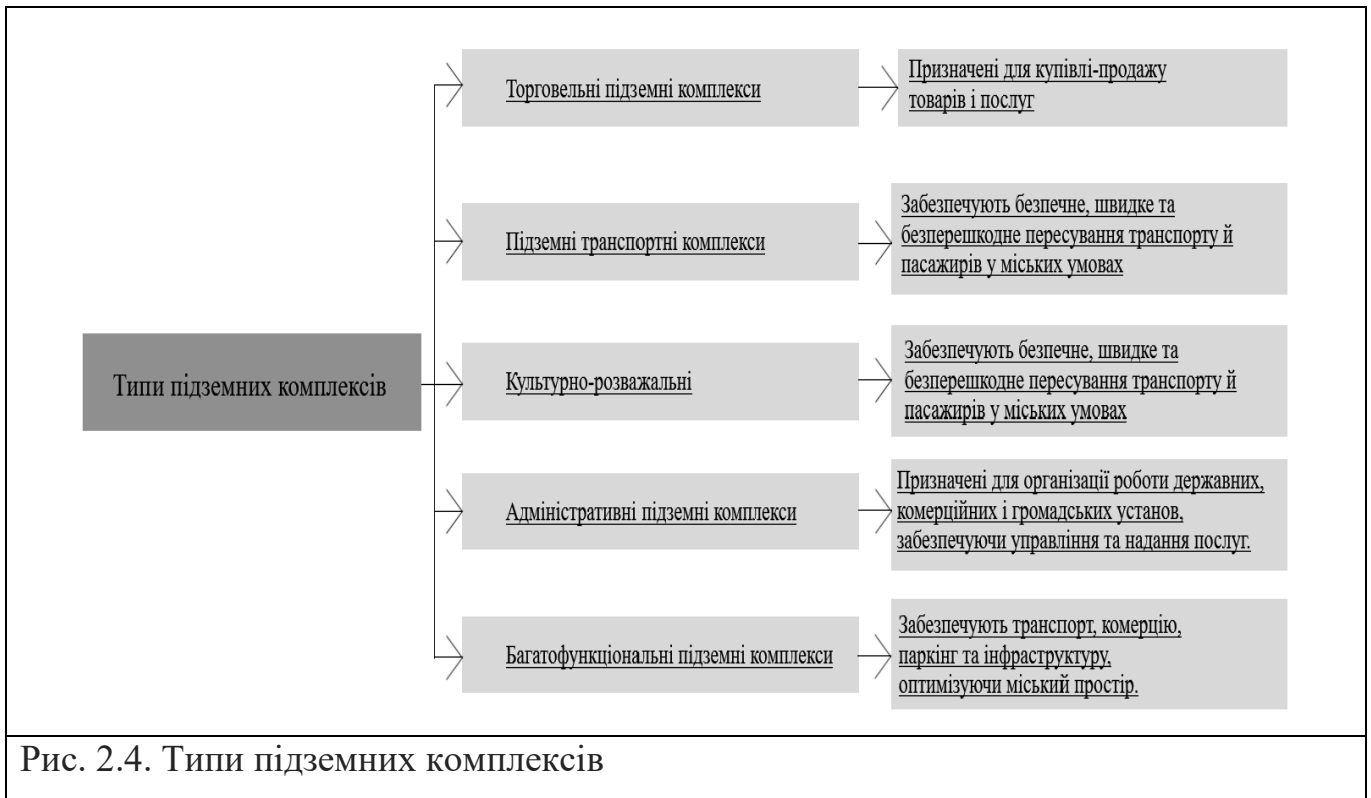
Глибокого залягання. Комплекси, розташовані на глибинах від 30 до 100 метрів, використовуються для стратегічних об'єктів, підземних міст, захищених

сховищ. Вони мають складну систему комунікацій, автономне енергозабезпечення, герметичні входи.

Надглибокі підземні комплекси. Підземні комплекси, розташовані на глибинах понад 100 метрів, включають наукові лабораторії, шахти, військові укриття, спеціальні виробничі комплекси. Вони мають багаторівневу систему життєзабезпечення, розширені автономні ресурси, спеціальну систему вентиляції та евакуації. Рівень глибини визначає складність будівництва, експлуатаційні витрати та функціональне призначення комплексу [29].

Сучасний розвиток міської інфраструктури супроводжується зростанням щільності забудови, що зумовлює необхідність оптимізації використання наявного простору, особливо підземного. Застосування підземного простору для громадських комплексів набуває значної популярності через урбаністичні, екологічні та соціально-економічні чинники. У цьому контексті типологічні дослідження підземних громадських об'єктів відіграють важливу роль у розробці ефективних проектних рішень, які сприяють підвищенню якості міського середовища, зменшенню екологічного навантаження від забудови та інтеграції підземної інфраструктури в загальну структурну модель міста [24].

Типологія підземних громадських комплексів охоплює низку аспектів проектування, які визначаються їхньою функціональною спеціалізацією, конструктивними характеристиками, рівнем інтеграції з наземною інфраструктурою та взаємодією з урбаністичним контекстом. Серед ключових напрямів досліджень у цій сфері особливу увагу приділяють формуванню функціонально-просторової організації підземних споруд. Основні типи таких комплексів включають торговельні, транспортні, культурно-розважальні, адміністративні та багатофункціональні об'єкти. Кожен із зазначених типів має унікальні характеристики, які впливають на їх проектування, функціонування та взаємодію з міською інфраструктурою (рис 2.4).



Торговельні підземні комплекси займають значне місце в сучасних мегаполісах, особливо в центральних районах з обмеженим простором для нової забудови. Проектування таких об'єктів вимагає впровадження розвинених систем навігації, високоефективного штучного освітлення і вентиляції, а також раціональної організації торговельних площ. Ці комплекси можуть бути окремими спорудами або складовими частинами транспортно-торговельних вузлів, інтегрованих із системами метрополітену, підземними паркінгами чи пішохідними переходами. Важливим аспектом проектування є забезпечення безпеки та комфорту відвідувачів, що досягається завдяки широким коридорам, ефективним евакуаційним шляхам і сучасним системам пожежної безпеки. Завдяки розвитку сучасних технологій, таких як інтерактивні інформаційні панелі, мобільні додатки для навігації та системи управління мікрокліматом, підземні торговельні комплекси стають комфортнішими для відвідувачів.

Підземні транспортні комплекси мають важливе значення у вирішенні проблем міських транспортних потоків, забезпечуючи зручне сполучення між різними частинами міста. До них входять станції метро, підземні автомобільні магістралі, пішохідні тунелі та багаторівневі транспортні розв'язки. Основна увага

тут приділяється технічним аспектам безпеки, вентиляційним системам, підтриманню оптимального мікроклімату, а також інтеграції з іншими видами транспорту. Проектування таких комплексів залежить від міського планування, геологічних умов і прогнозованої інтенсивності пасажиропотоку. Сучасний розвиток транспортних підземних споруд демонструє активне впровадження новітніх технологій, зокрема автоматизованих систем управління рухом, енергозберігаючих методів освітлення та використання відновлюваних джерел енергії. Інтеграція зон очікування з озелененням і мистецькими елементами також стає пріоритетом, забезпечуючи комфорт і естетичну привабливість транспортних хабів.

Культурно-розважальні підземні комплекси відіграють значну роль у міському середовищі, пропонуючи простір для проведення масових заходів без надмірного навантаження на наземну забудову. Серед них: підземні театри, концертні зали, музеї, виставкові центри й кінотеатри. Основними викликами при проектуванні є забезпечення комфортної акустики, якісної вентиляції й освітлення, а також доступності для всіх категорій населення. Тенденція до створення багатофункціональних просторів особливо актуальна для таких об'єктів. Наприклад, концертні зали можуть легко трансформуватися в театральні сцени чи виставкові майданчики, що підвищує ефективність використання простору.

Адміністративні підземні комплекси допомагають оптимізувати міське середовище, надаючи місце для виконання функцій урядових установ, офісів або громадських організацій без перевантаження наземної забудови. У них висуваються особливі вимоги до організації простору, врахування систем безпеки (контроль доступу, відеоспостереження, евакуаційні виходи) та ергономіки.

Багатофункціональні підземні комплекси є найбільш складними у проектуванні й експлуатації, оскільки вони інтегрують у собі різноманітні функції. Використання модульних конструкцій, екологічних матеріалів і розумних інженерних рішень забезпечує підвищену ефективність і довговічність таких об'єктів.

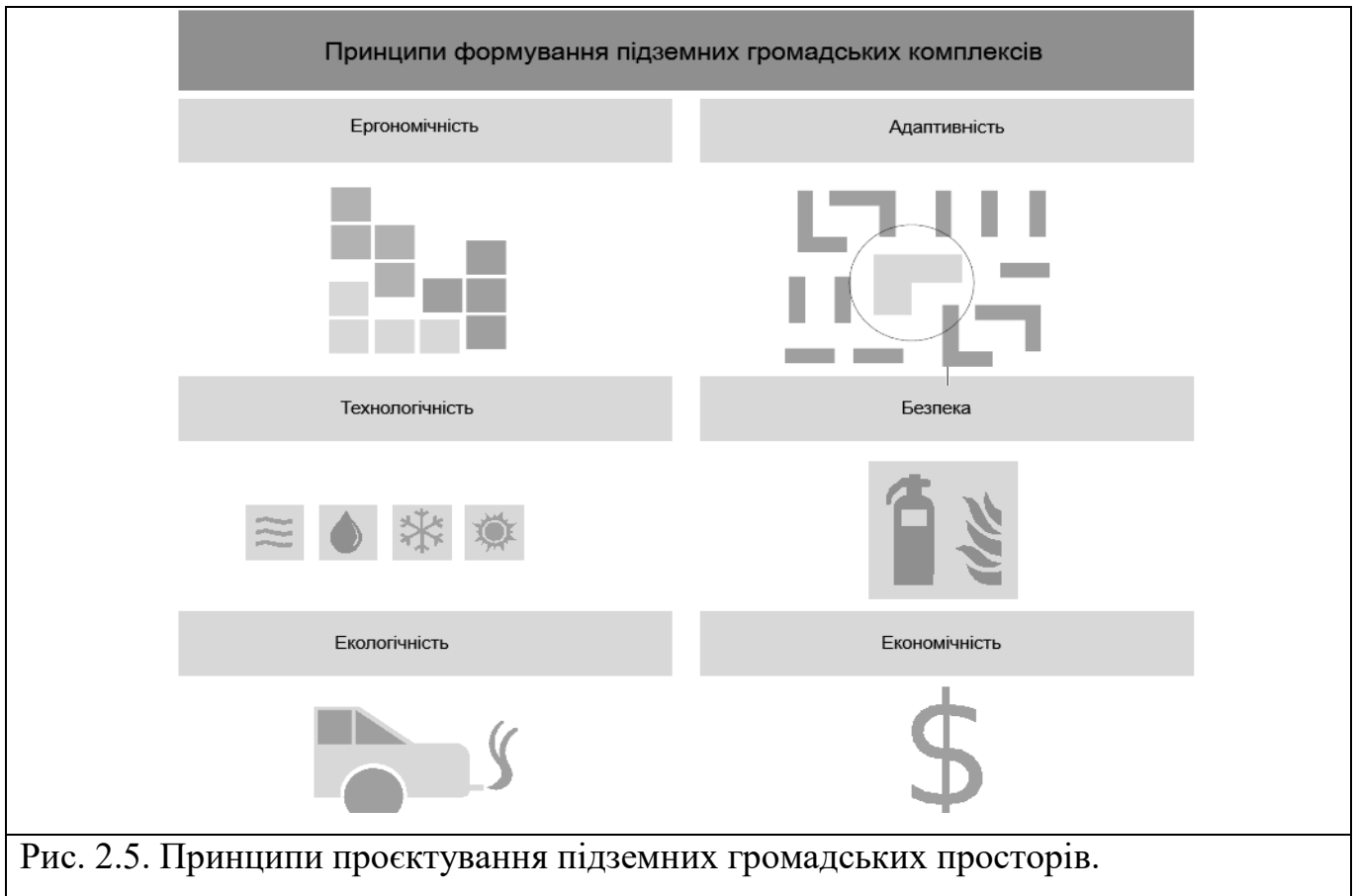
Типологічні дослідження підземних громадських комплексів залишаються ключовою складовою містобудівного аналізу та проектування. Вони сприяють пошуку ефективних рішень для проектування й експлуатації, інтеграції об'єктів у загальну інфраструктуру міста та формування комфортного середовища. Подальші дослідження в цій сфері можуть сприяти розробці інноваційних проектних підходів, зменшенню екологічного впливу та покращенню якості життя мешканців мегаполісів.[14]

2.3. Принципи та особливості формування підземних громадських комплексів

На сучасному етапі розвитку міського середовища підземні простори займають все більш важливе місце. Комплекси можуть включати в себе торговельні центри, офісні приміщення, паркінги, виставкові зали, заклади культури та розваг, що вимагає ретельного планування взаємозв'язків між різними функціональними зонами та особливу увагу має бути приділено безпеці як санітарно-епідеміологічній так і особистій. Тому основними принципами проектування таких комплексів було обрано: безпека, раціональність, адаптивність, економічність, комфорт та екологічність (рис. 2.5).

Одним із основних принципів формування підземних громадських комплексів є *ергономічність* та раціональне використання простору. Проектувальники повинні враховувати функціональне зонування приміщень, оптимальне розташування комунікацій і транспортних вузлів, а також забезпечення зручного пересування людей [17].

Розширення підземних комплексів також вимагає врахування впливу на міську інфраструктуру. У процесі планування важливо забезпечити належний рівень транспортної доступності, інтегруючи підземні простори з мережею метро, міськими тунелями та багаторівневими парковками.



Використання автоматизованих систем транспортування товарів і пасажирів може значно оптимізувати логістичні процеси та знизити навантаження на традиційні транспортні артерії. У перспективі можливе застосування підземних магістралей для безпілотного транспорту, що сприятиме екологічній безпеці та зниженню рівня шуму у містах.

Другим ключовим аспектом є *інтеграція* підземних комплексів у міське середовище. Це передбачає гармонійне поєднання підземних і наземних елементів архітектури, забезпечення зручних входів і виходів, а також доступності громадського транспорту. Зазвичай підземні простори розташовуються під площами, транспортними розв'язками, великими торговими центрами чи адміністративними будівлями. Важливо, щоб вони органічно вписувалися в міську структуру, не порушуючи традиційний вигляд і функціональність міського простору. Архітектори прагнуть забезпечити зв'язок підземних просторів із пішохідними маршрутами, транспортними коридорами та сусідніми будівлями, що

сприяє безперешкодному руху людей та мінімізує незручності для міського середовища.[30]

Важливу роль у формуванні підземних громадських комплексів відіграє забезпечення комфортного мікроклімату та природного освітлення. Оскільки такі об'єкти розташовуються нижче рівня землі, існує потреба у створенні якісної системи вентиляції, кондиціонування повітря та освітлення. Використання світлових колодязів, дзеркальних поверхонь і спеціальних відбивачів дозволяє максимально використовувати природне світло, що підвищує комфортність перебування у приміщеннях. Крім того, система клімат-контролю повинна підтримувати оптимальний рівень вологості та температури, враховуючи особливості розташування та функціональне призначення комплексу.

Важливим технічним рішенням є впровадження інтелектуальних систем керування мікрокліматом. Сучасні датчики та автоматизовані системи моніторингу дозволяють в режимі реального часу оцінювати показники температури, вологості, рівня забруднення повітря та коригувати параметри систем вентиляції і кондиціонування. Використання відновлюваних джерел енергії, таких як геотермальні насоси та сонячні панелі, дозволяє значно знизити витрати на експлуатацію та забезпечити екологічну стійкість об'єктів.

Окрему увагу слід приділити епідеміологічній та особистій безпеці. Підземні громадські простори повинні бути оснащені системами очищення та фільтрації повітря для зменшення ризику поширення вірусів та бактерій. Важливим аспектом є забезпечення безконтактних технологій, таких як автоматичні двері, безконтактні платежі та сенсорні системи керування, що сприяють мінімізації фізичного контакту. Крім того, слід передбачити розділені потоки відвідувачів, зони санітарної обробки та можливість швидкого перепрофілювання приміщень для карантинних заходів у разі потреби. Такі рішення сприятимуть формуванню безпечного та здорового середовища в підземних комплексах.

Принципи екологічної стійкості та енергоефективності також є важливими при проектуванні підземних комплексів. Врахування факторів збереження навколишнього середовища, мінімізація негативного впливу на екосистему,

ефективне використання природних ресурсів – усе це сприяє створенню сталих архітектурних рішень. Використання зелених технологій, таких як системи збору та повторного використання дощової води, енергоефективне освітлення, використання відновлюваних джерел енергії, сприяє підвищенню екологічної цінності підземних громадських комплексів.

Важливим аспектом у розвитку підземних громадських комплексів є їх естетичне оформлення. Незважаючи на обмежений доступ до природного світла, сучасні архітектурні концепції дозволяють створювати привабливі та комфортні простори за допомогою освітлення, кольорових рішень, використання матеріалів з високими декоративними властивостями. У цьому контексті важливу роль відіграє розширене застосування інтерактивних технологій, таких як мультимедійні панелі, світлодіодні інсталяції та адаптивні дизайнерські рішення [31].

Принцип адаптивності в проєктуванні підземних громадських просторів є фундаментальним концептом сучасної архітектури й урбаністики, що набуває особливої актуальності у зв'язку з обмеженими територіальними ресурсами густонаселених міст і необхідністю оптимального використання доступного простору. Адаптивний підхід спрямований на створення високоефективних і комфортних підземних середовищ, які здатні відповідати потребам користувачів та адаптуватися до постійно змінних соціальних, екологічних і технологічних умов.

Адаптивність архітектурних рішень для підземних просторових структур виявляється у чотирьох ключових вимірах: *просторовому, функціональному, технологічному та екологічному*.

Просторовий аспект базується на використанні модульних конструкцій, які можуть бути трансформовані залежно від актуальних запитів користувачів. Застосування мобільних перегородок, гнучких зон і багаторівневих рішень сприяє оптимізації організації простору, забезпечуючи його універсальність і багатофункціональність.

У свою чергу, *функціональна адаптивність* передбачає інтеграцію різноманітних видів діяльності в єдиному просторі. Наприклад, підземні громадські

зони здатні поєднувати комерційні, культурні, рекреаційні та інфраструктурні функції, що сприяє їхній економічній ефективності та стійкості.

Технологічна адаптивність у цих просторах реалізується через використання передових матеріалів і систем, які забезпечують можливість гнучкої модифікації конфігурації та функціонального призначення середовища. До прикладу, застосування розумних будівельних технологій, сенсорних систем моніторингу, автоматизованих мереж освітлення і вентиляції створює умови для динамічного регулювання параметрів внутрішнього середовища під дією зовнішніх факторів. Додатковою перевагою є те, що конструктивні рішення дозволяють розширення існуючих підземних просторів без суттєвого впливу на наземну інфраструктуру.

Екологічний вимір адаптивності пов'язаний із впровадженням природних механізмів регуляції мікроклімату. Використання енергоефективних матеріалів, технологій рекуперації тепла, природної вентиляції, біофільтраційних систем і повторного використання ресурсів забезпечує зменшення екологічного навантаження. Особливе місце займають прийоми біофільного дизайну, спрямовані на інтеграцію зелених насаджень, вертикальних садів і водних елементів у підземне середовище. Такі рішення не лише поліпшують якість повітря, але й створюють сприятливі умови для перебування людей. Таким чином, принцип адаптивності виступає ключовим інструментом у проектуванні підземних громадських просторів, сприяючи їхній стійкості, гнучкості та гармонійній інтеграції в урбаністичний контекст. Реалізація адаптивних рішень дає змогу формувати інклюзивні, енергоефективні й екологічно збалансовані простори, які відповідають сучасним викликам містобудування й потребам суспільства.[31]

Зростаюче значення підземних комплексів у сучасних містах зумовлено їхньою здатністю не лише раціонально використовувати обмежені території, але й розвантажувати наземну інфраструктуру. Такі споруди створюють можливості для комфортних зон відпочинку, торговельних площ, бізнес-просторів і транспортних вузлів.

У мегаполісах, де кожен квадратний метр землі має значну цінність, підземний простір розглядається як стратегічний ресурс, що вимагає ефективного

використання. Планувальна структура має забезпечувати логічне функціональне зонування, зручну навігацію та легкий доступ до ключових зон. Наприклад, у торговельно-розважальних комплексах необхідно передбачити рівномірний розподіл людських потоків, комфортні маршрути руху, інтуїтивно зрозумілу навігаційну систему та зручне розташування точок входу й виходу. У транспортних вузлах головне завдання полягає у формуванні ефективної мережі пішохідних коридорів для мінімізації часу пересування між станціями метро, автобусними зупинками чи паркінгами. Натомість у розважальних і культурних об'єктах акцент робиться на забезпеченні сприятливого акустичного середовища, оптимального освітлення та ефективної вентиляції, що позитивно впливає на сприйняття простору й комфорт відвідувачів.

Однією з основних проблем підземного середовища є відсутність природного освітлення, що суттєво погіршує якість просторового сприйняття й фізіологічний комфорт користувачів. Для вирішення цієї проблеми застосовуються різноманітні архітектурні та технологічні рішення: світлові колодязі, прозорі конструкції, дзеркальні поверхні й світлові тунелі, які дозволяють використовувати природне світло навіть на значній глибині. Активно впроваджуються сучасні системи штучного освітлення, зокрема LED-технології з адаптивним регулюванням кольорової температури залежно від біоритмів людини. Це не лише забезпечує відповідність освітлення природному циклу дня й ночі, але й сприяє створенню комфортної атмосфери і кращій орієнтації у просторі.

Організація вертикального та горизонтального транспорту є ключовою складовою при проектуванні підземних споруд. У таких об'єктах широко застосовуються високошвидкісні ліфти, ескалатори, траволатори та сходи для забезпечення швидкого й зручного пересування між рівнями. Особливу увагу приділяють доступності для людей з інвалідністю та інших маломобільних груп населення. Включення елементів безбар'єрного простору [23].

Особливої уваги вимагають системи вентиляції та кондиціонування. Через обмежену природну циркуляцію повітря в підземних спорудах необхідно впроваджувати ефективні механічні вентиляційні системи, які забезпечують

стабільний повітрообмін, підтримання належної температури та рівня вологості. Додатково використання багаторівневих фільтраційних систем дозволяє очищати повітря від пилу, вуглекислого газу та летких органічних сполук, що є особливо важливим у місцях із великим скупченням людей.

Проектування підземних громадських комплексів також включає принципи сталого розвитку. Енергоефективні матеріали, відновлювальні джерела енергії, рекупераційні системи для утилізації тепла та автоматизовані системи управління енергоспоживанням сприяють значному зменшенню витрат ресурсів і мінімізації впливу на довкілля. Застосування «зелених» технологій, таких як збирання дощової води, пасивне охолодження та природна вентиляція, створює екологічно безпечні та комфортні умови для перебування людей у таких просторах. [18]

Таким чином, проектування підземних громадських комплексів є багатоаспектним і складним завданням, яке потребує врахування технічних, конструктивних, інженерних і соціальних аспектів (рис. 2.6).



Рис.2.6. Особливості проектування підземних громадських комплексів

Завдяки використанню сучасних технологій, інноваційних матеріалів, ефективних інженерних рішень та принципів сталості, такі комплекси стають не лише функціональними та привабливими, але й органічно інтегрованими в міський ландшафт, покращуючи якість життя мешканців і сприяючи розвитку сучасних міст.

Висновки до розділу 2

У розділі висвітлюються методичні основи проектування підземних громадських комплексів, охоплюючи методику їхнього проектування, функціональну організацію, екологічні аспекти та інтеграцію з міським середовищем. Оцінка екологічних показників підземних громадських комплексів є багатофакторним процесом, що включає не лише оцінку енергоефективності та екологічності матеріалів, але й розробку комплексних рішень щодо вентиляції, освітлення, управління відходами та інтеграції природного середовища.

Завдяки впровадженню інноваційних технологій та архітектурних рішень сучасні підземні комплекси можуть стати екологічно сталими, комфортними та енергоефективними просторами, що гармонійно вписуються у міське середовище.

Акцентується увага на важливості інтеграції підземних комплексів у міську структуру, враховуючи транспортні зв'язки, доступ до пішохідних зон, ефективність використання простору та питання безпеки.

Підкреслюється значення природного та штучного освітлення, оскільки недостатня інсоляція може негативно впливати на комфортність перебування. Використання світлових шахт, дзеркальних поверхонь і регульованого LED-освітлення сприяє створенню сприятливого мікроклімату. Окремо розглянуто аспекти екологічної стійкості підземних споруд.

Сформовано, також, принципи та особливості формування підземних громадських комплексів, які базуються на гармонійному поєднанні функціональності, безпеки, екологічності, енергоефективності та естетики. Врахування всіх зазначених факторів дозволяє створювати комфортні, сучасні та

безпечні підземні простори, які ефективно інтегруються у міське середовище та сприяють його сталому розвитку.

Додатково варто зазначити, що перспективи розвитку підземних громадських комплексів значною мірою залежать від інновацій у галузі будівельних технологій та інженерних рішень.

Впровадження розумних систем автоматизації управління, застосування роботизованих технологій обслуговування, адаптивних систем освітлення та вентиляції значно покращує комфорт та ефективність використання таких просторів.

Також, важливим є питання інтеграції підземних комплексів у загальну концепцію сталого розвитку міст, що сприятиме розвантаженню наземної інфраструктури та підвищенню якості життя населення.

Енергоефективні технології, такі як системи рекуперації тепла, геотермальні насоси та повторне використання дощової води, дозволяють зменшити витрати експлуатації й екологічний слід громадських споруд. Дослідження також звертає увагу на забезпечення акустичного комфорту й мінімізацію шумового забруднення, що особливо критично для підземних транспортних вузлів і торговельно-розважальних комплексів.

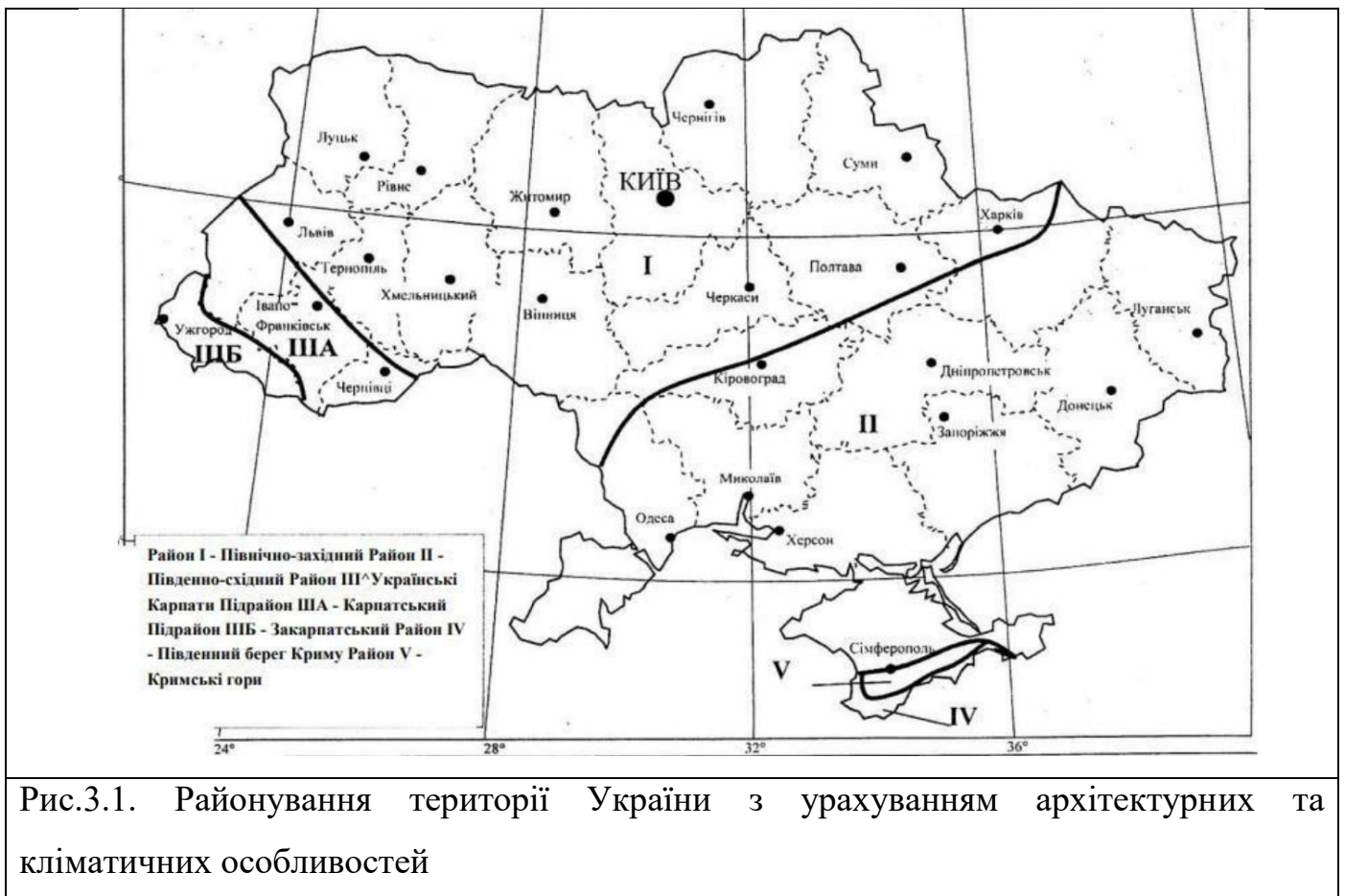
Питання безпеки займають важливе місце: ефективні евакуаційні шляхи, сучасні протипожежні системи, контроль доступу й автоматизоване управління потоками людей мінімізують ризики перенавантаження зон і сприяють координації руху в разі надзвичайних ситуацій.

Отже, проєктування підземних громадських комплексів потребує цілісного підходу, який об'єднує функціональне, екологічне, інженерне та соціальне планування. Завдяки сучасним технологіям, адаптивним архітектурним рішенням і стійким матеріалам підземні споруди можуть органічно інтегруватися в міське середовище, підтримуючи сталий розвиток мегаполісів і покращуючи умови життя мешканців.

РОЗДІЛ 3. ОСОБЛИВОСТІ ПРОЕКТУВАННЯ ПІДЗЕМНИХ ГРОМАДСЬКИХ КОМПЛЕКСІВ

3.1. Містобудівне обґрунтування та вирішення генерального плану

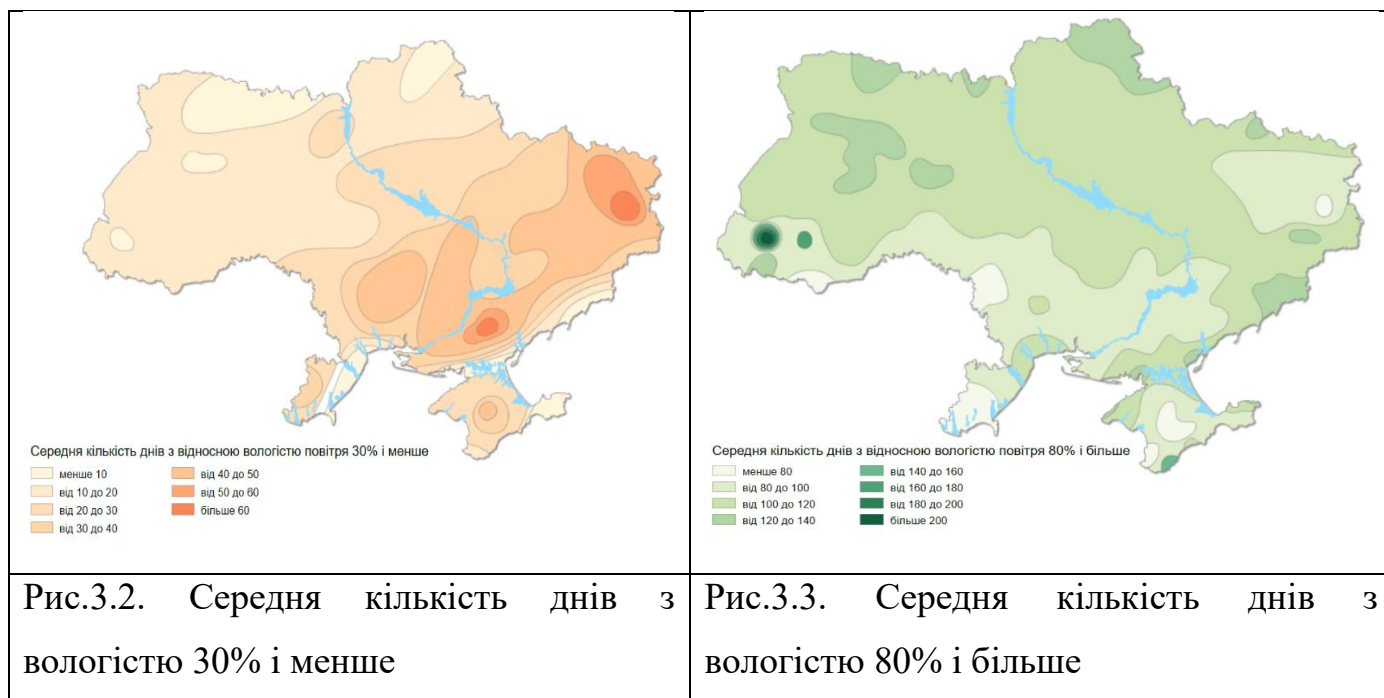
Ділянка проектування житлового комплексу розташована в місті Київ серед транспортної розв'язки на виїзді з міста на вулиці Харківське шосе. Клімат Києва відноситься до помірно-континентального типу, з середньою температурою близько $-3,5\text{ }^{\circ}\text{C}$ у січні та $+20,5\text{ }^{\circ}\text{C}$ у липні. Абсолютні температурні показники варіюються від мінімуму $-32,2\text{ }^{\circ}\text{C}$ до максимуму приблизно $+39,9\text{ }^{\circ}\text{C}$.



У Києві середньорічна кількість опадів становить приблизно 600–700 мм.

Середньорічна вологість повітря у Києві варіюється в межах 73-77%. Найвищі показники фіксуються восени та взимку, досягаючи 80-90. Протягом осені та весни

вологість зазвичай коливається в межах 70-80%, залежно від погодних умов та інтенсивності опадів.(рис.3.2.)(рис.3.3.)



Розташування в місті

Ділянка проєктування розташована у Дарницькому районі м. Києва, на лівому березі .Має зручне транспортне сполучення. Межі ділянки проходять таким чином:

- На півночі — з Харківським шосе, яке забезпечує вихід до центральних районів міста;
- На півдні — з лісопарковою зоною, поблизу якої розташований житловий комплекс «Східна Брама»;
- На сході — з вулицею Бориспільською та зеленою зоною поблизу місця відпочинку «Червоний хутір»;
- На заході — з транспортною круговою розв’язкою на перетині Бориспільської вулиці та Харківського шосе, яка є важливим вузлом виїзду з міста у напрямку аеропорту «Бориспіль» (траса Е40). Розв’язка включає підземні та надземні естакади, що забезпечують безперервний рух транспорту.

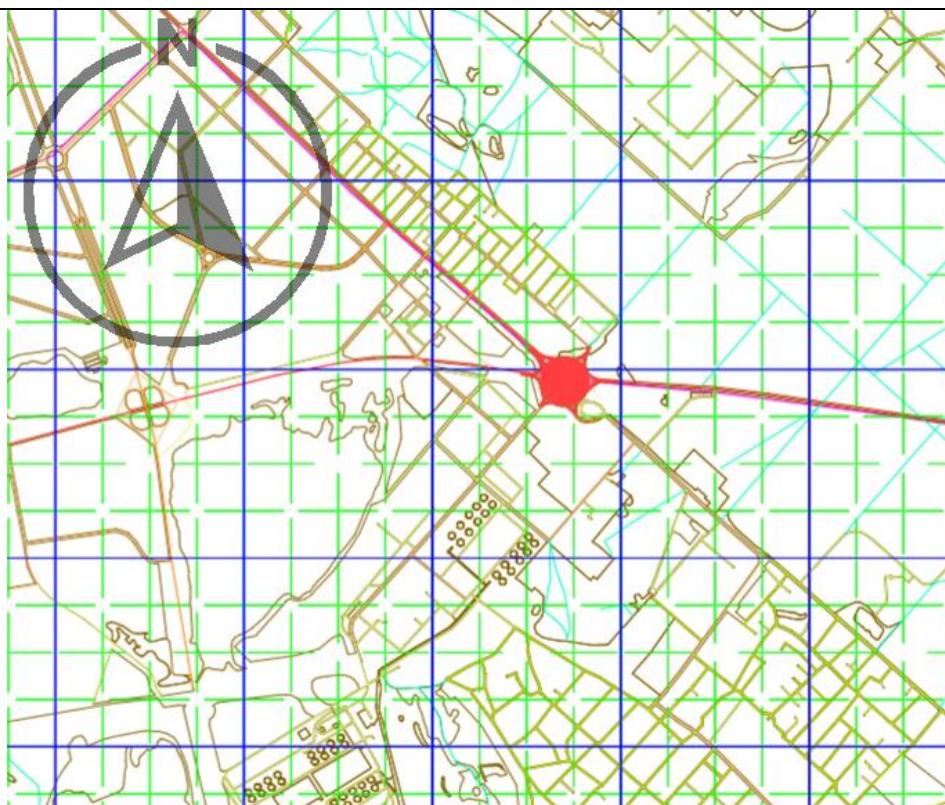


Рис. 3.4. Ситуаційний план.



Рис. 3.5. Функціональне зонування



3.6. Топографічна зйомка.

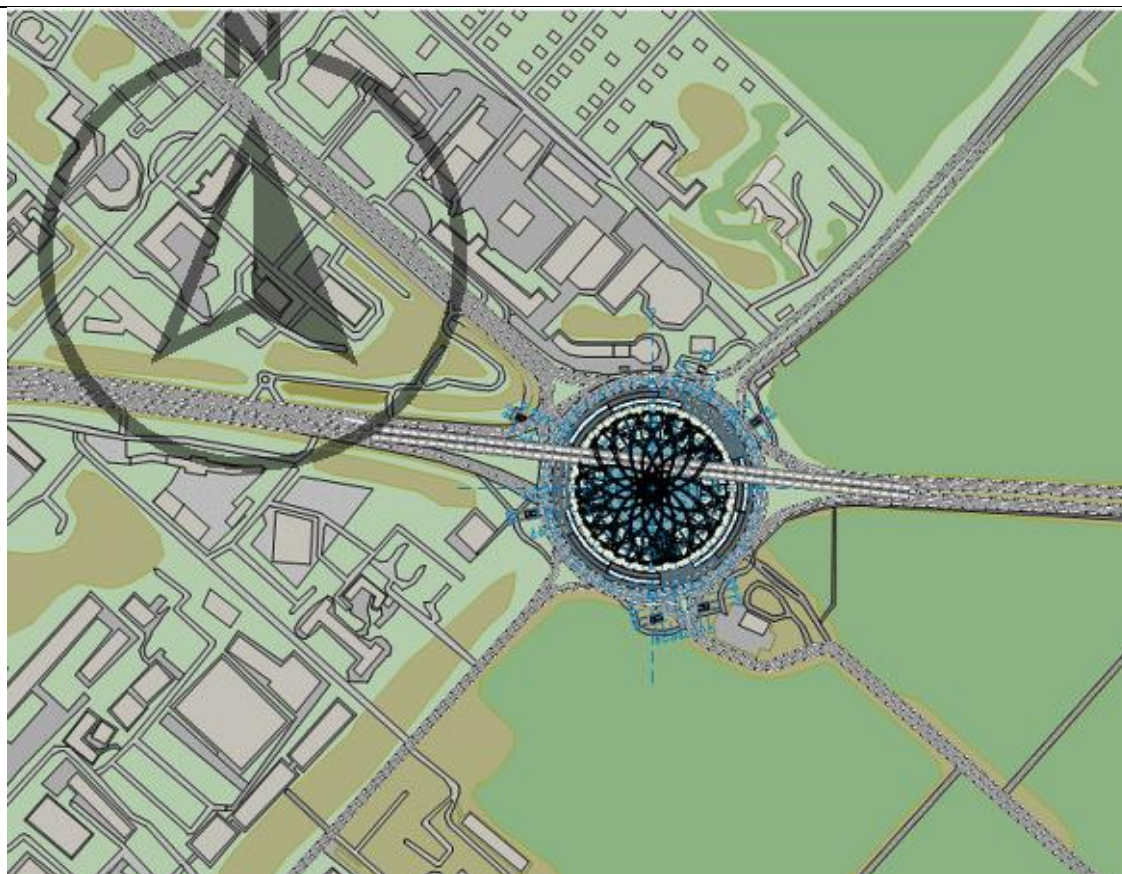
Генеральний план

В генеральний план включаються наступні компоненти:

1. Вертикальні комунікації
3. Паркова зона
4. Дитячий майданчик
5. Зона відпочинку
6. Зона вивозу сміття
7. Дорожно транспортна розв'язка

На генеральному плані показано дорожньо-транспортну розв'язку, з в'їздами в підземну частину комплексу, в середині розташована паркова зона та вертикальні комунікації для пересування по поверхам комплексу (рис. 3.7).

В проекті запроектовано підземний паркінг та сховище на -2-гому поверсі. Також в середині парку запроектовано в'їзд пожежної машини та вивозу сміття. У складі проекту передбачено загальнодоступні приміщення, зони відпочинку, дитячі майданчики, та місця для прогулянок.



3.7. Генеральний план.

Використання підземного простору для громадських об'єктів дозволяє вирішити багато урбаністичних проблем, зокрема нестачу міських територій, перенасиченість транспортної інфраструктури, необхідність збереження історичної забудови та природних ландшафтів. Однак, проектування таких споруд потребує особливих підходів до організації простору, вентиляції, освітлення, безпеки, енергозбереження та гідроізоляції.

3.2. Функціонально-планувальні рішення громадського комплексу.

Підземні комплекси набувають дедалі більшого значення в сучасних містах, адже вони дозволяють не лише оптимізувати використання територій, а й розвантажити наземну інфраструктуру, створити комфортні зони для відпочинку,

торгівлі, бізнесу та громадського транспорту. У мегаполісах, де кожен квадратний метр землі має високу вартість, підземний простір стає важливим ресурсом, який необхідно максимально ефективно використовувати. Тому проектування таких споруд вимагає комплексного підходу, що враховує як технічні особливості будівництва, так і соціально-економічні аспекти їхньої експлуатації.

Просторово-планувальні рішення підземних громадських комплексів базуються на принципах раціонального використання простору, ергономіки, безпеки та інтеграції з міською інфраструктурою.

Планувальна структура таких об'єктів повинна забезпечувати логічне зонування, зручну навігацію та швидкий доступ до ключових функціональних зон.

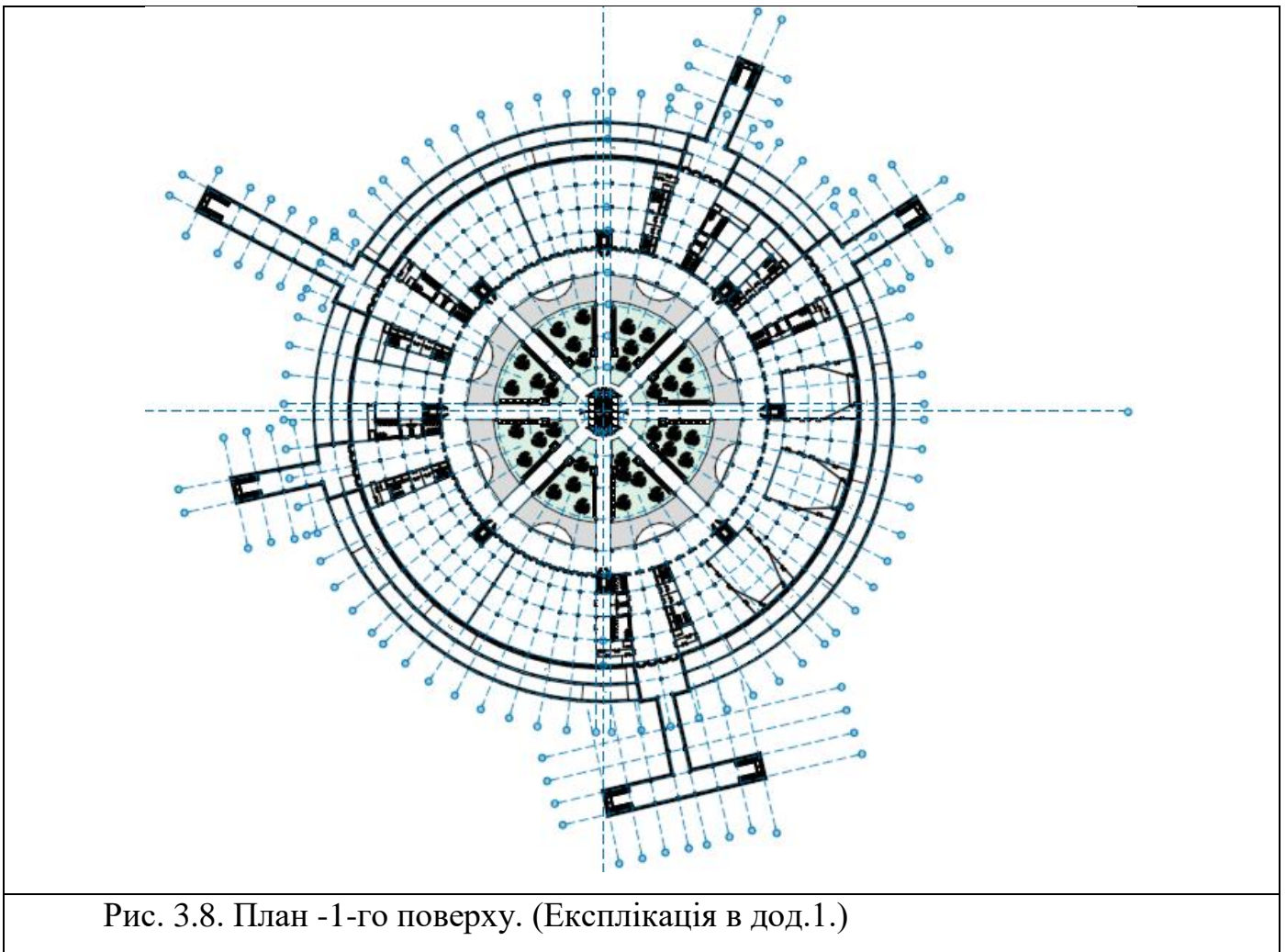
У транспортних вузлах основним завданням є створення ефективної мережі пішохідних коридорів, що мінімізують час пересування між станціями метро, автобусними зупинками, паркінгами та іншими транспортними об'єктами.

У розважальних і культурних комплексах необхідно забезпечити комфортне акустичне середовище, достатній рівень освітлення та ефективну вентиляцію, які позитивно впливають на сприйняття простору та психологічний комфорт відвідувачів.

Однією з основних проблем підземного середовища є відсутність природного освітлення, щоб компенсувати цей недолік, застосовуються різні архітектурні рішення, серед яких світлові колодязі, світлопрозорі конструкції, дзеркальні поверхні та світлові тунелі, що дозволяють використовувати сонячне світло на глибоких рівнях підземних приміщень. Використання інтелектуальних світлових сценаріїв сприяє зменшенню психологічного дискомфорту, підвищенню орієнтації у просторі та створенню приємної атмосфери. Важливу роль у проектуванні підземних комплексів відіграє організація вертикального та горизонтального транспорту. Тому в проєкті було враховано максимальна кількість особливостей.

На -1-му поверсі розташовані не житлові приміщення такі як :приміщення під великогабаритні магазини на кшталт JYSK, Сільпо, Будинок іграшок та Епіцентр (рис.3.8).

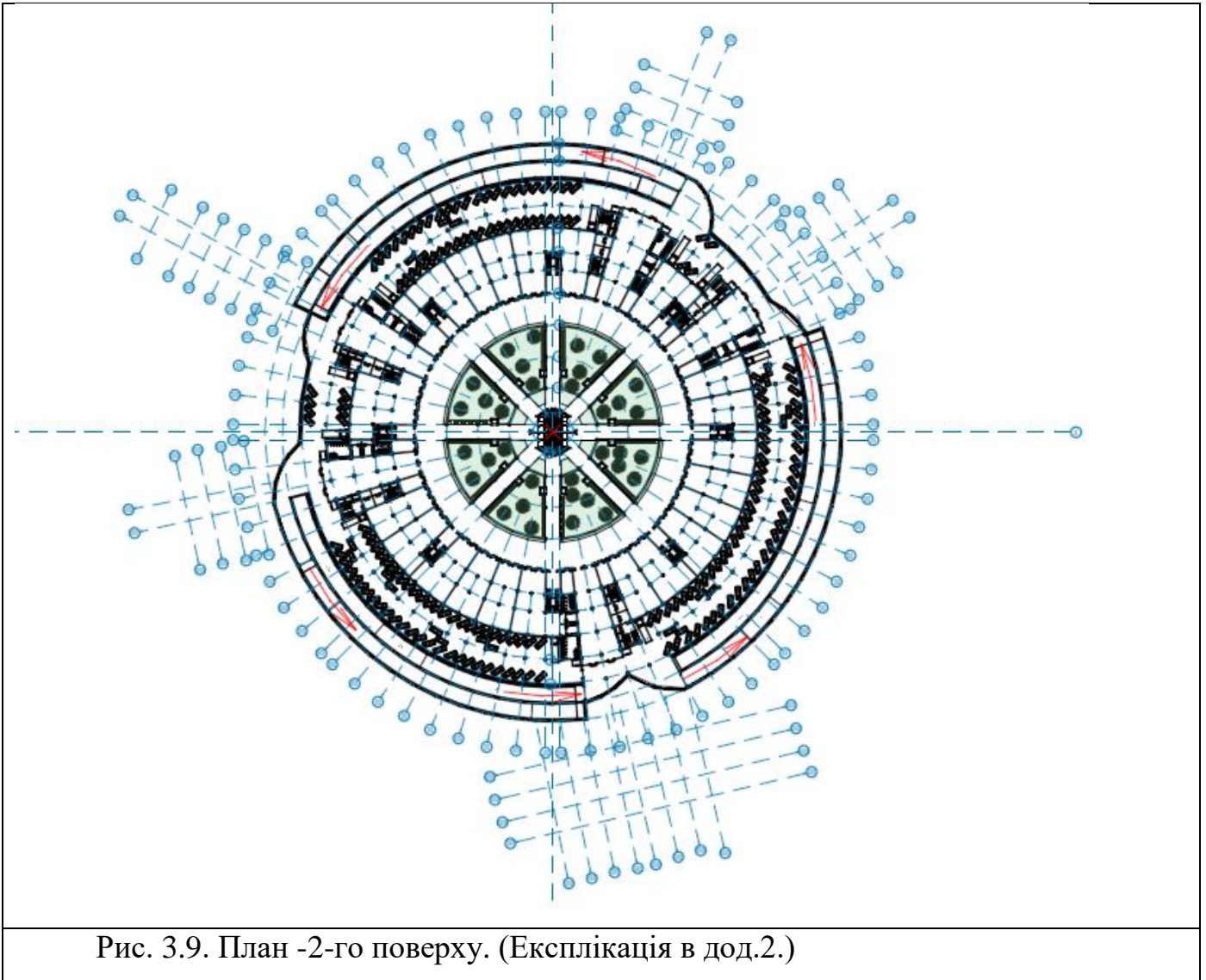
Також передбачено кінотеатр де між залами знаходяться розважальні дитячі кімнати. Та окремо виражені дві алеї футкортів в різних частинах комплексу по 6 ресторанів з кожної сторони. Основний потік людей в середину буде відбуватися через підземні коридори з входами та виходами за межами комплексу. Також на передбачено паркінг на -2 поверсі з якого можна потрапити в комплекс за допомогою вертикальних комунікацій. Площа даного поверху $25606,61\text{м}^2$ без урахування каскадної системи 2-го світла.



На -2-гому поверсі розташовані приміщення під магазини зокрема одягу, аптек, та ін. (рис.3.9).

Вертикальні комунікації зберігаються та з'являються вхідні групи з паркінгу. Паркінг розділений на протипожежні секції в кожній з яких є виїзд на зовні та переїзд в іншу секцію, весь паркінг займає $8491,20\text{м}^2$. Підсумовуючи це

торгівельний поверх через який відбувається транзит людей з паркінгу до всіх інших поверхів комплексу.



Найнижчий та останній поверх комплексу в який можна потрапити через вертикальні комунікації з будь-якого попереднього поверху (рис. 3.10). На поверсі знаходиться зимній сад з деревами та декоративними рослинами які простягаються до самої гори комплексу, та освітлюється сонячним світлом із під скляного куполу. Окрім зони відпочинку та озеленення на поверсі знаходяться приміщення під оренду для магазинів одягу, техніки, аксесуарів, спортивного інвентарю та аптек.

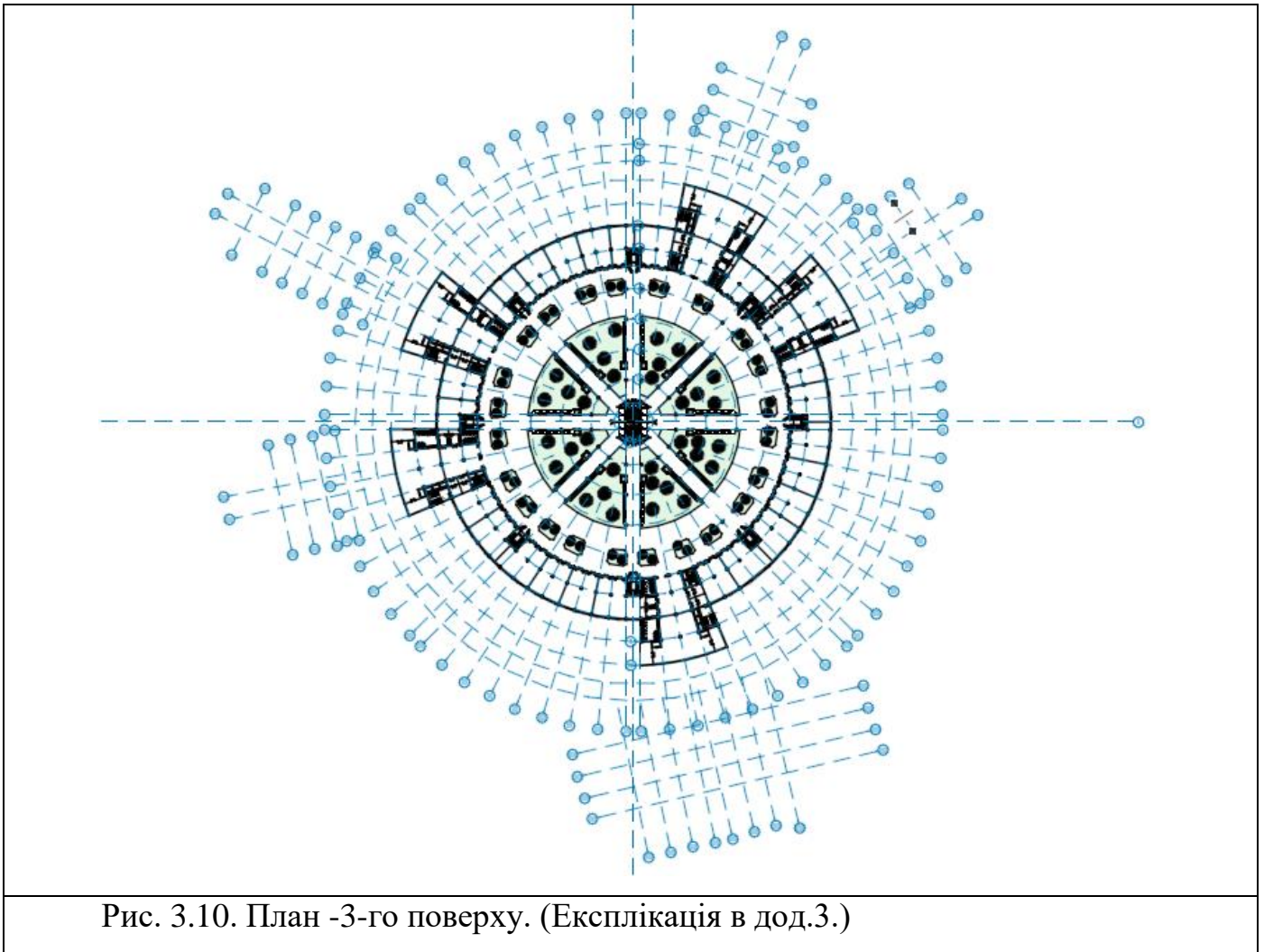


Рис. 3.10. План -3-го поверху. (Експлікація в дод.3.)

3.3. Конструктивна система та інженерне забезпечення підземного громадського комплексу.

Конструктивна система підземного громадського комплексу, виконаного за змішаним типом, поєднує у собі елементи каркасної конструкції з монолітними стінами, що забезпечує необхідну міцність, жорсткість та експлуатаційну надійність у складних міських та гідрогеологічних умовах. У межах такого підходу основним несучим елементом є монолітний залізобетонний каркас, що складається з вертикальних колон і горизонтальних балок, які взаємодіють з просторовими монолітними стінами. Колони встановлюються за сіткою, що визначається функціональним зонуванням приміщень. Монолітні стіни розташовуються по периметру комплексу або у центральних частинах, що виконують функції шахт

ліфтів чи сходових кліток, слугують додатковим засобом стабілізації споруди, підвищуючи її опірність боковому тиску ґрунту, зсувним силам та сейсмічним навантаженням. Тому по всьому контуру споруди передбачена багаторівнева гідроізоляція — з використанням полімерних мембран, бентонітових матів, бетонів із підвищеним класом водонепроникності та ін'єкційних герметиків у зоні стиків. Гідроізоляція проектується з урахуванням тривалого впливу води, агресивного середовища та можливих температурних деформацій.

Інженерні системи підземного комплексу органічно інтегровані в конструктивну структуру [16]. У зв'язку з обмеженою можливістю природної вентиляції, проект передбачає впровадження потужних механічних систем повітрообміну, які забезпечують стабільний мікроклімат. Використовуються багаторівневі фільтраційні системи, що очищують повітря від пилу, вуглекислого газу та шкідливих летких речовин.

Особливу увагу приділено енергоефективності конструкції: застосовуються рекупераційні установки для повторного використання теплової енергії, утеплювачі зі зниженою теплопровідністю у внутрішньому оздобленні, термостабільні матеріали та фасадні елементи з низьким коефіцієнтом тепловтрат.

З метою зниження вібраційного впливу на сусідні будівлі та інженерні мережі, особливо у районах, прилеглих до транспортної інфраструктури (метро, тунелі, залізниця), у конструкцію закладаються антивібраційні платформи, демпфери з полімерних матеріалів та розділювальні прошарки між фундаментом і несучими стінами.

Шумозахист також реалізується за рахунок інтеграції звукопоглинальних панелей, акустичних екранів та оптимізації внутрішнього планування з метою ізоляції джерел шуму. Усе це створює цілісну, адаптивну та технологічну конструктивну систему, яка не лише відповідає високим експлуатаційним вимогам, а й дозволяє гнучко організовувати простір, адаптуватися до складних умов міського середовища та мінімізувати негативний вплив на довкілля.

Просторове планування центру побудоване навколо ідеї відкритості та безперервності. Простір організований навколо великого внутрішнього двору,

накритого прозорим куполом або напівсферою зі скляних або полікарбонатних панелей. Така конструкція забезпечує проникнення природного світла вглиб підземного рівня, створюючи ілюзію знаходження на відкритому повітрі. Це не лише знижує потребу в штучному освітленні, але й позитивно впливає на психологічне сприйняття простору відвідувачами (рис. 3.11).

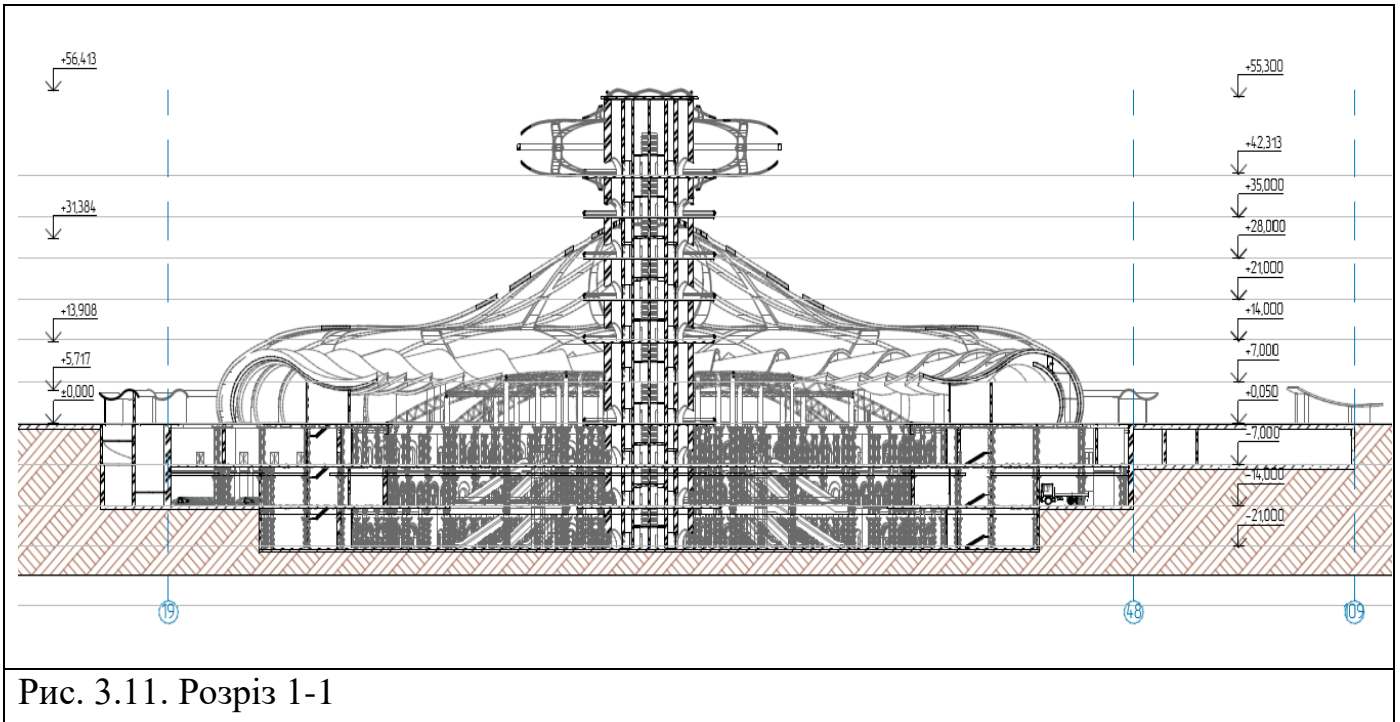


Рис. 3.11. Розріз 1-1

Конструкції надземної частини комплексу мають свою унікальність. Металевий купол є доміантним архітектурним елементом, що формує унікальний образ об'єкта, інтегруючись в урбаністичне середовище. Він виконує не лише декоративну, але й інженерно-функціональну роль — захищає внутрішній простір від атмосферних впливів, забезпечує природне освітлення через прозорі елементи та створює структурну жорсткість усього комплексу. Купол має складну просторову геометрію, утворену сіткою з пересічних елементів, що нагадує біоморфні або параметричні форми, натхненні природою.

Конструктивні особливості металевого купола:

Купол складається з просторової металевої решітчастої конструкції, яка виконується з гнutoзварних або прямолінійних сталевих профілів. Основними несучими елементами є сталеві арки та діагональні стрижні, які утворюють перехресну решітку. Така система працює як оболонка, сприймаючи вертикальні

навантаження (власну вагу, сніг, обслуговуюче навантаження) та горизонтальні впливи (вітер, температурні деформації). Крім того, структура має радіально-концентричну форму, що дозволяє рівномірно розподіляти навантаження на опори, розташовані по периметру (рис.3.12).

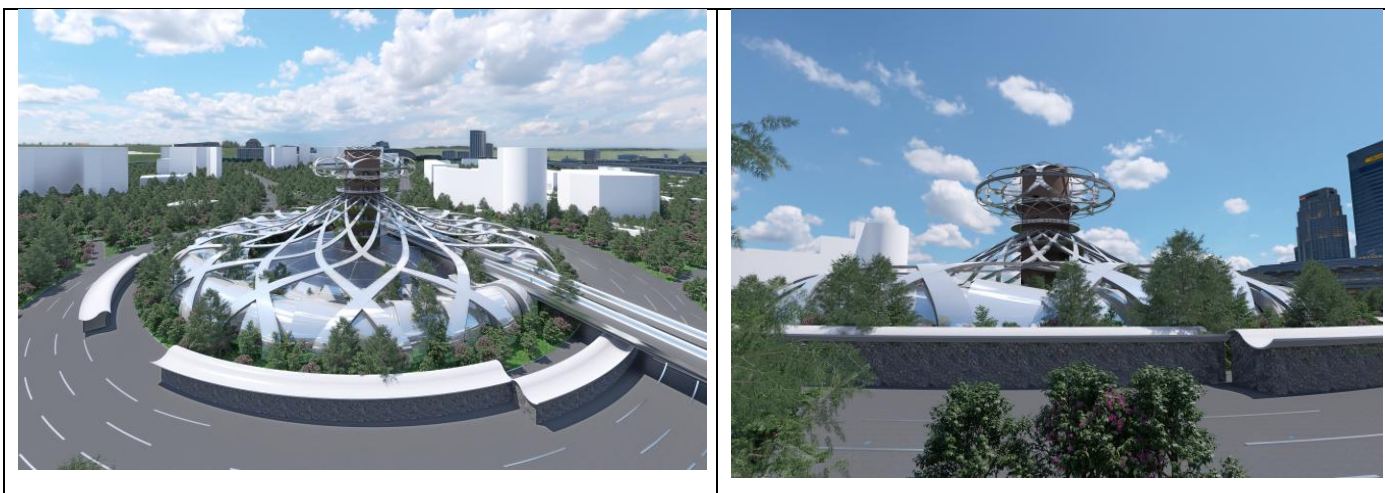


Рис. 3.12. Зовнішній фасад споруди.

Особливу увагу приділено вузлам з'єднання сталевих елементів — вони виконані за допомогою болтових або зварних з'єднань, посилені ребрами жорсткості. В деяких частинах передбачені гнучкі вставки або шарнірні опори, які компенсують температурні деформації та знижують напруження в конструкції.

Металеві конструкції в контексті архітектурного образу:

Метал у даному об'єкті не лише забезпечує міцність, а й формує естетику. Видимі сталеві елементи купола — це частина архітектурного задуму: їхній вигин, ритм і перехрестя створюють ефект “мережива” або “павутини”, що підкреслює сучасність і легкість споруди, незважаючи на її масштаб. Частини конструкції можуть бути виконані з нержавіючої сталі або пофарбованої сталі з полімерним покриттям, що гарантує стійкість до атмосферних впливів і довговічність.

Підземний громадський простір є прикладом сучасної архітектури, що гармонійно поєднує природне середовище з високими технологіями і естетикою сталого розвитку. Незважаючи на своє підземне розташування, інтер'єр простору наповнений світлом, повітрям і життям, що досягається за допомогою численних архітектурних і дизайнерських рішень (рис. 3.13).

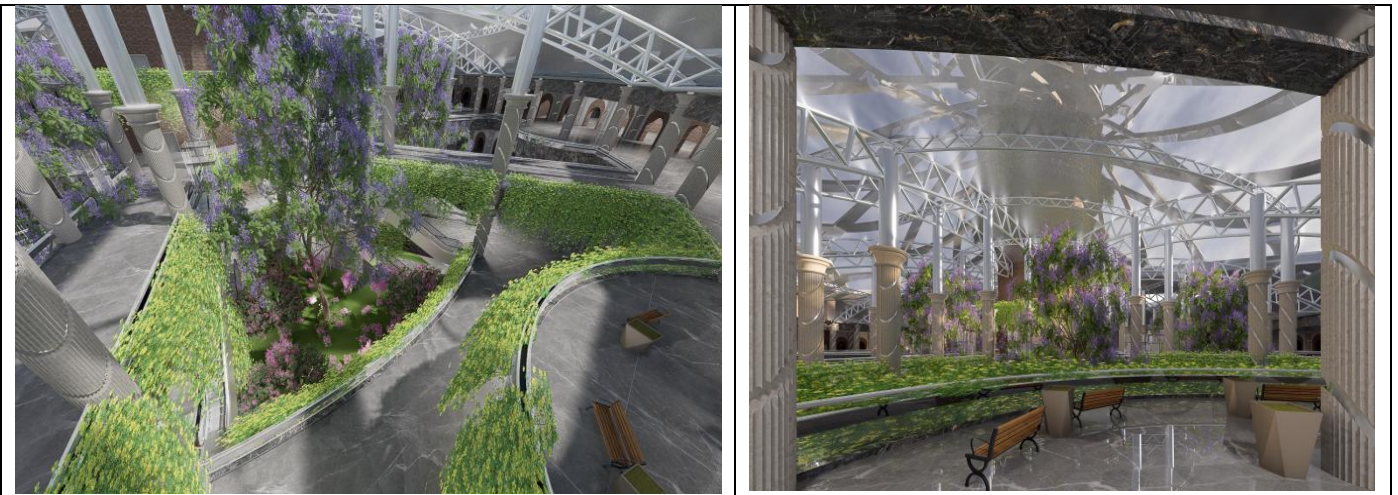


Рис.3.13. Фрагменти інтер'єру

Центральна частина інтер'єру є своєрідним ботанічним садом, де висаджені дерева з пишним фіолетовим цвітінням, імовірно, гліцинії, а також квітучі кущі, газонні ділянки і ґрунтопокривні рослини. Вертикальні сади, що підіймаються вздовж колон і стін, створюють ефект природної оболонки і водночас виконують функцію фітоочищення повітря. На деяких ділянках спостерігається розпилювання водяної пари, що вказує на застосування технологій підтримки мікроклімату. Це сприяє створенню сприятливого середовища для рослин і людей, а також підсилює ефект занурення в природний простір.

Особливу увагу привертають колони, які утримують конструкцію перекриття. Вони мають класичну орнаментальну обробку з канелюрами і спіралеподібними елементами, що створює відчуття монументальності та історичної глибини. Водночас ці колони поєднуються з сучасними металевими фермами, які утворюють складну геометричну структуру купола. Такий контраст між стародавніми архетипами і сучасною інженерією надає простору символічного виміру — єднання минулого і майбутнього.

Простір має кілька рівнів: нижній рівень призначений для вільного пересування і відпочинку, середній рівень утворюють підняті галереї з доступом через сходи або ескалатори, що дозволяють спостерігати за зеленими насадженнями

з різних ракурсів. Це вертикальне зонування не лише урізноманітнює візуальне сприйняття, а й забезпечує функціональне розмежування різних зон активності.

Інтер'єр доповнений зонами відпочинку: дерев'яні лавки на металевих ніжках розміщені в затишних ділянках біля панорамних поручнів, які виконані зі скла або прозорого матеріалу. Підлога виконана з полірованого каменю або мармуру, що віддзеркалює навколишнє середовище та підсилює відчуття простору.

Інтер'єр формується на основі кількох ключових принципів. Насамперед, це *біофільний дизайн* — архітектурний підхід, що інтегрує природу у побут людини для покращення її фізичного і ментального стану. Через використання живих рослин, природного освітлення, вентиляції та водяної пари простір набуває терапевтичного характеру. Наступним принципом є *прозорість та відкритість*: відсутність масивних глухих конструкцій, використання прозорих матеріалів у стінах, дахах та поручнях створює візуальну легкість і просторову безперервність.

Не менш важливим є *поєднання естетики і функціональності*. Архітектура інтер'єру пристосована до щоденного використання. Це досягається за рахунок ергономічного розміщення меблів, достатнього освітлення і зонування простору. І нарешті, концепція сталого розвитку проявляється в екологічності матеріалів, енергоефективних рішеннях і створенні умов для збереження природного балансу навіть у підземному середовищі.

Таким чином, інтер'єр підземного громадського центру є прикладом синтезу природи, інженерної думки та естетики, який не лише виконує функціональні завдання, а й формує середовище нового типу — екологічно відповідальне, психологічно комфортне і технологічно сучасне.

Висновки до розділу 3

З архітектурної точки зору, важливу роль відіграє символічне навантаження об'єкта. Оскільки ця розв'язка є своєрідною «в'їзною брамою» до столиці, архітектурне оформлення має містити елементи, що підкреслюють культурну

ідентичність Києва. Це можуть бути арт-інсталяції, монументальні об'єкти, що мають як естетичну, так і соціально-символічну функцію. Додатково, впровадження ландшафтного дизайну — зелених насаджень, декоративного освітлення, штучних водойм — зробить простір привабливим і комфортним як для мешканців, так і для гостей міста.

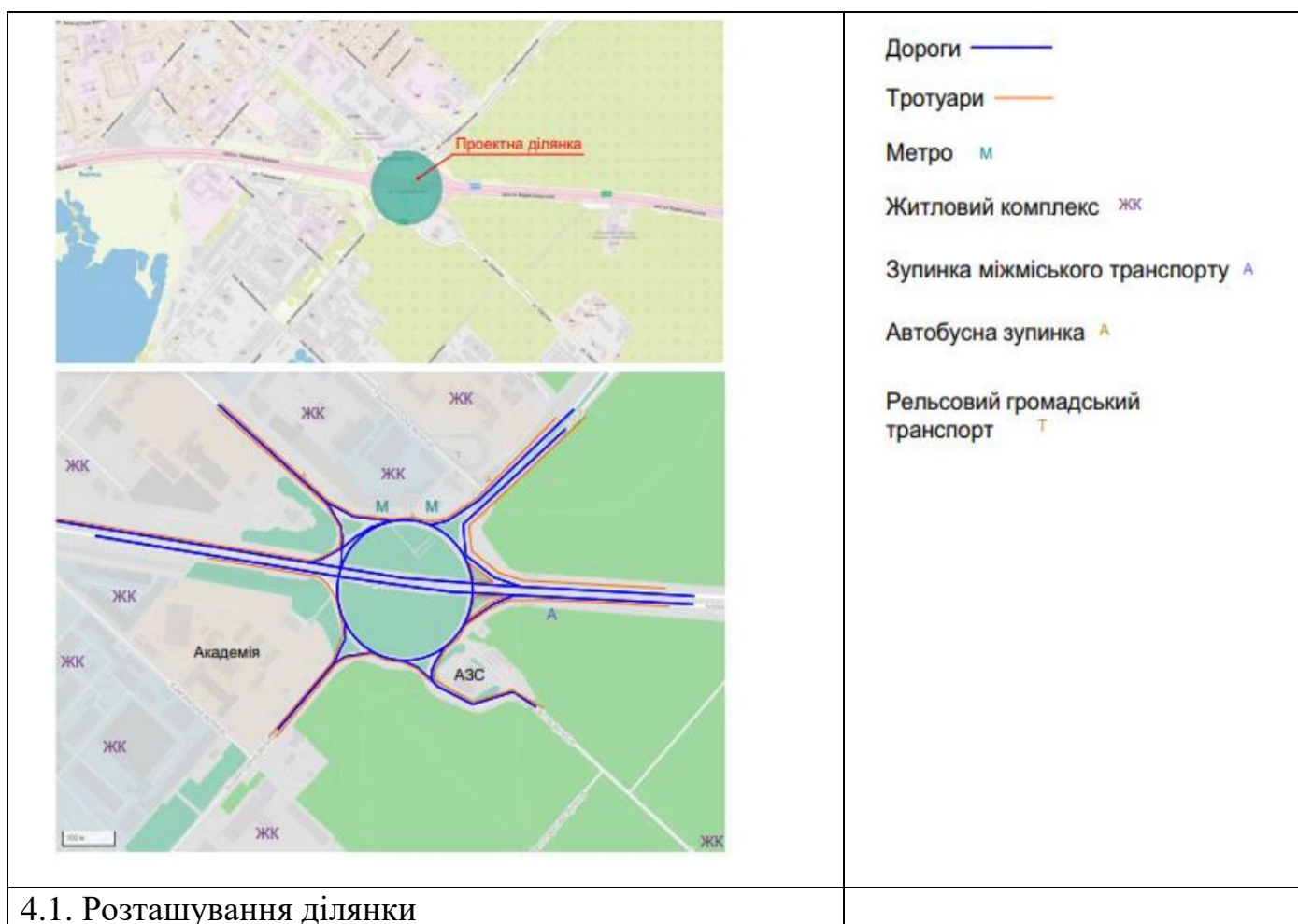
Особлива увага приділена вентиляції, освітленню, вертикальним та горизонтальним комунікаціям, безбар'єрності, протипожежним заходам та енергоефективності.

Разом із тим, реалізація такого масштабного проекту має низку викликів та обмежень. Передусім, необхідно врахувати наявність мереж водопостачання, каналізації, енергозабезпечення, які проходять під територією забудови. Також важливим є вивчення геологічних умов — проведення детальних досліджень ґрунтів і рівня підземних вод. Крім того, висока вартість реалізації вимагає залучення приватних інвесторів або міжнародного фінансування, що потребує ефективного стратегічного планування та державно-приватного партнерства. Таким чином, комплексна забудова кругової розв'язки — це перспективний крок до модернізації міського середовища, який вимагає міждисциплінарної співпраці між органами влади, архітекторами, інженерами, екологами та інвесторами. Її успішна реалізація дозволить створити інноваційний, естетично привабливий і функціонально насичений простір, що стане новою візитівкою Києва.

РОЗДІЛ 4. ЗАХИСТ АРХІТЕКТУРНОГО СЕРЕДОВИЩА ПЛАНУВАЛЬНИМИ ЗАСОБАМИ.

4.1. Містобудівне обґрунтування ділянки проектування

Ділянка для громадського центру з використанням підземної урбанізації знаходиться на території міста Києва - Харківське шосе кругова розв'язка (рис.4.1).



Кругова розв'язка на Харківському шосе є важливим транспортним вузлом, який розташований на південно-східному в'їзді до Києва. Це шосе, як частина магістралі міжнародного значення, пов'язує столицю України з містами на сході країни, зокрема з Харковом. Історично ця локація виконувала функцію в'їзної брами, яка приймала подорожніх і вантажі з регіонів, що економічно і культурно взаємодіяли з Києвом. У минулому, цей напрямок був частиною шляхів, які з'єднували Київ із традиційними торговельними маршрутами.

Після Другої світової війни, коли почався активний розвиток автомобільного транспорту, розбудова дорожньої інфраструктури стала важливим завданням для України, і Харківське шосе стало одним із ключових транспортних коридорів.

Сучасна транспортна функція розв'язки при в'їзді на Харківське шосе є важливим елементом транспортної мережі Києва. Вона вирішує проблему великих транспортних потоків, оптимізуючи їх розподіл і зменшуючи затори. Її круговий формат є стандартним для багатьох подібних розв'язок у світі, оскільки він дозволяє безпечно і швидко перетинати транспортні потоки з мінімальною кількістю зупинок.

Цей об'єкт виконує роль своєрідного «порогу» столиці. Водії, які в'їжджають до Києва з боку Харківського напрямку, сприймають її як символічний початок столиці. У зв'язку з цим, на розв'язках подібного типу часто розташовують монументальні об'єкти чи ландшафтні інсталяції, які відображають культурну ідентичність регіону. У випадку Харківського шосе, околиці поступово перетворюються на зону активного розвитку: тут з'являються сучасні житлові масиви, торговельні центри та промислові об'єкти. Ця розв'язка є також важливим орієнтиром для гостей міста.

Розв'язка розташована поблизу міських житлових районів, тому навантаження на екологічну систему є значним. У Києві активно впроваджуються технології для зниження шкідливих викидів, наприклад, використання екологічних покриттів на дорогах, модернізація транспортних засобів та висадження зелених насаджень уздовж магістралей.

Як і багато інших об'єктів транспортної інфраструктури Києва, розв'язка на Харківському шосе зіштовхується з викликами, пов'язаними з ремонтом і модернізацією: підвищення інтенсивності транспортних потоків, зростання числа приватних авто та загальне збільшення міграції до столиці потребують постійного вдосконалення.

4.2. Загрози природного характеру.

Екологічна ситуація на ділянці має низку важливих аспектів, що визначають її сучасний стан. Основною проблемою є забруднення повітря, яке оцінюється на середньому рівні. Головними джерелами шкідливих речовин залишаються транспортні викиди через інтенсивний рух, зокрема пилові частки (PM2.5, PM10), діоксид азоту (NO₂) та оксид вуглецю (CO). У вересні 2024 року загальний індекс якості повітря у цьому районі склав 57, що вважається помірним рівнем забруднення, проте потребує постійного моніторингу та заходів контролю. До погіршення якості повітря також спричиняються задимлення, викликані пожежами в навколишніх районах (Бориспільський, Чернігівський), дим від яких може досягати столиці залежно від напрямку вітру.

Ще одним значним фактором є *транспортне навантаження*. Інтенсивний потік автомобілів сприяє накопиченню шкідливих речовин у приземному шарі атмосфери, особливо у години пік. Відсутність системних екологічних рішень, таких як розвиток екологічно чистого транспорту або оптимізація трафіку, погіршує ситуацію. Водночас у місті впроваджуються проекти, спрямовані на покращення екологічної ситуації — моніторинг повітря, створення сміттєпереробних систем, розширення зелених зон, однак саме ця ділянка все ще потребує подальших зусиль у напрямку озеленення та зниження рівня забруднення.

Для забудови та модернізації території рекомендовано створення зелених зон навколо розв'язки, що сприятимуть зменшенню концентрації пилу та інших шкідливих речовин. Важливо також інтегрувати екологічні транспортні рішення, як-от велодоріжки та зарядні станції для електромобілів, а також застосовувати сучасні будівельні матеріали, які не створюють додаткового навантаження на довкілля.

Природні загрози на ділянці також мають значення для планування забудови. Геологічна структура території, зокрема наявність лесових ґрунтів, характерних для лівобережної частини Києва, створює ризик просідання ґрунтів за умов підвищеної вологості. Це може спричинити нестабільність основи для будівель. Крім того, підземні води, що залягають на відносно невеликій глибині, можуть створювати

ризика підтоплення або ускладнювати спорудження підземної інфраструктури. У таких умовах необхідно передбачати якісну гідроізоляцію та ефективні дренажні системи.

Серед атмосферних загроз — постійне накопичення пилових часток і діоксиду азоту внаслідок транспортного руху, що за умов слабкої вентиляції повітря підвищує ризик захворювань органів дихання. У відкритих зонах, прилеглих до Харківського шосе, сильні вітри можуть піднімати великі об'єми пилу, особливо у посушливі періоди, погіршуючи мікроклімат території.

До гідрометеорологічних загроз належить ризик підтоплень через інтенсивні короткочасні зливи, спричинені глобальними змінами клімату. Це особливо актуально в умовах недостатньо розвиненої системи зливого водовідведення. У випадку наявності поблизу малих водойм чи дренажних каналів зростає ризик забруднення водних об'єктів внаслідок стоку дощової води з транспортних поверхонь.

Забудова цієї ділянки може також призвести до зниження біорізноманіття, знищення природних зелених зон, що є середовищем існування місцевих рослин і тварин, та загрожує екологічному балансу. Для мінімізації природних загроз необхідно провести детальну геологічну експертизу з урахуванням можливостей зсувів або підтоплень, інвестувати в сучасні системи водовідведення, створити зелені буферні зони для захисту від пилу та ерозії ґрунту, а також запровадити системи моніторингу повітря і води для оперативного реагування на потенційні загрози [26].

Рекомендації для мінімізації природних загроз (рис.4.2)

1. Провести детальну геологічну експертизу для визначення ризику зсувів або підтоплення.
2. Інвестувати в сучасні системи дренажу для захисту від зливових підтоплень.
3. Створити зелені буферні зони, які захищатимуть територію від пилу та зменшать ризик ерозії ґрунту.
4. Розробити план моніторингу повітря та води для своєчасного виявлення загроз.



4.3. Антропогенні загрози для ділянки проектування.

Район інтенсивного транспортного вузла на Харківському шосе стикається з низкою антропогенних загроз, які суттєво впливають на екологічний стан, соціальну ситуацію та функціонування інфраструктури. Однією з основних проблем є транспортні викиди.

Високий рівень автотрафіку призводить до накопичення шкідливих речовин у повітрі, зокрема оксидів азоту (NO_x), діоксиду вуглецю (CO_2) та дрібнодисперсного пилу ($\text{PM}_{2.5}$, PM_{10}), що негативно позначається на здоров'ї мешканців.

Крім того, постійний рух транспорту створює шумове навантаження, яке є хронічним подразником для жителів прилеглих районів, знижуючи якість життя. Урбанізація території також спричиняє суттєві екологічні та соціальні наслідки. Масштабна забудова призводить до знищення зелених зон, що погіршує мікроклімат, знижує рівень біорізноманіття та сприяє виникненню ефекту міського теплового острова.

Одночасно з цим перевантажується інженерна інфраструктура — системи каналізації, водопостачання та енергозабезпечення, що може спричинити збої або навіть аварійні ситуації, особливо в умовах збільшення щільності населення [26].

Ще однією проблемою є невпорядкована забудова, яка часто відбувається без належного просторового планування. Це може спричинити конфлікти між

функціональними зонами, ускладнення транспортного доступу та зниження пішохідної доступності.

Великі площі асфальтованих і бетонованих поверхонь збільшують поверхневий стік дощової води, що підвищує ризики локальних підтоплень під час інтенсивних опадів і порушує природний водний баланс території. Інтенсивний людський та транспортний потік у районі також формує значне навантаження на систему поводження з відходами. За відсутності ефективної інфраструктури для збирання, сортування та утилізації сміття зростає ризик забруднення навколишнього середовища.

Додаткову загрозу становлять стічні води з дорожніх поверхонь, які містять залишки паливно-мастильних матеріалів, важких металів та інших токсичних речовин, що можуть потрапляти в ґрунт і водні об'єкти, погіршуючи їхній екологічний стан. Соціальні й безпекові ризики також є характерними для цього транспортного вузла.

Інтенсивність руху та недостатня організація транспортних потоків підвищують ймовірність дорожньо-транспортних пригод. Водночас відсутність продуманих умов для пішоходів — безпечних переходів, велодоріжок і тротуарів — створює додаткові загрози для мешканців та користувачів інфраструктури, особливо у години пік.

Таким чином, антропогенне навантаження на район Харківського шосе вимагає системного підходу до планування, з урахуванням екологічних, інженерних та соціальних факторів для забезпечення сталого розвитку та безпеки території.

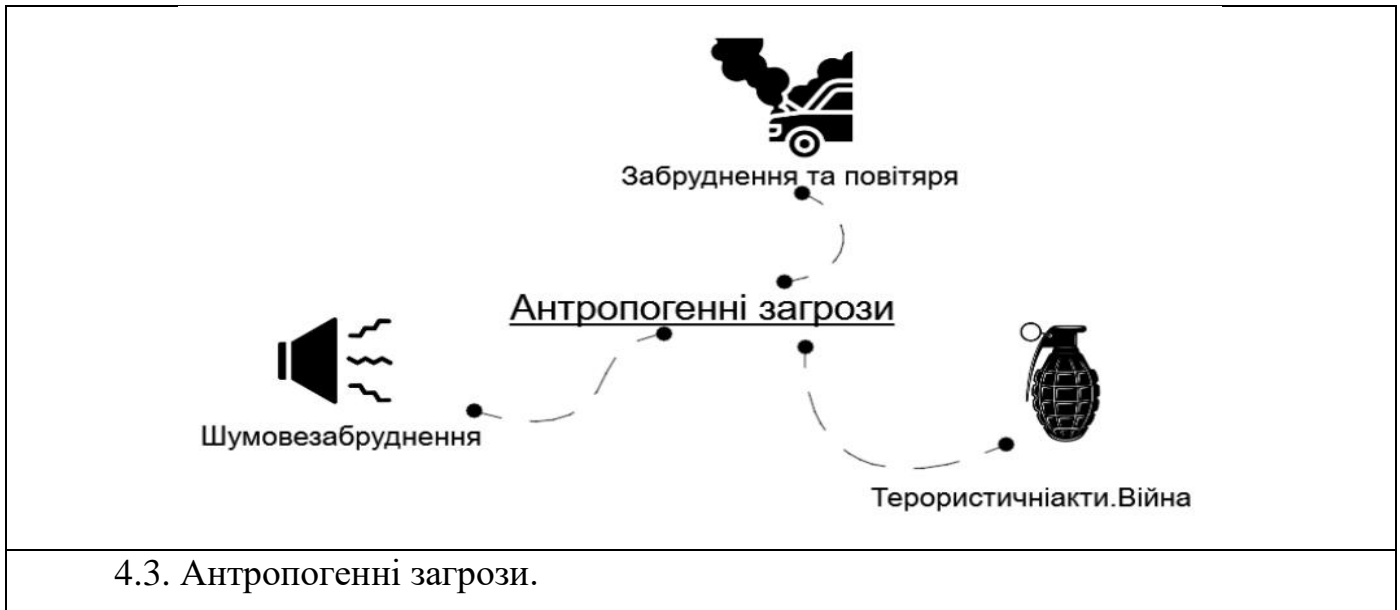
Рекомендації для зменшення антропогенних загроз (рис.4.3)

1. Зелена інфраструктура Розвиток зелених зон і бар'єрів уздовж доріг для покращення якості повітря і шумозахисту.

2. Модернізація інфраструктури Впровадження сучасних систем дренажу, безпечних пішохідних переходів і розвантаження транспортних потоків.

3. Моніторинг екологічного стану Встановлення систем постійного моніторингу якості повітря, води та рівня шуму.

Реалізація цих заходів дозволить значно знизити антропогенне навантаження та створити комфортніше середовище для мешканців і користувачів цієї території [19].



Висновки до розділу 4

Територія кругової дорожньої розв'язки на Харківському шосе при в'їзді в Київ має значний потенціал для розвитку, однак потребує комплексного підходу до планування через наявність природних та антропогенних факторів, які суттєво впливають на стан довкілля, безпеку й ефективність функціонування простору.

Серед природних загроз варто виділити геологічні особливості території — лесові ґрунти, які потребують зміцнення основи перед будь-яким будівництвом, а також високий рівень підземних вод, що створює ризик підтоплення при неефективній дренажній системі. Також слід враховувати гідрометеорологічні ризики, пов'язані з інтенсивними опадами внаслідок кліматичних змін.

Антропогенне навантаження на територію включає значні транспортні викиди, шумове забруднення, перевантаження інженерних систем і хаотичну забудову без належного планування. Відсутність злагодженої інфраструктури та розподілу функціональних зон ускладнює пересування, створює загрози для пішоходів і негативно впливає на загальну якість життєвого середовища.

Попри ці виклики, територія має високий потенціал для сталого розвитку. Перспективними напрямами є створення сучасного підземного комплексу з інтегрованим транспортним хабом, багаторівневими паркінгами та комерційними приміщеннями; розвиток зеленої інфраструктури, що допоможе знизити рівень забруднення й покращити мікроклімат; а також впровадження сучасних екологічних технологій, таких як сонячні панелі, енергоефективні матеріали й розумні системи моніторингу для забезпечення балансу між урбанізацією та екологічною безпекою.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

Забудова території кругової дорожньої розв'язки базується на принципах раціонального функціонального зонування, гармонійного архітектурного оформлення, транспортної інтеграції, екологічної безпеки та врахування реальних викликів і обмежень.

Така забудова формуватиме сучасний імідж Києва та надасть цьому транспортному вузлу додаткової функціональності.

Інтеграція із системою громадського транспорту є обов'язковою умовою успішного функціонування простору. Забудова повинна мати тісний зв'язок з існуючими маршрутами автобусів, трамваїв і метрополітену, а також передбачати можливість створення транспортного хабу. Для розвантаження транспортних потоків необхідно впроваджувати інженерні рішення, які включають підземні або багаторівневі дороги, що допоможе зменшити навантаження на основні магістралі.

Особливу увагу приділено екологічному аспекту проєкту. Важливим є впровадження сучасних еко-технологій: використання зелених дахів, сонячних панелей, систем збору дощової води, а також енергоефективних будівельних матеріалів. Це дозволить зменшити негативний вплив на довкілля та підвищити сталу цінність забудови.

Проєкт демонструє доцільність інтеграції багатофункціонального комплексу в густо забудоване міське середовище, забезпечуючи транспортну доступність, логічне функціональне зонування та комфортне перебування користувачів.

СПИСОК ДЖЕРЕЛ

1. Luola Sports and Events Centre in Savilahti / Architects Davidsson Tarkela. Інтернет ресурс сайт: <https://www.archdaily.com/1025615/luola-sports-and-events-centre-in-savilahti-architects-davidsson-tarkela> (Звернення 16.10.24)
2. Підземне місто. Інтернет ресурс сайт: https://en.wikipedia.org/wiki/Underground_City,_Montreal (Звернення 16.10.24)
3. Дизайнери створили «атмосферу дзен» у найбільшому моллі Сеула. URL: <https://trademaster.ua/zarubezh/29485> (Звернення 16.10.24)
4. "Space Planning for Commercial and Residential Interiors" / Sam Kubba. - McGraw-Hill Professional, 2003-с.524
5. "Architectural Graphic Standards" / The American Institute of Architects. — 12th Edition. — Wiley,- John Wiley & Sons 2016-с.1088
6. "Об'ємно-просторові рішення будівель і споруд" / Є.А. Бакулін, В.М. Бакуліна, Н.О. Костира. Навчальний посібник – Київ: НУБіП України, 2024. – 264 с.,
7. ДБН В.2.2-5:2018. Будинки і споруди. Захисні споруди цивільного захисту. Мінрегіон України. 2018. – с. 52
8. Геєць В. «Архітектурно-планувальні рішення підземних громадських просторів»- ХНУМГ. 2019-с.180
9. Дослідження з енергоефективності підземних споруд у журналах *Energy and Buildings, Sustainable Cities and Society* <https://www.sciencedirect.com/journal/sustainable-cities-and-society> (Звернення 22.10.24)
10. Склад і зміст матеріалів оцінки впливів на навколишнє середовище (ОВНС) ДБН А.2.2-1:2021
11. Davidovits, J. *Geopolymer Chemistry and Applications*. Institut Géopolymère 2015-с.594
12. Всесвітня організація охорони здоров'я (ВООЗ) – Якість питної води https://www.who.int/water_sanitation_health/ (Звернення 08.02.25)
13. Biophilic Design: The Theory, Science and Practice of Bringing Buildings to Life (Stephen Kellert, Judith Heerwagen) Wiley 2008-с.2008

<https://www.amazon.com/Biophilic-Design-Theory-Science-Buildings/dp/0470163342> -

(Звернення 08.02.25)

14. Лях О. А. *Містобудівне освоєння підземного простору великих міст України* – Харків: ХНУМГ, 2019-с.210.

15. Підземні споруди (Г. І. Гайко)

URL:[https://vue.gov.ua/%D0%9F%D1%96%D0%B4%D0%B7%D0%B5%D0%BC%D0%BD%D1%96%D1%81%D0%BF%D0%BE%D1%80%D1%83%D0%B4%D0%B8_\(%D0%93.%D0%86.%D0%93%D0%B0%D0%B9%D0%BA%D0%BE\)](https://vue.gov.ua/%D0%9F%D1%96%D0%B4%D0%B7%D0%B5%D0%BC%D0%BD%D1%96%D1%81%D0%BF%D0%BE%D1%80%D1%83%D0%B4%D0%B8_(%D0%93.%D0%86.%D0%93%D0%B0%D0%B9%D0%BA%D0%BE)) (дата звернення 20.03.25) ВУЄ. 2015-с.320

16. Кузнецов С. В. – *Підземні міста: архітектурне проектування та інженерні системи*. КНУБА. 2020-с.250

17. Ільєнко І. – *Технології сталого будівництва в урбаністичних умовах*. КНУБА. 2021-с.200

18. Underground Space Journal – статті щодо підземного будівництва та інфраструктури. <https://www.sciencedirect.com/journal/underground-space> (Звернення 15.03.25)

19. Jan Gehl – *Cities for People* (акцент на комфортному міському середовищі). Island Press. 2010-с.288

20. Edward Ng (Ed.) – *Designing High-Density Cities for Social and Environmental Sustainability* . Earthscan 2010-с.384

21. Олійник Я. Б. – *Екологічні аспекти сучасного містобудування*. КНУБА.2018-с.190

22. Michael Neuman – *The Compact City Fallacy* (Journal article). Journal of Planning Education and Research 2005-с.15

https://www.researchgate.net/publication/235360441_The_Compact_City_Fallacy

(Звернення 02.04.25)

23. Underground Space Journal – статті щодо підземного будівництва та інфраструктури. Онлайн стаття. 2025-с.45

<https://www.keaipublishing.com/en/journals/underground-space/> (Звернення 02.04.25)

24. Швець І. О. – *Урбаністика: Теорія та практика розвитку міських середовищ*. КНУБА. 2017-220
25. Фесенко П. І. – *Архітектура спеціалізованих підземних споруд*. КНУБА. 2019-с.230.
26. Руденко В. Г. – *Міська інфраструктура та безпека: архітектурні аспекти*. КНУБА. 2020-с.20
27. Кравченко Н. В. – *Містобудівне планування: екологічні пріоритети*. КНУБА. 2018-с.200
28. Thomas Elmqvist et al. – *Urban Planet: Knowledge towards Sustainable Cities*. Cambridge University Press. 2018-с.450 <https://www.cambridge.org/core/books/urban-planet/05E1CEDF6B9DF4E4B95AB8B4474C3C71> (Звернення 06.12.24)
29. Edward Ng (Ed.) – *Designing High-Density Cities for Social and Environmental Sustainability*. <https://www.routledge.com/Designing-High-Density-Cities-For-Social-and-Environmental-Sustainability/Ng/p/book/9781138967441?srsId=AfmBOoojijiAng88IFARxr3GNG54P0VMd7F4NXsv8VATa18fUnSaRAbM> (Звернення 06.12.24)
30. World Green Building Council – *Health, Wellbeing & Productivity in Offices*. WGBC. 2014-с.60 <https://gbc.me/wp-content/uploads/2014/10/WorldGBC-Health-wellbeing-productivity-exec-summary.pdf> (Звернення 06.12.24)

ДОДАТКИ

Додаток.1.

Експлікація першого поверху.

№	Назва	Площа
1	C/B	130,69
2	C/B	136,79
3	C/B	134,07
4	C/B	95,64
5	C/B	114,53
7	C/B	109,84
8	C/B	109,06
9	C/B	105,00
10	C/B	72,05
11	C/B	83,02
12	C/B	129,96
13	Вертикальні Комунікації	157,16
14	Вертикальні Комунікації	43,15
15	Вертикальні Комунікації	43,20
16	Вертикальні Комунікації	43,37
17	Вертикальні Комунікації	144,22
18	Вертикальні Комунікації	147,27
19	Вертикальні Комунікації	43,85
20	Вертикальні Комунікації	43,82
21	Вертикальні Комунікації	43,88
21	Вертикальні Комунікації	155,52
22	Вертикальні Комунікації	156,13
23	Вертикальні Комунікації	43,85
24	Вертикальні Комунікації	43,58
25	Вертикальні Комунікації	122,91
26	Паркова зона	11 383,09
27	Оглядова зона	284,70
28	Купол	8 464,51
		22 584,86

Додаток 2.

Експлікація мінус першого поверху.

№	Назва	Площа	№	Назва	Площа
1	С/В	162,67	23	Вертикальні комунікації	76,01
2	Приміщення	1 646,40	24	Вертикальні комунікації	72,54
2	С/В	153,64	25	Вертикальні комунікації	75,66
3	С/В	154,33	26	Пішогодна зона	11 609,17
4	С/В	140,06	27	Приміщення	1 643,23
5	С/В	162,72	28	Приміщення	1 411,78
6	Вертикальні комунікації	162,48	29	Приміщення	88,00
7	Вертикальні комунікації	37,86	30	Приміщення	48,36
8	Вертикальні комунікації	37,65	31	Приміщення	49,23
9	Вертикальні комунікації	166,95	32	Приміщення	106,50
10	Вертикальні комунікації	38,95	33	Приміщення	58,48
11	Вертикальні комунікації	157,31	34	Приміщення	85,33
12	Вертикальні комунікації	40,83	35	Приміщення	105,63
13	Вертикальні комунікації	40,83	36	Приміщення	90,51
14	Вертикальні комунікації	159,02	37	Приміщення	50,75
15	Вертикальні комунікації	37,63	38	Приміщення	49,95
16	Вертикальні комунікації	162,64	39	Приміщення	87,92
17	Вертикальні комунікації	39,09	40	Приміщення	63,44
18	Вертикальні комунікації	40,95	41	Приміщення	1 687,08
19	Вертикальні комунікації	139,16	42	Кінотеатр	4 227,10
20	Вертикальні комунікації	78,99			25 606,61 м ²
21	Вертикальні комунікації	81,96			
22	Вертикальні комунікації	77,82			

Додаток 3.
Експлікація мінус другого поверху.

№	Назва	Площа	№	Назва	Площа
1	С/В	164,97	25	Приміщення	305,51
2	С/В	155,09	26	Приміщення	306,82
3	С/В	162,88	27	Приміщення	282,34
4	С/В	161,62	28	С/В	162,67
5	Вертикальні комунікації	169,58	29	Приміщення	284,89
6	Вертикальні комунікації	61,12	30	Приміщення	311,19
7	Вертикальні комунікації	160,78	31	Приміщення	301,44
8	Вертикальні комунікації	58,53	32	Приміщення	276,18
9	Вертикальні комунікації	61,19	33	Приміщення	44,63
10	Вертикальні комунікації	162,34	34	Приміщення	42,52
11	Вертикальні комунікації	64,97	35	Приміщення	341,27
12	Вертикальні комунікації	162,64	36	Приміщення	41,79
13	Вертикальні комунікації	50,16	37	Приміщення	43,55
14	Вертикальні комунікації	56,40	38	Приміщення	309,99
15	Вертикальні комунікації	161,03	39	Приміщення	309,51
16	Вертикальні комунікації	122,91	40	Приміщення	280,98
17	Пішогодна зона	7 816,92	41	Приміщення	284,22
18	Приміщення	279,20	42	Приміщення	333,50
19	Приміщення	309,43	43	Приміщення	184,90
20	Приміщення	307,72	44	Приміщення	519,05
21	Приміщення	284,82	45	Приміщення	45,46
22	Приміщення	278,83	46	Приміщення	49,01
23	Приміщення	337,97	47	Паркінг	8 491,20
24	Приміщення	276,18			25 379,90 м ²

Додаток 4.
Експлікація мінус третього поверху.

№	Назва	Площа	№	Назва	Площа
1	С/В	168,72	26	Приміщення	245,35
2	С/В	162,67	26	Приміщення	188,61
4	С/В	162,63	27	Приміщення	220,64
5	С/В	160,37	28	Приміщення	217,65
6	С/В	162,34	29	Приміщення	190,82
7	Вертикальні комунікації	40,83	30	Приміщення	189,79
8	Вертикальні комунікації	40,83	31	Приміщення	221,14
9	Вертикальні комунікації	167,93	32	Приміщення	217,07
10	Вертикальні комунікації	40,83	33	Приміщення	187,63
11	Вертикальні комунікації	161,01	34	Приміщення	245,43
12	Вертикальні комунікації	40,83	35	Приміщення	215,44
13	Вертикальні комунікації	40,83	36	Приміщення	123,61
14	Вертикальні комунікації	162,34	37	Приміщення	184,03
15	Вертикальні комунікації	40,83	38	Приміщення	197,12
16	Вертикальні комунікації	162,64	39	Приміщення	187,78
17	Вертикальні комунікації	40,83	40	Приміщення	150,67
18	Вертикальні комунікації	39,95	41	Приміщення	99,79
19	Вертикальні комунікації	169,58	42	Приміщення	192,30
20	Вертикальні комунікації	127,93	43	Приміщення	150,18
21	Приміщення	193,66	44	Пішогодна зона	10 726,59
22	Приміщення	219,02			17 450,56
23	Приміщення	215,00			м ²
24	Приміщення	184,49			
25	Приміщення	192,83			

