

Вінницький національний технічний університет
(повне найменування вищого навчального закладу)

Факультет будівництва, цивільної та екологічної інженерії
(повне найменування інституту, назва факультету (відділення))

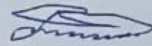
Кафедра будівництва, міського господарства та архітектури
(повна назва кафедри (предметної, циклової комісії))

МАГІСТЕРСЬКА КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на тему:

Розробка раціонального конструктивного рішення підземного паркінгу з
функцією укриття

Виконав: студент 2-го курсу, групи Б-23 м
за спеціальністю 192 – «Будівництво та
цивільна інженерія»



(підпис)

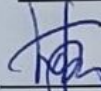
С. А. Гуменний

(ініціали та прізвище)

Керівник

К.Т.Н., доц.

(наукова ступінь, вчене звання)



(підпис)

Ю.С. Бікс

(ініціали та прізвище)

« 18 »

12

2024 р.

Опонент

К.Т.Н., доцент

(наукова ступінь, вчене звання)



(підпис)

Швець В.В.

(ініціали та прізвище)

« 18 »

12

2024 р.

Допущено до захисту
Завідувач кафедри БМГА



К.Т.Н., доц. В. В.

Швець

(підпис)

(ініціали та прізвище)

« 18 »

12

2024 р.

Вінниця ВНТУ – 2024 рік

Вінницький національний технічний університет
(повне найменування вищого навчального закладу)
Факультет Будівництва, цивільної та екологічної інженерії
Кафедра Будівництва, міського господарства та архітектури
Ступінь вищої освіти _____ магістр
Галузь знань _____ 19 _____ Архітектура та будівництво
(шифр і назва)
Спеціальність 192 Будівництво та цивільна інженерія
(шифр і назва)
Освітня програма Промислове та цивільне будівництво

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри БМГА _____

Швець В. В. _____

" 11 " 10 2024 року

ЗАВДАННЯ НА МАГІСТЕРСЬКУ КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ МАГІСТРАНТА

Гуменному Сергію Андрійовичу _____

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема проекту (роботи) _____ Розробка раціонального конструктивного рішення підземного паркінгу з функцією укриття

керівник роботи _____ Бікс Ю. С., к.т.н., доцент,
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом вищого навчального закладу від "17" 09 2024 року № 310

2. Строк подання магістрантом роботи _____ 30.11.2024 р. _____

3. Вихідні дані до роботи Публікації щодо основних функціональних та конструктивних вимог при проєктуванні підземних паркінгів. Архітектурно-будівельні рішення технічного об'єкту проєктування.

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити): Вступ (актуальність та новизна наукових досліджень, об'єкт, предмет, мета і задачі, практична значимість, методи досліджень, апробація)

Огляд світового та вітчизняного досвіду у визначенні ключових параметрів, які необхідно враховувати при проєктуванні підземних паркінгів, інтегрованих для використання в якості тимчасового укриття (вентиляція, автоматизація управління освітленням, наявність засобів резервного живлення, тощо). Аналіз наявної вітчизняної нормативної бази та окремих аспектів наявних технологій, що дозволяють влаштовувати такі об'єкти.

Аналіз впливу вибухової хвилі, конструктивних вимог, наявних інженерних рішень щодо пожежогасіння, повітрообміну, об'ємно-планувальних рішень для забезпечення безпечної евакуації з об'єкту.

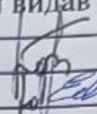
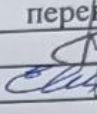
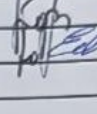
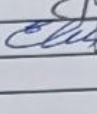
Проведення чисельного моделювання для оцінки рівня армування та конструктивних особливостей щодо влаштування монолітної плити паркінгу, який буде використовуватись у якості тимчасового укриття у багатоповерховій будівлі. Аналіз отриманих результатів, пропозиція основних технологічних рішень по влаштуванню несучих елементів стін, перекриття для реалізації конструктивних заходів для об'єкту технічної частини.

Економічна частина (економічна оцінка варіантів влаштування плити паркінгу, з урахуванням конструктивних заходів, необхідних для забезпечення відповідності чинним нормам проєктування споруд подвійного призначення для цивільних об'єктів.

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень):

1. Науково-дослідний розділ 4-6 арк. (плакати, що ілюструють результати науково-

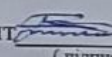
- дослідної роботи)
- Архітектурно-будівельні рішення 1-2 арк. (Фасади, плани, вузли, фрагмент генплану, експлікація об'єктів, ТЕП)
 - Організація будівництва 1-2 арк. (календарний графік, рух машин та механізмів, технологічна карта, експлікація об'єктів).

6. Консультанти розділів роботи			
Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		Завдання видав	Завдання перевірів
1-3,4	Бікс Ю. С. - доцент кафедри БМГА, к.т.н.		
5 (Економіка)	Лялюк О. Г. - доцент кафедри БМГА, к.т.н.		

7. Дата видачі завдання 10.10. 2024 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів магістерської кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Прим.
1	Складання технічного завдання та вступу до МКР	11.10-14.10.24	
2	Науково-дослідна частина	03.09-10.10.24	
3	Архітектурно-будівельні рішення технічного об'єкту	15.10-21.10.24	
4	Другий підрозділ технічної частини	22.10-12.11.24	
5	Економічна частина	13.11-24.11.24	
6	Оформлення МКР	25.11-28.11.24	
7	Подання МКР на кафедру для перевірки та доопрацювання за потреби	29.11-30.11.24	
8	Попередній захист	02.12-03.12.24	
9	Рецензування	04.12-09.12.24	

Магістрант  Гуменний С. А.
(підпис) (прізвище та ініціали)

Керівник роботи  Бікс Ю. С.
(підпис) (прізвище та ініціали)

АНОТАЦІЯ

УДК 621.3.088

Гуменний С. А. Розробка раціонального конструктивного рішення підземного паркінгу з функцією укриття». Магістерська кваліфікаційна робота зі спеціальності 192 – «Будівництво та цивільна інженерія», освітньо-професійна програма – «Будівництво та цивільна інженерія». Вінниця: ВНТУ, 2024. 155 с.

Укр. мовою. Бібліогр.: 50 назв; рис. 35; табл. 1; 9 аркушів граф. частини.

Магістерська кваліфікаційна робота присвячена розробці оптимального конструктивного рішення для підземного паркінгу з функцією укриття, запроєктованого для центральної частини м. Хмельницький (вул. Шевченка, 41).

У роботі досліджено сучасні підходи до проєктування багатофункціональних споруд, зокрема:

застосування фібробетону для підвищення стійкості конструкцій до динамічних навантажень, впровадження багат шарових систем гідроізоляції для захисту від ґрунтових вод, використання автономних систем життєзабезпечення для забезпечення безпеки в надзвичайних ситуаціях, враховано геотехнічні умови території, зокрема типи ґрунтів і рівень підземних вод, характерних для району вул. Шевченка у місті Хмельницькому. Проєктування здійснювалось із урахуванням нормативних вимог (ДБН В.2.3-15:2007, ДБН В.2.2-5:2023) (моделювання вибухової хвилі у вигляді рівномірно розподіленого навантаження інтенсивністю 10 т/м^2). Для створення креслень використано програмне забезпечення AutoCAD, для моделювання архітектурних і конструктивних

рішень — ArchiCAD, а для розрахунків напружено-деформованого стану конструкції — ЛПРА-САПР. Використання цих інструментів дозволило розробити інтегровану 3D-модель підземного паркінгу та оцінити його поведінку під дією динамічних навантажень.

Практична значущість роботи полягає у розробці рекомендацій щодо конструктивних рішень, які: підвищують безпеку споруди на 25% за рахунок застосування фібробетону, мінімізують ризики підтоплення за рахунок використання дренажної системи продуктивністю 3 м³/год; оптимізують витрати на будівництво та експлуатацію через впровадження багат шарових ізоляційних систем і автоматизованих технологій.

Результати дослідження можуть бути використані проєктними організаціями для реалізації інноваційних рішень, місцевими органами влади м. Хмельницький для впровадження стратегій безпеки, а також будівельними компаніями для проєктів у міському середовищі.

Магістерська кваліфікаційна робота містить 14 аркушів графічної частини.

Ключові слова: підземний паркінг, укриття, вибухові навантаження, ArchiCAD, ЛПРА-САПР, фібробетон, проєктування, довговічність, багат шарові системи, оптимізація витрат.

ANNOTATION

Humennyi S. A. "Development of a Rational Structural Solution for an Underground Parking Lot with a Shelter Function."

Master's Qualification Thesis in Specialty 192 – "Construction and Civil Engineering," Educational and Professional Program – "Construction and Civil Engineering."

Vinnitsia: VNTU, 2024. 155 pages. In Ukrainian. Bibliography: 50 titles; Figures: 35; Table: 1; 9 pages of the graphic part.

The master's qualification thesis focuses on developing an optimal structural solution for an underground parking lot with a shelter function designed for the central part of Khmelnytskyi (41 Shevchenko Street).

The study examines modern approaches to the design of multifunctional facilities, specifically: Utilization of fiber-reinforced concrete to improve structural resistance to dynamic loads; Implementation of multilayer waterproofing systems to protect against groundwater; Integration of autonomous life-support systems to ensure safety during emergencies; Consideration of geotechnical conditions, including soil types and groundwater levels characteristic of the Shevchenko Street area in Khmelnytskyi.

The design process adhered to regulatory standards (DBN V.2.3-15:2007, DBN V.2.2-5:2023) regarding the considered influence of explosive loads (peak pressure of 10 t/m²).

For drafting, AutoCAD software was used; for architectural and structural modelling, ArchiCAD; and for stress-strain state calculations, LIRA-SAPR. These tools facilitated the creation of an integrated 3D model of the underground parking lot and an evaluation of its behaviour under dynamic loads.

The thesis's practical significance lies in the development of recommendations for structural solutions that Enhance the facility's safety by

25% through the use of fiber-reinforced concrete, minimize the risk of flooding with a drainage system capacity of 3 m³/hour, and optimize construction and operational costs by employing multilayer insulation systems and automated technologies.

The optimized results can be utilised by design organizations to implement innovative solutions, by local authorities in Khmelnytskyi to develop safety strategies, and by construction companies for urban projects.

The master's qualification thesis includes 14 graphic sheets.

Keywords: underground parking, shelter, explosive loads, AutoCAD, ArchiCAD, LIRA-SAPR, fibre-reinforced concrete, design, durability, multilayer systems, cost optimization.

ЗМІСТ

ВСТУП	10
1. АНАЛІЗ СУЧАСНОГО СТАНУ ТЕОРІЇ ТА ПРАКТИКИ ЗА ТЕМОЮ МАГІСТЕРСЬКОЇ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ	13
1.1 Тенденції розвитку підземних паркінгів у світі	13
1.2. Актуальність будівництва підземного паркінгу з функцією укриття для сучасного міського середовища	19
1.3. Функціональні особливості проектування підземного паркінгу для його використання в якості укриття	30
Висновки до розділу 1	35
2. ЧИННИКИ ВПЛИВУ НА ПРОЄКТУВАННЯ ПІДЗЕМНОГО ПАРКІНГУ З ФУНКЦІЄЮ УКРИТТЯ	36
2.1. Актуальність створення укриттів у містах України та їх інтеграція у житлову забудову	36
2.2. Аналіз нормативної документації на проектування транспортних споруд та захисних споруд цивільного захисту	47
2.3. Вплив вибухового навантаження на конструкцію укриття та теорія вибуху	50
Висновки до розділу 2	60
3. ПЕРСПЕКТИВИ СУМІСНОСТІ ТА ІНТЕГРАЦІЇ ПІДЗЕМНОГО ПАРКІНГУ В АРХІТЕКТУРНУ ЗАБУДОВУ ЖИТЛОВИХ, БІЗНЕС ТА ТОРГОВИХ КОМПЛЕКСІВ	61
3.1. Особливості проектування підземного паркінгу з функцією укриття в існуючій міській забудові	61

3.2. Технологічні тенденції в оснащенні паркінгів як фактор покращення комфорту міського середовища	67
3.3. Екологічні та топографічні умови, що впливають на будівництво підземного паркінгу з функцією укриття	77
3.4. Вирішення проблем комфорту для користувачів підземного паркінгу з функцією укриття	86
Висновки до розділу 3	91
4. ТЕХНІЧНА ЧАСТИНА	92
4.1. Архітектурно-будівельні рішення	92
4.2. Конструктивні рішення з урахуванням вибухових навантажень	104
4.3. Технічне оснащення підземного паркінгу з функцією укриття	124
Висновки до розділу 4	133
5. ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА	136
5.1. Розрахунок виконання певного виду робіт при будівництві паркінгу з функцією укриття	136
Висновки до розділу 5	143
ВИСНОВКИ	145
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	147
Додаток А Протокол перевірки кваліфікаційної роботи	152
Додаток Б Розрахункові таблиці	153
Додаток В Відомість графічної частини	155

ВСТУП

Рациональне використання міського простору є однією з ключових проблем сучасної урбанізації, яка потребує комплексного та інноваційного підходу до планування і проєктування міської інфраструктури. У центральній частині міста Хмельницький, зокрема на вул. Шевченка, 41, спостерігається високий рівень автомобілізації, обмеженість територіальних ресурсів і необхідність забезпечення безпеки населення. Це висуває нові вимоги до інженерно-технічних рішень. У цьому контексті підземні паркінги з інтеграцією функції укриття становлять стратегічно важливий елемент, здатний одночасно вирішувати завдання організації паркувальних зон і забезпечення ефективного захисту населення під час надзвичайних ситуацій.

Актуальність дослідження. Актуальність роботи зумовлена необхідністю створення багатофункціональних інфраструктурних об'єктів, які відповідатимуть сучасним викликам урбаністичного розвитку, зокрема у м. Хмельницький. В умовах щільної забудови центральної частини міста поєднання транспортної та захисної функцій у підземних паркінгах є надзвичайно важливим. З огляду на зростання техногенних і природних ризиків, таких як вибухи, землетруси або військові дії, розробка інноваційних підходів до проєктування таких споруд набуває особливого значення. Крім того, сучасна нормативно-правова база України потребує вдосконалення у частині інтеграції захисних споруд у транспортну інфраструктуру. Вивчення міжнародного досвіду реалізації подібних проєктів та їх адаптація до місцевих умов дозволить значно підвищити якість проєктних рішень у місті Хмельницький.

Метою роботи є розробка раціонального конструктивного рішення для підземного паркінгу з функцією укриття, запроєктованого для вул. Шевченка, 41 у місті Хмельницький, яке відповідатиме сучасним

технічним, економічним та екологічним вимогам. Для досягнення цієї мети визначено такі завдання:

- 1) виконати огляд сучасних підходів до проєктування підземних паркінгів у міжнародній та вітчизняній практиці;
- 2) проаналізувати нормативну базу щодо проєктування транспортних і захисних споруд;
- 3) розробити конструктивні рішення, що враховують вплив вибухових і динамічних навантажень;
- 4) змодельовати параметри паркінгу з використанням сучасного програмного забезпечення;
- 5) провести економічне обґрунтування доцільності впровадження розробленого рішення.

Об'єктом дослідження є монлітна плита перекриття підземного паркінгу з функцією укриття, інтегрованого у структуру житлової забудови на вул. Шевченка, 41 у місті Хмельницький.

Предметом дослідження є інженерно-конструктивні та економічні аспекти проєктування і будівництва таких об'єктів.

Наукова новизна. У роботі запропоновано комплексний підхід до проєктування підземних паркінгів із інтегрованою функцією укриття, адаптований до умов центральної частини м. Хмельницький. Вперше розроблено конструктивні рішення, засновані на використанні фібробетону та багатошарових систем, які забезпечують високу стійкість до динамічних навантажень, вибухових хвиль і сейсмічних впливів. Запропоновано економічно обґрунтовану методику оптимізації витрат на будівництво та експлуатацію, з урахуванням специфіки локальних умов.

Практичне значення. Результати дослідження мають практичну цінність для проєктних організацій, будівельних компаній та органів місцевого самоврядування м. Хмельницький. Запропоновані рекомендації можуть бути використані для розробки нових проєктів або модернізації

існуючих об'єктів транспортної інфраструктури, що забезпечують одночасно паркувальні функції та захист населення. Крім того, запропоновані рішення сприятимуть зниженню експлуатаційних витрат та підвищенню довговічності споруд.

Апробація результатів. Основні положення дослідження були представлені на наукових конференціях, зокрема на Всеукраїнській конференції «Інноваційні рішення в будівництві» (2024 рік).

Публікації.

Основний зміст роботи викладено у тезах конференції

С. А. Гуменний, Ю. С. Бікс Розробка раціонального конструктивного рішення підземного паркінгу з функцією укриття. Інноваційні технології в будівництві-2024 (20.11.2024 – 22.11.2024, Вінниця, 2024). URL: <https://conferences.vntu.edu.ua/index.php/itb/itb2024/paper/view/22695> (дата звернення 18.12.2024)[51].

Структура роботи. Дослідження складається зі вступу, п'яти основних розділів, висновків, списку використаних джерел та додатків. У першому розділі подано аналіз сучасного стану проектування підземних паркінгів. Другий розділ присвячено вивченню чинників, що впливають на конструктивні рішення. У третьому розділі розглянуто перспективи інтеграції підземних паркінгів в архітектурну забудову. Четвертий розділ містить технічну частину, включаючи моделювання параметрів конструкцій, а п'ятий розділ розглядає економічні аспекти проєкту. Додатки містять графічні матеріали, що ілюструють результати дослідження.

1 АНАЛІЗ СУЧАСНОГО СТАНУ ТЕОРІЇ ТА ПРАКТИКИ ЗА ТЕМОЮ МАГІСТЕРСЬКОЇ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ

1.1 Тенденції розвитку підземних паркінгів у світі

У сучасному світі стрімкий розвиток урбанізації вимагає інноваційних підходів до організації міського простору [1]. Зростання щільності забудови, інтенсифікація автомобільного руху та обмеженість територіальних ресурсів створюють численні виклики у сфері транспортної інфраструктури. У зв'язку з цим особливої актуальності набувають підземні паркінги, які дозволяють ефективно використовувати міські території, зберігаючи архітектурний баланс, мінімізуючи вплив на екологію та покращуючи мобільність у мегаполісах [2; 3]. Сучасні підземні паркінги поєднують функціональність, екологічність і технологічну досконалість, ставши невід'ємною частиною інфраструктури багатьох світових столиць. Наприклад, у Стокгольмі вони інтегруються з громадським транспортом, що дозволяє мінімізувати кількість приватних автомобілів у центрі міста, знижуючи рівень заторів і забруднення повітря. У Відні паркінги стають частиною багатофункціональних комплексів, включаючи житлові, комерційні та рекреаційні зони [4]. Особливу увагу слід звернути на нормативну базу, яка регулює проєктування підземних паркінгів. Використання чинних українських ДБН (наприклад, ДБН В.2.3-15:2007) є необхідним, але недостатнім, оскільки вони не завжди враховують сучасні технології та багатофункціональні рішення. У цьому контексті доцільно застосовувати міжнародний досвід, адаптуючи його до місцевих умов [5].

У Стокгольмі підземні паркінги активно інтегруються з громадським транспортом, що дозволяє мінімізувати кількість приватних автомобілів у центрі міста, знижуючи рівень заторів та забруднення повітря. Завдяки використанню сучасних матеріалів, таких як попередньо напружений

залізобетон, шведські інженери створюють споруди, здатні витримувати значні механічні навантаження, включаючи тиск ґрунту і підземних вод.

У Відні підземні паркінги стали частиною багатофункціональних комплексів, що включають житлові та комерційні площі, спортивні та культурні об'єкти. Це дозволяє оптимізувати використання міського простору, забезпечуючи одночасно зручність для мешканців та ефективність забудови[23]. Одним із важливих аспектів є врахування історичної архітектури: паркінги інтегруються в архітектурний ландшафт міста, зберігаючи його унікальність. У США тенденції розвитку підземних паркінгів відповідають викликам великих мегаполісів, таких як Нью-Йорк та Лос-Анджелес. У Нью-Йорку, наприклад, паркінг під Центральним парком є зразком високотехнологічного інфраструктурного об'єкта. Завдяки використанню автоматизованих систем паркування та комплексного підходу до проєктування, вдалося створити об'єкт, який одночасно виконує функції паркувальної зони, укриття та транспортного вузла. Це рішення ґрунтується на широкому застосуванні цифрових технологій для управління трафіком, а також на використанні матеріалів із підвищеною зносостійкістю. В Азії підземні паркінги активно використовують інновації, спрямовані на максимальну автоматизацію. У Токіо роботизовані системи паркування дозволяють значно скоротити час пошуку місця для автомобіля та оптимізувати простір. Застосування компактних платформ для автомобілів дає змогу розміщувати більше транспортних засобів у межах обмеженої території. У Сеулі підземні паркінги часто поєднуються з транспортними хабами, що забезпечує швидке та зручне пересування між різними частинами міста.

Одним із ключових трендів у проєктуванні підземних паркінгів є їх використання як укриттів у надзвичайних ситуаціях. У Швейцарії та Німеччині такі споруди обладнуються системами автономного життєзабезпечення, включаючи резервуари для води, системи очищення

повітря, автономне енергозабезпечення. Це дозволяє використовувати паркінги не лише за їх прямим призначенням, але й як безпечні зони для евакуації населення під час техногенних чи природних катастроф.

Інженерні рішення сучасних підземних паркінгів базуються на використанні передових технологій та матеріалів. Монолітний залізобетон із застосуванням добавок для підвищення водонепроникності гарантує стійкість споруд до впливу ґрунтових вод. Багатошарові гідроізоляційні системи та антикорозійні покриття продовжують термін служби конструкцій навіть у складних геотехнічних умовах [7]. Важливим елементом є також впровадження автоматизованих систем моніторингу, які забезпечують контроль за станом конструкцій у реальному часі.

Екологічність є невід'ємною складовою сучасних підземних паркінгів. У мегаполісах з високою щільністю забудови споруди проєктуються з урахуванням збереження зелених зон, мінімізації впливу на навколишнє середовище та інтеграції з ландшафтним дизайном. Використання енергоефективних технологій, таких як LED-освітлення, сонячні батареї, системи рекуперації тепла, сприяє зменшенню енергоспоживання та вуглецевого сліду об'єктів.

Сучасні підземні паркінги є багатофункціональними інфраструктурними об'єктами, які поєднують функції паркування, безпеки та екологічної стабільності [16]. Вони забезпечують зручність для користувачів, сприяють сталому розвитку міського середовища та відповідають викликам сучасного урбаністичного простору, формуючи інноваційну транспортну інфраструктуру нового покоління.

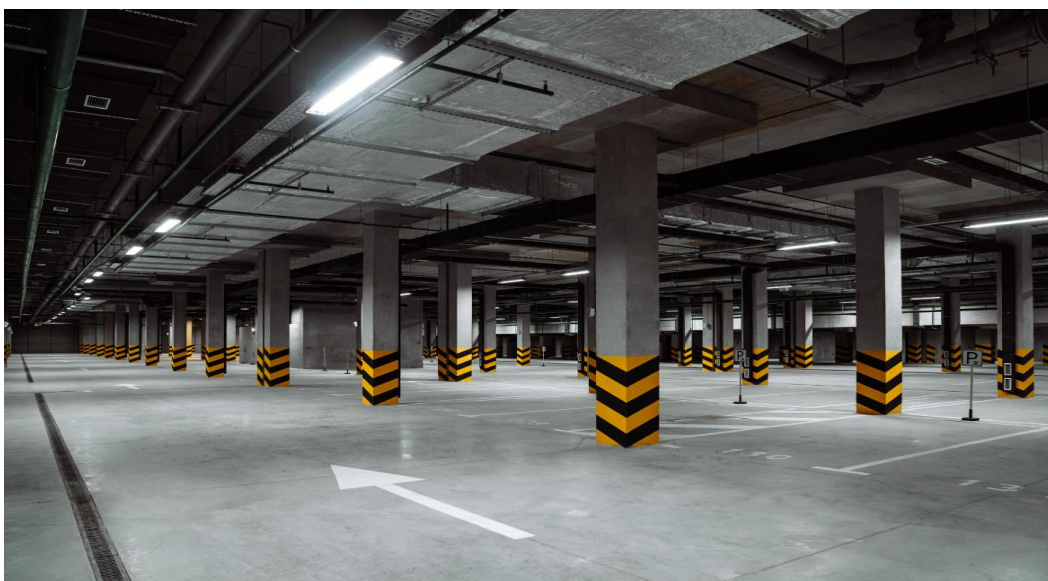


Рисунок 1.1 – Сучасний підземний паркінг із інтегрованими технологіями автоматизованого управління [21].

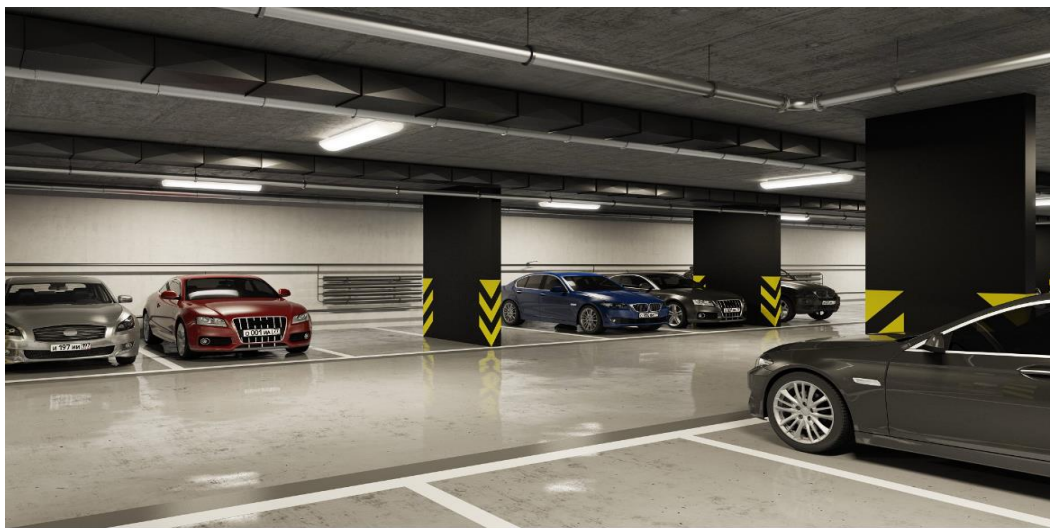


Рисунок 1.2 – Багаторівневий підземний паркінг у Відні, інтегрований у торгово-розважальний центр [4].

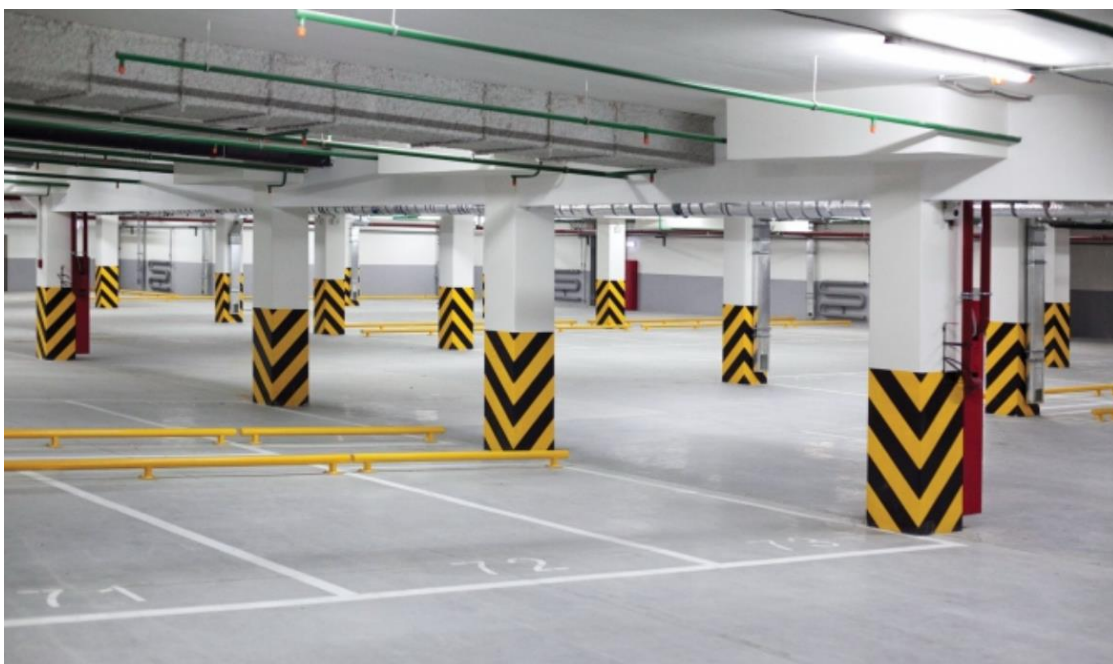


Рисунок 1.3 – Екологічно орієнтований підземний паркінг із зеленою зоною на поверхні (Німеччина)[16].

Підземні паркінги є важливим елементом сучасної інфраструктури великих міст, особливо в умовах щільної забудови центральних районів. У м. Хмельницький їхній розвиток поки знаходиться на початковій стадії, хоча зростання кількості автомобілів, обмеженість міського простору та необхідність створення багатофункціональних споруд роблять такі об'єкти невід'ємною частиною міського середовища. На вул. Шевченка, 41 спостерігається значний дефіцит паркувальних місць, що створює потребу у будівництві підземного паркінгу з додатковою функцією укриття для захисту населення в надзвичайних ситуаціях [8]. Одним із ключових аспектів проєкту є врахування місцевих умов і техногенних загроз. Центральна частина Хмельницького, де розташована вул. Шевченка, є густонаселеною з високою інтенсивністю транспортних потоків. З огляду на сучасні виклики, включаючи техногенні та військові загрози, інтеграція укриттів у підземні паркінги стає стратегічно важливим рішенням для забезпечення безпеки мешканців. Аналіз наявних прикладів. В Україні вже

є реалізовані проєкти підземних паркінгів у великих містах, таких як Київ, Львів та Харків, однак більшість із них мають суттєві недоліки. Наприклад, підземний паркінг на Михайлівській площі в Києві розвантажує прилеглі вулиці, але не забезпечує функцію укриття. У Львові паркінг біля Оперного театру демонструє вдалі рішення з інтеграції в історичне середовище, але високий рівень ґрунтових вод ускладнює його обслуговування. У Харкові підземний паркінг на вул. Сумській є прикладом автоматизованого управління, проте також не виконує функцію укриття.

Усі ці приклади свідчать про необхідність модернізації підземних паркінгів в Україні. Для об'єкта на вул. Шевченка, 41 врахування місцевих геотехнічних умов і впровадження сучасних матеріалів, таких як фібробетон, дозволить створити довговічний і безпечний об'єкт, здатний витримувати динамічні навантаження, включаючи вибухові хвилі. Сучасні вимоги та рішення [21]. Для підземного паркінгу у Хмельницькому особливе значення має інтеграція автономних систем життєзабезпечення. Вентиляційні системи з HEPA-фільтрами, резервні джерела енергопостачання, модулі зберігання води та харчових продуктів дозволять використовувати об'єкт як укриття під час надзвичайних ситуацій. Крім того, автоматизовані системи управління паркуванням допоможуть оптимізувати використання простору та скоротити витрати на експлуатацію. Особливості проєкту для вул. Шевченка, 41. Враховуючи геотехнічні умови, проєкт передбачає використання багат шарових систем гідроізоляції для захисту від ґрунтових вод і монолітного залізобетону для забезпечення стійкості конструкцій. Застосування сучасного програмного забезпечення, такого як LS-DYNA або ANSYS, дозволить моделювати поведінку конструкцій у кризових умовах. Проєктування підземного паркінгу з функцією укриття на вул. Шевченка, 41 у Хмельницькому дозволить вирішити низку інфраструктурних проблем, таких як дефіцит паркувальних місць і забезпечення безпеки населення. Інтеграція сучасних

матеріалів і технологій зробить об'єкт багатофункціональним, довговічним та економічно доцільним для міської інфраструктури.

1.2 Актуальність будівництва підземного паркінгу з функцією укриття для сучасного міського середовища

Актуальність будівництва підземних паркінгів із функцією укриття в сучасному міському середовищі України зумовлена низкою конкретних чинників, що впливають із реальної практики містобудівного розвитку, нових законодавчих вимог, техногенно-військових ризиків та потреби в раціональному використанні міського простору. Зі зростанням автомобільного парку, особливо в обласних центрах і великих мегаполісах, відбувається постійне підвищення інтенсивності транспортних потоків. У столиці, зокрема у центральних та історичних районах Києва, дефіцит паркувальних місць сягає понад половину від загальної потреби, про що свідчать дані міської адміністрації [25]. Схожа ситуація спостерігається у Львові, де особлива увага приділяється збереженню історичного середовища, а будівництво наземних багатоповерхових паркінгів суперечить концепції охорони пам'яток архітектури. У Харкові ж важливим залишається питання техногенної та сейсмічної безпеки, що потребує ретельної уваги до конструктивних рішень і системи захисних заходів.

Окрім проблеми з паркуванням, важливим аспектом є вимоги до забезпечення безпеки цивільного населення під час надзвичайних ситуацій. Українське законодавство, зокрема новий ДБН В.2.2-5:2023, регламентує облаштування захисних споруд цивільного захисту в умовах щільної міської забудови. У зв'язку з тенденціями, що виникли останніми роками, особливо на тлі військових загроз, регулярних повітряних тривог, ракетних атак, технологічних аварій та інших форс-мажорних обставин, міста

повинні передбачати можливість використання інженерних споруд подвійного призначення. Таким чином, підземні паркінги можуть виконувати функцію не лише стоянок для автомобілів, а й стати повноцінними укриттями для населення. Можливість швидкого доступу до захисної споруди, розташованої неподалік важливих адміністративних будівель, станцій метро чи громадських просторів, надає додатковий рівень безпеки, суттєво зменшує ризик жертв та мінімізує час евакуації людей до безпечних зон. Аналізуючи досвід розвинених країн, важливо відзначити, що у Швейцарії підземні автостоянки, розраховані на тривале використання, часто комплектуються системами герметичних штор, фільтровентиляційного обладнання та інженерних рішень, що дозволяють швидко переобладнати простір паркінгу під бомбосховище. Подібна практика надає Україні зразок для наслідування, зважаючи на потребу в адаптації аналогічних технічних рішень згідно з українськими нормами ДБН, ДСТУ та СніП. У той час, як Ізраїль пішов шляхом інтеграції укриттів у житлові комплекси та комерційні будівлі, Україна може перенести цю ідею в свої реалії, поєднавши інженерні елементи, необхідні для захисту населення, з функціональними підземними структурами, що забезпечують потреби в паркуванні [28]. Варто врахувати також досвід Німеччини, де регулярно проводиться модернізація транспортної інфраструктури, впроваджуються енергоефективні технології, сучасні системи вентиляції й пожежної безпеки, що є критично важливим для наших умов. Створення підземного паркінгу з додатковою функцією укриття має низку переваг у контексті раціонального використання міського простору. Проблема значного дефіциту земельних ділянок, особливо в центральних частинах міст, штовхає на пошук інженерних рішень, які дозволяють звільняти наземні території для функціонування громадських просторів, зелених насаджень, рекреаційних зон та пішохідних зон. Підземне розміщення паркінгу, поєднане з інженерними елементами захисних споруд, дозволяє

зменшити шумове та візуальне забруднення, що робить міський простір привабливішим для мешканців і підвищує комфорт життя в густонаселених районах. Використання підземних просторів для інфраструктури дає можливість модернізувати вулично-дорожню мережу, оптимізувати транспортні потоки, знизити рівень заторів і покращити екологічні показники міста, оскільки сучасні системи очистки повітря та фільтрації вихлопних газів можуть бути інтегровані безпосередньо в конструкцію підземного об'єкта.

Варто розглянути практичні приклади окремих українських міст. У Києві спостерігається надзвичайно висока щільність забудови, дефіцит паркувальних місць та, одночасно, потреба в безпечних укриттях на випадок виникнення надзвичайних ситуацій. Запропоноване впровадження підземних паркінгів із функціями укриття поблизу стратегічно важливих локацій, транспортувальних вузлів, державних установ, громадських центрів і великих бізнес-комплексів є не лише доречним, але і необхідним кроком. Можливість використання таких споруд як сховищ під час повітряних тривог чи інших загроз забезпечить оперативну евакуацію людей з оточуючих будівель[31]. Крім того, таке рішення сприятиме підвищенню інвестиційної привабливості проєктів у центральній частині Києва, оскільки інвестори все частіше звертають увагу на мультифункціональність і універсальність інженерних систем.

У Львові, де історична частина міста перебуває під охороною ЮНЕСКО і де можливості для будівництва надземних автопаркінгів обмежені, інтеграція підземних паркінгів із захисними спорудами дає змогу зберегти культурну спадщину й уникає негативного впливу на архітектурний ландшафт. Практична цінність такого рішення полягає в тому, що мешканці та гості Львова не будуть змушені розміщувати свої автомобілі безпосередньо на вузьких вулицях або тротуарах, створюючи перешкоди для пішоходів. Підземні інженерні комплекси забезпечать

належний рівень безпеки, відповідатимуть вимогам ДБН щодо параметрів укриттів, вибухостійкості конструкцій, вентиляції, герметичності та забезпечення автономного електроживлення.

У Харкові, що розташований у відносно сейсмічно активній зоні та підпадає під вплив ризиків техногенного характеру, важливо врахувати специфічні практичні аспекти. Тут підземні паркінги з функцією укриття повинні відповідати підвищеним вимогам щодо конструктивних рішень. Проєктування має базуватися на застосуванні монолітного залізобетону з використанням сучасних арматурних систем та розрахунком на динамічні навантаження. Необхідно передбачити системи автономного забезпечення електроенергією, резервного водопостачання та фільтровентиляційні установки, які підтримуватимуть належні умови перебування людей протягом тривалого часу [32]. Це підвищує шанси успішної евакуації або тимчасового розміщення населення у разі техногенних аварій чи навіть військових ударів.

Екологічний аспект набуває особливої актуальності, оскільки урбанізоване середовище України потерпає від надмірного забруднення атмосферного повітря та шуму. Підземний паркінг із інтегрованими системами очищення повітря, що відповідають сучасним стандартам і ДСТУ, може сприяти зниженню викидів та концентрації вихлопних газів у повітрі надземної частини міста. Використання енергоефективних технологій, таких як LED-освітлення, сонячні панелі, системи рекуперації тепла, сприятиме раціональному використанню ресурсів і зменшенню залежності від центральних інженерних мереж. Впровадження сучасних інфраструктурних рішень дозволить підійти до питання організації міського простору комплексно й узгоджено, адже за рахунок підземної інфраструктури можна створювати цілісні урбаністичні концепції з пріоритетом на комфорт людини.

З точки зору безпеки населення, підземні паркінги набувають ще більшої ваги. Інтеграція функції укриття в їхню структуру дозволяє оптимізувати час і кошти, оскільки не потрібно будувати окремі сховища, що займають дефіцитну поверхневу територію [34]. Ці рішення ґрунтуються на нормах і положеннях ДБН В.2.2-5:2023, які конкретизують вимоги до захисних укриттів, включаючи нормативи щодо мінімальної місткості, часу перебування, наявності систем життєзабезпечення, захисту від ударної хвилі, радіації, хімічних та біологічних загроз. Сучасні загрози, з якими доводиться стикатися Україні, роблять необхідним передбачення подібних інженерних рішень на етапах проєктування та будівництва. Таким чином, підземний паркінг стає не лише місцем для зберігання автомобілів, але й частиною системи цивільного захисту населення. Практичне значення полягає у можливості використання такого простору як евакуаційного пункту, резервного центру управління в кризових ситуаціях, місця розташування медичних або волонтерських штабів, роздавальних пунктів допомоги тощо.

З метою підкріплення актуальності цих заходів необхідно проаналізувати статистичні дані щодо кількості автомобілів, паркувальних місць та доступних укриттів у великих містах України. Зростання автопарку без одночасного збільшення інфраструктурних потужностей призводить до посилення транспортних колапсів, хаотичного паркування та погіршення якості міського середовища [35]. Оцінка дефіциту паркувальних місць варіюється залежно від конкретного міста та району, але загальна тенденція свідчить про недостатню кількість організованих паркінгів у центральних частинах міст. Одночасно, мережа укриттів, актуалізована у зв'язку з військовими діями та можливими терористичними атаками, теж не відповідає повною мірою сучасним викликам. Обмежена кількість старих бомбосховищ, побудованих ще за радянських часів, вже не задовольняє

сучасні технічні вимоги, а оновлення інфраструктури цивільного захисту вимагає значних капіталовкладень та врахування нових будівельних норм.

При розробці проєктної документації слід звертатися до чинної нормативно-правової бази, що регулює питання проєктування транспортних і захисних споруд. ДБН В.2.3-15:2007 встановлює вимоги до проєктування транспортних об'єктів, включаючи підземні паркінги, а ДБН В.2.2-5:2023 детально регламентує норми щодо захисних споруд цивільного захисту, включаючи стійкість до вибухової хвилі, відокремленість систем життєзабезпечення, герметичність, вогнестійкість конструкцій, наявність шлюзів, системи сигналізації, водовідведення та електропостачання. Необхідно забезпечити комплексний підхід: при проєктуванні підземного паркінгу з функцією укриття врахувати питання архітектурно-планувальної організації, конструктивних особливостей, підбору матеріалів із підвищеною тривкістю до динамічних навантажень, впровадження автоматизованих систем контролю і диспетчеризації. Слід також урахувати можливості адаптації українських стандартів та використання досвіду міжнародних прототипів [36]. Це означає, що вітчизняні проєктні організації мають залучати експертів, ознайомлюватися з передовими технологіями та застосовувати рішення, напрацьовані в країнах із подібними умовами або в тих, де вже існує напрацьована практика інтеграції захисних споруд у міську інфраструктуру.

Практичні питання будівництва підземних паркінгів із функціями укриття включають у себе ряд специфічних інженерних завдань. Перш за все, це ґрунтовно-гідрогеологічні вишукування. Перед початком проєктування необхідно проаналізувати склад і характеристики ґрунтів, рівень ґрунтових вод, потенційні ризики підтоплення або просідання, віддаленість від інженерних комунікацій та наявність суміжних будівель. Підземні споруди, зокрема такі, що виконуватимуть функції укриття, мають передбачати використання якісної гідроізоляції, дренажних систем,

матеріалів із підвищеною стійкістю до впливу вологи та корозії. Особливо важливим є ретельний розрахунок несучої здатності конструкцій, вибір оптимальних схем армування та застосування бетону з покращеними характеристиками тріщиностійкості. Системи вентиляції та кондиціонування повітря у підземних паркінгах з укриттями повинні бути здатні працювати в автономному режимі протягом тривалого часу. Необхідно врахувати можливість швидкого переходу з нормального режиму експлуатації у режим захисної герметизації. Це передбачає наявність запасів фільтруючих елементів, систем очищення від радіаційного, хімічного та біологічного забруднення [39]. Відповідно до ДБН, укриття повинні забезпечувати надійні умови життєзабезпечення людей принаймні упродовж нормативного часу перебування. Окрім систем вентиляції, слід забезпечити систему зв'язку, оповіщення, резервного електроживлення, санітарно-технічні вузли, можливості для зберігання запасів води та медичних засобів. Це практичні аспекти, які мають бути враховані на стадії проєктування та реалізації проєкту з урахуванням конкретних умов кожного об'єкта.

У містах, де є станції метро, інтеграція підземних паркінгів і укриттів набуває додаткових переваг. Використання існуючої транспортної інфраструктури, зокрема переходів та підземних галерей, може створити розгалужену мережу укриттів, доступ до яких буде забезпечений із зупинок громадського транспорту чи пересадкових вузлів метро. В умовах надзвичайної ситуації мешканці зможуть швидко і безпечно переміститися у безпечні підземні простори, мінімізуючи ризики перебування на відкритому просторі під час авіанальотів або обстрілів. Практична реалізація такої концепції потребує тісної взаємодії між органами міського планування, проєктними інститутами, будівельними компаніями та службами цивільного захисту, які повинні узгоджувати свої дії, стандарти та методики. Ще одним важливим практичним моментом є впровадження

енергоефективних рішень. Будівництво підземної інфраструктури традиційно пов'язане з підвищеними вимогами до освітлення, вентиляції, дренажу та систем життєзабезпечення. Враховуючи зростання вартості енергоносіїв та прагнення до зниження експлуатаційних витрат, доцільно впроваджувати світлодіодне освітлення, енергозберігаючі двигуни для вентиляційних систем, датчики руху для оптимізації освітлення, системи рекуперації тепла у вентиляційних шахтах. Використання високоякісних теплоізоляційних матеріалів у конструкціях перекриття дозволить зменшити втрати тепла та утримувати комфортний мікроклімат у разі тривалого перебування людей в укритті. Крім того, застосування сонячних панелей на поверхневих спорудах, що пов'язані з підземним паркінгом, може частково компенсувати енергоспоживання, а системи акумуляції енергії забезпечать автономію у кризових ситуаціях.

За прикладом країн, де подібні рішення вже реалізовані, Україна може адаптувати практичні методи контролю доступу в укриття, встановлювати автоматичні герметичні двері з електроприводами, які швидко закриваються у разі сигналу тривоги. Необхідно передбачити наявність сучасних систем відеоспостереження, пристроїв для передачі даних про стан об'єкта в реальному часі, інтегрувати системи пожежогасіння (як водяного, так і газового), передбачити спеціальні приміщення для персоналу, який обслуговуватиме укриття. Таким чином, підземні паркінги стануть не пасивними конструкціями, а мультифункціональними комплексами з розвиненою інженерною інфраструктурою, здатною оперативно реагувати на зміну умов зовнішнього середовища [38]. При цьому потрібно враховувати соціально-економічний аспект. Будівництво підземних паркінгів із функцією укриття, хоча й вимагає значних капіталовкладень та ретельного проєктування, у довгостроковій перспективі підвищить комфорт мешканців, якість міського середовища та загальний рівень безпеки. Інвестори, девелопери та

будівельні компанії отримають стабільний і прогнозований інструмент для розширення своїх проєктів. Міська влада зможе більш ефективно планувати транспортні потоки, мінімізуючи затори, а також вчасно реагувати на надзвичайні ситуації. Тенденція до створення підземної багатофункціональної інфраструктури сприятиме формуванню нового стандарту міського планування, коли безпека, екологічність та ефективність використання простору будуть ключовими критеріями для ухвалення рішень. Законодавчі та нормативні вимоги, закладені у ДБН, ДСТУ та інших профільних документах, слугують орієнтиром для проєктувальників і підрядників. При застосуванні нових методик та адаптації зарубіжного досвіду варто ініціювати перегляд і оновлення національних нормативів, враховуючи сучасні виклики. Важливо забезпечити прозору взаємодію між державними установами, будівельними та інженерними асоціаціями, муніципалітетами та громадськістю [41]. Процес нормативної гармонізації, що спрямований на підвищення рівня безпеки, економічної доцільності та технологічної ефективності, матиме довгостроковий позитивний вплив на розвиток міст та громад.

На практиці під час реалізації проєктів необхідно приділяти увагу підготовці кваліфікованих кадрів. Проєктні інститути, будівельні організації, постачальники інженерного обладнання та матеріалів мають володіти сучасними знаннями та навичками. Варто також організовувати тренінги, семінари, стажування інженерів, архітекторів і будівельників в іноземних компаніях, які вже мають успішний досвід реалізації аналогічних проєктів. Особлива увага має приділятися питанням якості виконання будівельних робіт, адже від цього залежить надійність конструкцій і їх здатність витримувати передбачені навантаження, а також ефективність роботи інженерних систем у реальних кризових умовах. Важливим є і те, що підземні паркінги з функцією укриття можуть стати частиною програми міського розвитку, яка спрямована на підвищення туристичної

привабливості, соціальної інтеграції та збереження культурної спадщини. Звільнення центральних площ, історичних вулиць і бульварів від надлишку автомобілів дозволить краще розкрити їхній просторово-архітектурний потенціал, сформувати більш гармонійне, доступне і комфортне міське середовище для мешканців та гостей. У процесі будівництва таких споруд можливе залучення інноваційних рішень у дизайні внутрішніх просторів, забезпечення максимальної ергономіки для автомобілістів і пішоходів. Це дозволить сформувати новий тип інфраструктурних об'єктів, які будуть уособлювати сучасний підхід до містобудування, де кожен елемент міста синергетично поєднаний із системою безпеки, екології та функціональності. Крім цього, підземні паркінги можуть розглядатися як платформа для впровадження інтелектуальних систем управління трафіком, аналізу завантаженості, гнучкого тарифного регулювання, моніторингу викидів та споживання енергії. Застосування цифрових технологій, автоматизованих систем контролю, мобільних додатків для бронювання місць, електронних пропусків в укриття дозволить підвищити рівень операційної ефективності та зручності користування [42]. Такий комплексний підхід до планування, будівництва та експлуатації підземних паркінгів із функцією укриття створить основу для їхньої інтеграції в концепцію «розумного міста», що характеризується застосуванням інформаційно-комунікаційних технологій для поліпшення якості життя.

Одним із перспективних проєктів, який відповідає сучасним вимогам безпеки та ефективності використання міського простору, є створення підземного паркінгу з функцією укриття у центральній частині м. Хмельницький на вул. Шевченка, 41. Ця локація характеризується високою щільністю забудови, інтенсивними транспортними потоками та значним дефіцитом паркувальних місць, що зумовлює необхідність оптимізації міського простору та підвищення рівня безпеки населення. Проєкт вирішує одразу декілька ключових проблем: розвантаження прилеглих вулиць від

транспорту, створення безпечного простору для мешканців у разі надзвичайних ситуацій, а також інтеграцію сучасних інфраструктурних рішень, які відповідають викликам сьогодення. Враховуючи геологічні умови території, зокрема середній рівень ґрунтових вод і наявність суглинкових ґрунтів, проєкт передбачає використання багатошарових систем гідроізоляції, монолітного залізобетону для зміцнення конструкцій і додаткового захисту від динамічних навантажень. Інноваційні технології, запропоновані для реалізації проєкту, включають автоматизовані системи управління паркуванням, інтеграцію зарядних станцій для електромобілів і автономні системи життєзабезпечення, такі як резервні джерела енергопостачання, вентиляційні системи з фільтрами HEPA та модулі для тимчасового перебування людей у кризових ситуаціях. Завдяки такому підходу об'єкт стане багатофункціональним, поєднуючи транспортну, захисну та екологічну складові. Створення підземного паркінгу на вул. Шевченка, 41 у Хмельницькому не лише вирішить актуальні проблеми місцевої інфраструктури, але й стане взірцем для інших українських міст у контексті інтеграції безпечних, довговічних та інноваційних рішень у міське середовище. Проєкт також демонструє перспективи гармонійного поєднання сучасних технологій із локальними геотехнічними особливостями, сприяючи стійкому розвитку міської інфраструктури.

Отже, актуальність будівництва підземних паркінгів із функцією укриття для сучасного українського міста очевидна. Вона зумовлена зростанням кількості автомобілів, змінами в законодавстві, що вимагають створення надійних систем цивільного захисту, ризиками техногенного й військового характеру. Практична реалізація цих проєктів має базуватися на інтегрованому підході, який включає детальний аналіз нормативно-правової бази, адаптацію міжнародного досвіду, ретельні інженерні розрахунки, вибір якісних матеріалів та обладнання, впровадження енергоефективних і безпекових рішень. Лише за умови врахування всіх цих

чинників можна забезпечити створення інфраструктурних об'єктів, що не тільки розв'яжуть нагальні практичні проблеми з паркуванням та укриттям населення, а й стануть складовою стратегії сталого, безпечного та комфортного міського розвитку в Україні.

1.3 Функціональні особливості проєктування підземного паркінгу для його використання в якості укриття

Сучасні підземні паркінги, що поєднують функції зберігання транспортних засобів та укриття, є невід'ємною складовою багатофункціональної міської інфраструктури. Їх проєктування є складним міждисциплінарним завданням, яке охоплює архітектурні, інженерні, екологічні та безпекові аспекти. Особливу актуальність такі споруди набувають в умовах підвищеної урбанізації та загроз техногенного або природного характеру[19]. Ефективність використання таких паркінгів як укриттів залежить від ретельного врахування функціональних та технічних вимог.

Одним із ключових завдань є забезпечення гнучкості планувальних рішень. Це досягається завдяки використанню модульних конструкцій, мобільних перегородок і спеціалізованих систем трансформації приміщень. У звичайних умовах паркувальні місця можуть бути задіяні виключно для транспорту, тоді як у надзвичайних ситуаціях вони легко трансформуються у зони укриття для людей [6;8]. Наприклад, використання складних меблів, які займають мінімум місця у згорнутому стані, або мобільних санітарних блоків дозволяє швидко адаптувати приміщення до потреб евакуйованого населення. Планування укриттів передбачає зонування простору, що дозволяє організувати спеціалізовані приміщення для відпочинку, медичної допомоги, санітарно-гігієнічних потреб, складів продовольства та технічних приміщень. Кожна зона має бути оснащена відповідним

обладнанням для забезпечення автономної життєдіяльності людей. Наприклад, сучасні проєкти передбачають наявність кімнат із підвищеною шумоізоляцією для мінімізації стресу, зон для дітей із розважальними матеріалами, а також кімнат для медичних працівників, укомплектованих базовим медичним обладнанням [19].

Системи життєзабезпечення є центральним елементом функціонування таких споруд. Високоякісні вентиляційні системи з багаторівневою фільтрацією забезпечують чистоту повітря та запобігають проникненню шкідливих речовин. У цьому контексті використання HEPA-фільтрів і технологій активного вугілля дозволяє ефективно очищати повітря навіть у випадках хімічних або біологічних атак. Автономне енергопостачання реалізується через резервні генератори, відновлювальні джерела енергії та акумуляторні системи, що забезпечують безперебійне функціонування систем освітлення, вентиляції та зв'язку[28].

Водопостачання та санітарно-гігієнічні потреби вирішуються шляхом інтеграції автономних систем зберігання питної води та очищення стічних вод. Резервуари для зберігання води розраховуються на кількість осіб та тривалість перебування в укритті, що дозволяє уникнути дефіциту ресурсів навіть у тривалих надзвичайних ситуаціях[29]. Такі рішення підвищують рівень автономності споруди та забезпечують комфортні умови для перебування людей. Безпека евакуації є ще одним важливим аспектом проєктування. Евакуаційні маршрути повинні мати декілька незалежних виходів, розташованих у різних частинах будівлі, щоб зменшити ризик блокування шляхів[16]. Для забезпечення ефективної евакуації вони оснащуються аварійним освітленням, світловими маркерами та системами автоматичного оповіщення. Конструкції евакуаційних коридорів проєктуються з урахуванням впливу високих температур і механічних навантажень, забезпечуючи захист навіть у випадках вибухів або пожеж. Конструктивні особливості таких споруд враховують високі ризики

зовнішніх впливів, таких як вибухові хвилі, сейсмічна активність або затоплення[22]. Використання монолітного залізобетону з підвищеною міцністю, багатошарових систем гідроізоляції та антисейсмічних рішень забезпечує довговічність конструкцій і їхню стійкість до динамічних навантажень. Додаткові заходи, такі як вогнестійкі покриття та автоматичні системи пожежогасіння, мінімізують ризики у разі пожежі. Наприклад, застосування газових систем пожежогасіння дозволяє швидко ліквідувати загоряння без шкоди для обладнання та людей [19].

Міжнародний досвід проєктування таких споруд демонструє високий рівень інженерної досконалості. У Швейцарії, Німеччині та Японії такі об'єкти інтегруються з міськими транспортними вузлами, що дозволяє підвищити їхню багатофункціональність. Наприклад, у Токіо використовуються роботизовані системи управління простором, які забезпечують швидке перепрофілювання паркінгів у захисні укриття. У Швейцарії підземні споруди активно використовуються як складові частини громадських центрів, які включають зони для відпочинку, торгівлі та безпеки [19].

У сучасному світі підземні паркінги стали невід'ємною частиною міської інфраструктури, відповідаючи на виклики урбанізації та високого рівня автомобілізації. Основними тенденціями, що формують розвиток таких споруд, є автоматизація, багатофункціональність, екологічність та інтеграція з укриттями цивільного захисту. Для України ці аспекти набувають особливого значення в умовах дефіциту паркувальних місць, щільної забудови міських центрів та зростаючих потреб у безпеці населення. Одним із ключових напрямів є впровадження автоматизованих паркувальних систем (APS), які дозволяють значно підвищити ефективність використання простору. Для об'єкта на вул. Шевченка, 41 у Хмельницькому автоматизація сприятиме раціональному розміщенню автомобілів, зменшенню часу пошуку паркомісця та забезпеченню

зручності для користувачів. Сучасні технології, такі як роботизовані платформи, ліфти для транспортування автомобілів та сенсорні системи моніторингу, дозволять оптимізувати кожен квадратний метр паркінгу та знизити експлуатаційні витрати. Багатофункціональність підземних паркінгів є ще однією важливою тенденцією, особливо в умовах сучасної України. Проєкт на вул. Шевченка, 41 передбачає інтеграцію укриття для цивільного захисту. Цей об'єкт планується оснастити автономними системами вентиляції, резервними джерелами енергопостачання та укріпленими конструкціями з монолітного залізобетону, які здатні витримувати вибухові навантаження. Такий підхід забезпечить безпеку мешканців у разі надзвичайних ситуацій та додаткову функціональну цінність споруди. Сучасні екологічні вимоги також є важливою складовою проєктування підземних паркінгів. Для об'єкта у Хмельницькому передбачається впровадження LED-освітлення з датчиками руху, що дозволить знизити енергоспоживання. Крім того, інтеграція зарядних станцій для електромобілів сприятиме розвитку екологічно чистого транспорту, а використання матеріалів із низьким вуглецевим слідом, таких як фібробетон, забезпечить довговічність і екологічність споруди[22]. Враховуючи геологічні умови території об'єкта, зокрема середній рівень ґрунтових вод і наявність суглинкових ґрунтів, проєкт передбачає використання багатошарових систем гідроізоляції. Це забезпечить надійний захист конструкції від підтоплень і продовжить термін її експлуатації. Багаторівнева конструкція паркінгу дозволить значно збільшити його місткість без розширення площі забудови, що є критичним у центральних частинах міста. Інноваційні системи управління, зокрема із застосуванням елементів штучного інтелекту, є ще однією важливою складовою сучасних підходів. Для об'єкта на вул. Шевченка, 41 планується розробка мобільного додатка, який дозволить користувачам у реальному часі бронювати паркомісця, оплачувати послуги та отримувати інформацію

про завантаженість паркінгу. Інтеграція цих систем із транспортними вузлами сприятиме підвищенню мобільності населення та зниженню транспортного навантаження на прилеглі вулиці.

Таким чином, проєктування підземних паркінгів із функцією укриття є багатогранним процесом, що враховує технічні, соціальні, екологічні та безпекові аспекти. Інтеграція таких об'єктів у міську інфраструктуру дозволяє не лише вирішувати проблеми урбаністичного середовища, але й гарантувати високий рівень безпеки, комфорту та адаптивності до сучасних викликів.

На рис. 1.3 зображено сучасний підземний паркінг, спроектований з можливістю використання як укриття в умовах надзвичайних ситуацій. Застосовано відповідні планувальні рішення, вентиляційні системи та конструктивні елементи для забезпечення безпеки населення.



Рисунок 1.3 – Підземний паркінг з функцією укриття [8].

Висновки до розділу 1

В результаті проведеного аналізу сучасного стану теорії та практики проєктування підземних паркінгів з урахуванням багатофункціональності та здатності виконувати функції захисних укриттів можна зробити наступні висновки:

1. Підземні паркінги відіграють важливу роль у міському середовищі, виконуючи транспортну й захисну функції, що критичним в умовах сучасних техногенних, природних і військових загроз, що підтверджується закордонним досвідом експлуатації таких споруд у Європі, Японії та Ізраїлі.

2. При проєктуванні підземних паркінгів необхідно враховувати динамічні та вибухові навантаження для використання даних споруд в якості тимчасового укриття у надзвичайних ситуаціях. При цьому є доцільним використання автоматизованих системи паркування, багатошарових гідроізоляційних покриттів, автономних енергетичних систем та систем життєзабезпечення з вентиляцією для підвищення стійкості інфраструктури подвійного призначення.

2 ЧИННИКИ ВПЛИВУ НА ПРОЄКТУВАННЯ ПІДЗЕМНОГО ПАРКІНГУ З ФУНКЦІЄЮ УКРИТТЯ

2.1 Актуальність створення укриттів у містах України та їх інтеграція у житлову забудову

У процесі проєктування підземного паркінгу з функцією укриття в умовах сучасних міст України особливої актуальності набуває здатність інтегрувати захисні споруди цивільного захисту безпосередньо у житлову та громадську забудову. Такий підхід дозволяє не лише ефективно реагувати на загрози воєнного, техногенного та природного характеру, а й вирішувати низку практичних інфраструктурних питань, пов'язаних із транспортною логістикою, раціональним використанням міського простору, підвищенням безпеки мешканців і забезпеченням комфортних умов життєдіяльності. Практичний аспект актуальності створення укриттів полягає у необхідності врахувати реальні умови будівельної галузі, наявні ресурси, технічні можливості, норми ДБН та ДСТУ, а також специфіку кожного конкретного міста, враховуючи його історичну, геологічну та містобудівну ситуацію.

Створення укриттів у містах України, особливо інтегрованих у житлову забудову, диктується потребою підвищення рівня безпеки мешканців[20]. Реалії останніх років, пов'язані з військовими загрозами, можливими ракетними ударами, терористичними актами, застосуванням високоточних озброєнь, примушують переглядати концептуальні підходи до міського планування та проєктування будівель. Згідно з вимогами ДБН В.2.2-5:2023, які регламентують параметри захисних споруд цивільного захисту, у щільно забудованих міських районах необхідно передбачати укриття для населення, здатні забезпечити герметизацію, захист від вибухової хвилі, осколків, а також гарантувати автономне

життєзабезпечення протягом нормативного періоду перебування. Практичний інтерес тут полягає у використанні підземних просторів під житловими будинками, дворами, внутрішньоквартальними територіями та громадськими комплексами, де зазвичай облаштовуються стоянки, технічні приміщення чи підвальні поверхи. Завдяки поєднанню функцій паркування та укриття можна мінімізувати втрати корисного міського простору на поверхні, уникнути необхідності створювати окремі громіздкі бомбосховища, розташовані на дефіцитних земельних ділянках, і водночас підвищити оперативну доступність захисних споруд. Інтеграція укриттів у житлову забудову вимагає комплексного підходу до проєктування. На практиці це означає розробку проєктної документації, що передбачає детальні інженерно-геологічні вишукування, аналіз міської інфраструктури, оцінку наявних інженерних мереж, транспорту, пішохідних шляхів, підземних комунікацій, а також формування архітектурно-планувальних рішень, які враховують можливість використання приміщень із подвійним призначенням. Так, коли розглядається питання створення підземного паркінгу під житловим комплексом, практичне рішення полягає у встановленні чітких параметрів конструктивних систем, виборі залізобетонних конструкцій з підвищеною стійкістю, використанні спеціальних армувальних каркасів та бетонів класу міцності, що відповідають вимогам ДСТУ. Необхідно забезпечити достатній рівень стійкості до динамічних та ударних навантажень, що можуть виникати у разі вибухів або просідання ґрунту. Проєктантам доводиться ретельно враховувати існуюче оточення – будівлі, інженерні комунікації, транспортну інфраструктуру – аби новий підземний об’єкт не погіршив умов експлуатації сусідніх будинків та не призвів до небажаних деформацій конструкцій [21]. Підземні паркінги з функцією укриття в житлових комплексах, з практичної точки зору, повинні відповідати цілому ряду норм стосовно місткості, доступності та безпечної експлуатації як у

штатних, так і в надзвичайних режимах. Згідно з нормативами, укриття має мати фільтровентиляційні установки, герметичні двері, шлюзи, системи забезпечення водою, електроенергією, санітарно-технічним обладнанням. Практичне завдання проєктувальника полягає у правильній організації просторової структури паркінгу, де звичайні місця для зберігання автомобілів повинні бути сконфігуровані так, аби за потреби їх можна було швидко звільнити й переобладнати у приміщення для укриття людей. Це передбачає чітку систему маркування, розташування сигнальних табло, засобів оповіщення, проходи достатньої ширини для швидкої евакуації машин і переходу паркінгу в режим укриття [24]. На практиці це також означає, що необхідно передбачити пункт керування укриттям, приміщення для персоналу, який може обслуговувати системи життєзабезпечення, герметизаційні пристрої та вентиляційне обладнання. Інтеграція укриттів у житлову забудову також пов'язана з містобудівними й архітектурними факторами. Традиційні сховища радянського типу, розташовані в підвалах чи окремих спорудах, нерідко не відповідають сучасним технічним нормам, а також займають цінні площі, які могли б бути використані більш раціонально [26]. Практичним рішенням є створення підземної інфраструктури одразу під час зведення нових житлових будинків чи житлових кварталів. Таке проєктне рішення має враховувати геологічні особливості ділянки, наприклад рівень ґрунтових вод, тип ґрунту, його несучу здатність і здатність до просідання. Для цього інженери виконують докладні дослідження, бурять свердловини, проводять лабораторні аналізи ґрунтів, моделюють деформації та стійкість конструкцій, використовуючи сучасні програмні комплекси [27]. Результатом цієї роботи стають проєктні рішення, що уточнюють товщину залізобетонних стін і перекриттів, потрібний клас бетону, типи арматури, схеми розташування несучих елементів. Проєктувальники закладають у конструкцію системи дренажу, гідроізоляції, щоб забезпечити надійний захист від проникнення ґрунтових

вод і вологи. Це практична необхідність, адже у разі використання укриття під час небезпеки люди можуть залишатися там тривалий час, і проникнення води чи сирість є неприпустимими факторами, що ускладняють експлуатацію та знизять безпеку й комфорт. При інтеграції укриттів у житлові райони практики проєктування стикаються з питаннями інженерного забезпечення [28]. Підземний паркінг, що виконує роль укриття, повинен мати власні системи електропостачання, резервні генератори, акумулятори, здатні працювати у випадку відключення міських мереж. Практична реалізація цих умов вимагає, по-перше, продуманого розміщення джерел аварійного живлення у безпечному місці, по-друге, залучення фахівців з електротехнічних систем, які мають досвід впровадження резервних живильних підстанцій, вибору кабелів із підвищеною вогнестійкістю, встановлення автоматики, що дозволяє в лічені секунди перейти на автономний режим. Важливим є питання вентиляції та кондиціонування повітря, адже підземні укриття при тривалому перебуванні людей потребують обміну повітря та його очищення від забруднювальних домішок. Реалізація таких систем у підземному паркінгу є складнішим завданням, ніж у звичайних сховищах, оскільки потрібно врахувати потенційну наявність автомобілів, їхніх двигунів, вихлопних газів, а також передбачити швидкий перехід з режиму нормальної експлуатації в герметичний режим. Практично це означає встановлення фільтровентиляційного обладнання, системи клапанів, що автоматично спрацьовують при сигналах тривоги, використання спеціальних фільтрів для затримання радіоактивних, хімічних і біологічних забруднювачів, а також резервного запасу фільтрувальних елементів [31]. Актуальність інтеграції укриттів у житлову забудову виявляється також при врахуванні соціальних і економічних чинників, що впливають на проєктування. З одного боку, мешканці зацікавлені у наявності безпечних і зручних сховищ, доступних у разі надзвичайних ситуацій. З іншого боку,

будівельні компанії, девелопери та інвестори прагнуть мінімізувати витрати та максимізувати корисний простір, не втрачаючи привабливості об'єкта для потенційних покупців квартир. Поєднання функцій укриття і паркінгу в одному підземному просторі дозволяє уникати зведення окремих споруд для укриття, що можуть псувати зовнішній вигляд двору чи займати додаткові земельні ділянки. Практичний вииграш полягає у більш ефективному використанні обмежених ресурсів. При цьому необхідно врахувати, що нормативні вимоги до площі та об'єму укриттів мають відповідати розрахунковій місткості населення, яке потенційно шукатиме там захист. Таким чином, проєктувальник зі своїми фахівцями з архітектури, конструкторських рішень, інженерних мереж повинен здійснити ряд оптимізаційних розрахунків, щоб дотриматися обмежень за розмірами, забезпечити нормативну кількість місць для паркування й одночасно гарантувати можливість розмістити необхідну кількість людей у режимі укриття[32]. Існують також практичні аспекти, пов'язані з експлуатацією та обслуговуванням таких об'єктів після здачі їх в експлуатацію. Підземний паркінг, інтегрований з укриттям, потребує регулярних регламентних робіт, перевірок обладнання, тренувань персоналу, який повинен вміти у випадку сигналу тривоги оперативно перевести об'єкт у захисний режим. Це означає, що система управління укриттям має бути простою та надійною, краще – автоматизованою, з чіткими інструкціями та дублюючими каналами зв'язку. Сучасні технології дозволяють застосовувати системи диспетчеризації, відеоспостереження, датчики, що контролюють стан повітря, рівень вологості, температуру, наявність небезпечних домішок. Практичне значення має і питання періодичного технічного обслуговування фільтровентиляційного обладнання, заміни фільтрів, випробувань герметичності приміщень. Особливої уваги потребують конструкції герметичних дверей та шлюзів, які повинні надійно спрацьовувати після тривалого періоду експлуатації у

штатному режимі. Практична актуальність проєктування підземних паркінгів із функцією укриття яскраво ілюструється прикладами великих міст України, таких як Київ, Львів, Харків, і є особливо актуальною для об'єкта на вул. Шевченка, 41 у Хмельницькому. У столиці України, враховуючи високу густоту забудови та дефіцит паркувальних місць у центральних районах, підземні паркінги з інтеграцією укриттів дозволяють вирішувати одразу два ключові завдання: створення сучасної паркувальної інфраструктури та забезпечення безпечних умов перебування населення у разі надзвичайних ситуацій. При цьому дотримання вимог естетики та містобудівних критеріїв є важливою умовою, оскільки такі споруди повинні гармонійно вписуватися в архітектурний ансамбль міста. У Львові, де історико-культурна спадщина є пріоритетом, підземна інфраструктура дозволяє зберігати автентичний вигляд центральних районів, мінімізуючи візуальний вплив на міський ландшафт. Для об'єктів у цьому місті особлива увага приділяється використанню сучасних технологій гідроізоляції та зміцненню конструкцій з урахуванням складних геотехнічних умов, таких як високий рівень ґрунтових вод. У Харкові, враховуючи техногенні ризики та підвищені військові загрози, проєктні рішення повинні включати посилені конструктивні елементи, що забезпечують високу сейсмостійкість і захист від вибухових навантажень. Для цього застосовуються новітні матеріали, зокрема тривкі арматурні каркаси, монолітний залізобетон та багат шарові гідроізоляційні системи. Крім того, значну увагу приділяють впровадженню автономних систем опалення, вентиляції та водопостачання, що дозволяють укриттю функціонувати у кризових умовах. Для об'єкта на вул. Шевченка, 41 у Хмельницькому, аналогічно до зазначених прикладів, практичні аспекти проєктування визначаються вимогами нормативно-правової бази, зокрема ДБН В.2.2-5:2023 та ДБН В.2.3-15:2007. Інтеграція укриття у структуру житлової забудови передбачає врахування таких ключових параметрів, як міцність, стійкість, герметичність і комфортність.

Особливу увагу приділено сценаріям використання укриття: від звичайного режиму експлуатації як паркінгу до аварійного режиму, що передбачає швидке звільнення від автомобілів, герметизацію входів, запуск фільтровентиляційних систем і увімкнення аварійного енергоживлення [34]. Кожна деталь проєкту, включаючи товщину стін, марку бетону, герметичність дверей, тип вентиляційних фільтрів, резервні джерела енергії та системи освітлення, має практичне значення і ретельно перевіряється під час експертизи. Це забезпечує відповідність об'єкта сучасним стандартам безпеки та функціональності. Практична значущість проєкту підземного паркінгу на вул. Шевченка, 41 полягає у вирішенні нагальних проблем міської інфраструктури, включаючи дефіцит паркувальних місць і потребу в сучасних укриттях. Впровадження інноваційних технологій, використання новітніх матеріалів і дотримання нормативних вимог гарантують ефективність та довговічність об'єкта, забезпечуючи комфорт і безпеку для мешканців міста.

Ще один практичний аспект – економічна доцільність. Інтеграція укриттів у житлову забудову є довгостроковою інвестицією. Хоча на початковому етапі це може збільшити вартість будівництва, у перспективі дає очевидні переваги. Завдяки поєднанню функцій паркінгу й укриття не потрібно будувати окремі бомбосховища поза межами житлового комплексу, витратити додаткові кошти на придбання земельних ділянок чи погодження розміщення окремих захисних об'єктів. Крім того, така інтеграція підвищує цінність житла на ринку нерухомості, оскільки покупці квартир усвідомлюють, що отримують не лише житло, але й гарантію доступу до укриття у разі небезпеки. Практичний досвід показує, що в сучасних умовах люди дедалі частіше звертають увагу на такі аспекти безпеки, і це впливає на інвестиційну привабливість проєктів. Зі свого боку, міська влада, стимулюючи будівництво саме таких об'єктів, може сприяти підвищенню загального рівня захисту населення та впровадженню

містобудівних стратегій, орієнтованих на стійкість до кризових ситуацій [38]. Крім того, практичні аспекти актуальності створення укриттів у житловій забудові стосуються екологічної складової. Підземне розташування паркінгів, що одночасно виконують роль укриттів, дозволяє звільнити наземний міський простір від хаотичного розміщення автомобілів. Це відкриває можливості для створення більше зелених зон, пішохідних просторів, дитячих майданчиків, рекреаційних територій. На практиці це означає, що місто стає зручнішим для повсякденного життя, покращується мікроклімат, знижується рівень шуму та викидів вихлопних газів у надземному просторі. Інтеграція укриттів, таким чином, стає частиною комплексного підходу до міського планування, де безпека поєднується з екологічною стійкістю та естетичною привабливістю середовища. Проєктувальники у співпраці з ландшафтними архітекторами, міськими планувальниками та екологами можуть розробляти варіанти благоустрою території, що над підземним паркінгом і укриттям, таким чином забезпечуючи подвійний позитивний ефект як для мешканців, так і для всієї громади [39]. Щоб забезпечити актуальність і практичну корисність укриттів, інтегрованих у житлову забудову, необхідно також врахувати питання навчання та обізнаності населення. Практичний досвід показує, що навіть за наявності якісно спроектованого укриття люди повинні розуміти, як діяти у разі тривоги: де розташовані входи, як швидко дістатися до безпечного місця, як поводитися всередині укриття. Забезпечення інформування мешканців, проведення навчань, розробка простих інструкцій є частиною практичної експлуатації таких об'єктів. У такий спосіб підвищується рівень готовності громади до надзвичайних ситуацій, що робить житлові райони не лише більш комфортними, а й більш стійкими до кризових явищ[40]. Урахування практичної актуальності створення укриттів проявляється також у необхідності адаптації існуючих житлових кварталів до нових реалій. Якщо нове будівництво дозволяє

одразу передбачати укриття, то модернізація чи реконструкція наявних будинків та їхніх підземних приміщень вимагає технічно складних рішень. Інженери, архітектори та будівельники стикаються з питаннями посилення фундаментів, гідроізоляції старих підвалів, інсталяції сучасного вентиляційного обладнання в умовах обмеженого простору, адаптації старих інженерних комунікацій. Практичний підхід тут полягає у поетапному виконанні робіт, виборі оптимальних конструктивних схем посилення, застосуванні гнучких технічних рішень для інтеграції нових елементів інфраструктури. У підсумку це дозволяє суттєво підвищити рівень безпеки існуючих житлових масивів без масштабної перебудови чи знесення споруд [42]. Таким чином, актуальність створення укриттів у містах України та їх інтеграція у житлову забудову, розглянута з практичної точки зору, полягає не лише в задоволенні нормативних вимог чи теоретичних обґрунтуваннях.

Проектований об'єкт — це підземний багаторівневий паркінг із функцією укриття, розташований у центральній частині міста Києва, поблизу транспортного вузла біля станції метро. Локація об'єкта обумовлена високою потребою у зниженні транспортного навантаження в центральній частині міста, де спостерігається дефіцит паркувальних місць та укриттів для цивільного населення. Основною метою проєкту є створення багатофункціонального об'єкта, який об'єднує функції паркінгу та безпечного укриття, що відповідає сучасним стандартам.

Об'єкт буде розташований в районі з високою щільністю забудови, де значна частина земельного фонду зайнята житловими та адміністративними будівлями. Передбачене функціональне призначення об'єкта включає:

- Забезпечення зручного та безпечного паркування для мешканців і відвідувачів прилеглих районів.
- Створення укриття для населення в умовах надзвичайних ситуацій, включаючи вибухові навантаження або техногенні катастрофи.

- Оптимізацію використання підземного простору для поліпшення транспортної інфраструктури в центральній частині міста.

Особливості ділянки

Район, де буде розташовано проєктований об'єкт, характеризується такими умовами:

- Рівень ґрунтових вод у зоні будівництва перебуває на глибині 3–4 метрів, що вимагає використання багатошарової системи гідроізоляції.

- Ґрунти на ділянці представлені піщано-глинистими шарами, які мають середню несучу здатність, що вимагає спеціального посилення основи фундаменту.

- Центральна частина міста відзначається високою щільністю забудови, що обмежує доступний простір для будівельного майданчика. Це потребує застосування компактного багаторівневого проєктування.

- Важливість збереження архітектурного вигляду району накладає обмеження на розміщення вентиляційних шахт та в'їздів на поверхні.

- Об'єкт розташований поблизу великого транспортного вузла, що забезпечує зручний доступ до нього для автомобілів, але одночасно створює потребу в організації чіткої схеми в'їзду/виїзду для уникнення заторів.

- Інтеграція проєкту з громадським транспортом (станцією метро та зупинками автобусів) дозволить зменшити автомобільний рух у прилеглих районах.

Специфічні умови, які впливають на проєктування

- Для забезпечення водонепроникності конструкцій використовуватиметься система багатошарової гідроізоляції, яка включає мембранні матеріали та дренажні системи.

- Особливу увагу буде приділено герметизації стиків між плитами фундаменту та стін паркінгу.

- Конструкція об'єкта буде виконана із застосуванням монолітного залізобетону, який забезпечує високу стійкість до вибухових хвиль.
- Внутрішні перекриття та несучі елементи будуть розраховані на витримування додаткових навантажень, які можуть виникнути в надзвичайних ситуаціях.
- Будівництво передбачає використання буронабивних паль, які забезпечать мінімальний вплив на сусідні споруди.
- Для зниження впливу на прилеглу територію будуть застосовані шумозахисні екрани та системи для зменшення вібрацій.

Проектований паркінг буде розрахований на розміщення близько 200 автомобілів на двох рівнях. Планується обладнання таких систем:

- Автоматизовані шлагбауми та сенсори для визначення зайнятості місць.
- Зарядні станції для електромобілів (10% паркомісць).
- Вентиляційна система з фільтрацією повітря для забезпечення безпеки й комфорту користувачів.

Обраний об'єкт поєднує в собі сучасні рішення у проектуванні підземних паркінгів та укриттів. Врахування особливостей ділянки, включаючи рівень ґрунтових вод, щільність забудови та транспортне навантаження, дозволить створити багатофункціональну споруду, яка відповідатиме потребам міської інфраструктури та безпеки населення.

Це комплексне завдання, що вимагає всебічної інженерної, архітектурної, економічної, екологічної та соціальної роботи. Практичне проектування та будівництво таких укриттів є багатоетапним процесом, де кожен крок – від дослідження ґрунтів до монтажу герметичних дверей – повинен бути обґрунтований, перевірений і узгоджений з чинними будівельними нормами, вимогами цивільного захисту, умовами експлуатації та перспективними планами розвитку міста. Лише завдяки такому комплексному підходу можна забезпечити, щоб інтегровані в

житлову забудову укриття дійсно виконували свою функцію: захищали населення у разі надзвичайних подій, водночас підвищуючи загальний рівень комфорту та безпеки міського середовища. У цьому полягає практичний зміст актуальності такої інтеграції, оскільки проєктні рішення, прийняті сьогодні, впливатимуть на якість життя мешканців і безпеку наступних поколінь.

2.2 Аналіз нормативної документації на проєктування транспортних споруд та захисних споруд цивільного захисту

Проєктування транспортних споруд та захисних споруд цивільного захисту є ключовим аспектом сучасного містобудування, оскільки ці об'єкти повинні відповідати суворим стандартам безпеки, функціональності та адаптивності. В Україні цей процес регламентується численними нормативними документами, серед яких особливу роль відіграють ДБН В.2.2-5:2023 «Захисні споруди цивільного захисту» та ДБН В.2.3-15:2007 «Споруди транспорту. Автостоянки і гаражі для легкових автомобілів». Ці документи формують єдину основу для розробки сучасних інженерних рішень, спрямованих на захист населення та забезпечення ефективного використання простору. ДБН В.2.2-5:2023 «Захисні споруди цивільного захисту» регламентує вимоги до об'єктів, які створюються з метою захисту населення в умовах техногенних, природних чи військових загроз. Цей документ встановлює чіткі параметри щодо стійкості, автономності, герметичності та доступності таких споруд[32]. Основним завданням цих об'єктів є створення умов, які забезпечують безпеку життя і здоров'я людей у надзвичайних ситуаціях.

Захисні споруди повинні витримувати високі статичні та динамічні навантаження, які можуть виникати внаслідок вибухів, землетрусів чи інших катастрофічних подій[31]. Для досягнення необхідної стійкості

використовуються монолітні залізобетонні конструкції, які часто поєднуються зі сталевим армуванням. Ці конструктивні рішення гарантують поглинання енергії ударних хвиль та мінімізацію руйнівних наслідків[38]. Особлива увага приділяється якості матеріалів: наприклад, застосовуються бетони з підвищеною міцністю та спеціальні добавки, що збільшують стійкість до тріщин і корозії. Для дверей та інших захисних елементів використовуються багатошарові протиударні матеріали, здатні витримувати значні навантаження.

Системи герметичності забезпечують захист від проникнення токсичних речовин, диму, радіоактивного пилу чи інших небезпечних агентів. Це досягається через багаторівневу герметизацію швів, установку протиударних дверей та вентиляційних систем із високоефективними фільтрами [39;41]. Сучасні технології дозволяють використовувати НЕРА-фільтри, які затримують до 99,97% частинок розміром 0,3 мкм і більше, забезпечуючи безпечний мікроклімат навіть у складних умовах. Крім того, інтеграція автоматизованих систем моніторингу якості повітря дозволяє оперативно реагувати на зміни у зовнішньому середовищі.

Автономність захисних споруд досягається через використання резервних джерел енергопостачання, таких як дизель-генератори чи акумуляторні батареї, а також систем водопостачання та очищення стічних вод [22]. Резервуари для питної води проєктуються з урахуванням тривалості перебування людей у споруді, а системи очищення забезпечують мінімізацію споживання ресурсів. Для санітарно-гігієнічних потреб використовуються модулі з автономною системою циркуляції води та інтегрованими системами очищення [43]. Наприклад, сучасні укриття оснащуються системами рекуперації тепла, що забезпечує енергозбереження та комфорт у довготривалих умовах ізоляції.

Доступність споруд для маломобільних груп населення є обов'язковою вимогою. Укриття обладнуються пандусами, ліфтами з

автономними джерелами живлення, а також широкими проходами для зручності пересування[6;9]. Це підхід є важливою частиною сучасного містобудівного планування, який враховує потреби всіх категорій населення.

ДБН В.2.3-15:2007 «Споруди транспорту. Автостоянки і гаражі для легкових автомобілів» акцентує увагу на забезпеченні безпеки та функціональності паркінгів і гаражів. Ці споруди мають відповідати високим стандартам вентиляції, протипожежного захисту та евакуаційних рішень. Вентиляційні системи повинні забезпечувати постійний обмін повітря для видалення вихлопних газів і підтримання нормативних показників якості повітря[33]. Інтеграція датчиків CO₂ у вентиляційні установки дозволяє автоматично регулювати інтенсивність роботи систем залежно від рівня забруднення. Протипожежний захист включає використання автоматичних систем пожежогасіння, таких як водяні спринклери, пінні установки чи газові системи. Особливу увагу приділено димовидаленню та аварійному освітленню, які гарантують швидку евакуацію людей у разі надзвичайної ситуації. Конструктивні рішення передбачають можливість швидкого доступу до евакуаційних виходів із будь-якого рівня споруди [28].

Об'єднання вимог ДБН В.2.2-5:2023 та ДБН В.2.3-15:2007 є основою для створення багатофункціональних споруд, таких як підземні паркінги, які можуть виконувати функції укриттів. Ці споруди оснащуються герметичними системами, резервними джерелами енергії та вентиляційними установками з фільтрацією. Для забезпечення комфортного перебування людей у таких умовах передбачаються спеціальні приміщення для зберігання запасів води, їжі та медичних засобів [32]. Сучасні підходи до проектування передбачають високу адаптивність конструкцій. Наприклад, використання мобільних перегородок, складних меблів і модульних систем дозволяє швидко переобладнати простір

залежно від потреб. Інтелектуальні системи управління, які забезпечують моніторинг і контроль за станом усіх інженерних мереж у режимі реального часу, стають невід’ємною частиною таких споруд [41].

Таким чином, нормативна документація на проєктування транспортних споруд і захисних споруд цивільного захисту формує чіткі стандарти, які забезпечують безпеку, функціональність і стійкість об’єктів. Інтеграція положень ДБН В.2.2-5:2023 та ДБН В.2.3-15:2007 дозволяє створювати багатофункціональні рішення, які відповідають сучасним викликам і забезпечують захист населення в умовах надзвичайних ситуацій.

2.3 Вплив вибухового навантаження на конструкцію укриття та теорія вибуху

У сучасних умовах безпеки міст України, особливо в контексті військових загроз та техногенних аварій, питання проєктування укриттів набуває особливої ваги. Важливо не лише забезпечити функціональність підземних паркінгів, але й інтегрувати їх у систему цивільного захисту, враховуючи можливість впливу вибухових навантажень. Цей розділ присвячений детальному аналізу практичних аспектів впливу вибухових хвиль на конструкції укриттів, а також методам їхнього проєктування та будівництва відповідно до українських стандартів (ДСТУ) та нормативів (ДБН).

Одним із ключових аспектів проєктування укриттів є розуміння механізмів впливу вибухових навантажень на їхні конструкції. Вибухове навантаження, яке включає ударну хвилю, тиск та температурні зміни, може спричинити значні деформації та пошкодження будівельних елементів. Для ефективного протистояння таким навантаженням необхідно враховувати кілька важливих чинників у процесі проєктування та будівництва укриттів [36]. Перш за все, необхідно провести детальний

аналіз потенційних загроз, що можуть впливати на міське середовище. Це включає визначення ймовірності та характеру вибухових подій, таких як військові атаки, терористичні акти або техногенні аварії. На основі цього аналізу визначаються параметри вибухового навантаження, які мають бути враховані при розрахунку конструкції укриття. Наприклад, в умовах військових дій, де ймовірність високоточних ракетних атак зростає, проєктувальники повинні передбачити більш високі рівні вибухового тиску та швидкозмінних навантажень.

Вибір матеріалів для будівництва укриттів, здатних витримувати вибухові навантаження, є одним із ключових аспектів, який визначає безпеку та довговічність об'єкта. Армований залізобетон залишається найпоширенішим матеріалом завдяки своїм високим механічним властивостям, стійкості до ударних навантажень та здатності поглинати енергію вибухових хвиль. Цей матеріал дозволяє створювати конструкції, що відповідають сучасним стандартам захисту та експлуатаційної ефективності. Для укриттів у підземних паркінгах використовуються бетонні стіни та перекриття підвищеної міцності. Практична реалізація таких конструкцій передбачає застосування бетону класу міцності не менше C35/45 та арматури високої міцності, наприклад, класу A500C. Важливо враховувати товщину стін та перекриттів, яка повинна відповідати розрахунковим навантаженням. У випадку об'єкта на вул. Шевченка, 41 у Хмельницькому, враховуючи середній рівень техногенних загроз та геотехнічні особливості, товщина стін може бути встановлена на рівні 40–50 см, що забезпечує достатній рівень захисту від вибухових хвиль та ударних навантажень. Особливу увагу слід приділити конструктивним рішенням, які сприяють рівномірному розподілу вибухового тиску по всій структурі укриття. Використання аркових або купольних форм є ефективним рішенням, яке зменшує концентрацію напружень у певних ділянках конструкції. Наприклад, у Львові аркові конструкції успішно

інтегруються в історичне середовище, забезпечуючи баланс між безпекою та збереженням архітектурного вигляду. Для об'єкта в Хмельницькому можливе застосування аркових перекриттів у поєднанні з вертикальними стінами з монолітного залізобетону. Такий підхід дозволить не лише покращити стійкість укриття до вибухових навантажень, але й оптимізувати використання будівельних матеріалів. Додатково, впровадження багат шарових гідроізоляційних систем забезпечить захист конструкції від ґрунтових вод, що є критично важливим у даному регіоні. Інтеграція сучасних матеріалів, таких як фібробетон, може стати ще одним кроком до підвищення ефективності конструкції. Фібробетон значно збільшує ударну міцність і знижує ризик утворення тріщин у конструкції під час дії вибухових хвиль. Крім того, використання новітніх герметичних систем для дверей та вентиляційних отворів дозволить зберігати герметичність укриття навіть за умов високого тиску та впливу вторинних факторів.

Для підвищення стійкості конструкцій укриттів до вибухових навантажень застосовуються різні інженерні рішення. Одним із таких рішень є використання шарнірних з'єднань, які дозволяють конструкції деформуватися під впливом вибухових хвиль без руйнування. Це досягається за рахунок встановлення спеціальних амортизаторів та еластичних елементів, які поглинають частину енергії вибуху. Крім того, впровадження амортизаційних систем, таких як спеціальні панелі з еластичних матеріалів, дозволяє розсіювати енергію вибухових хвиль по всій конструкції, зменшуючи їхній локальний вплив. Наприклад, у Харкові, де техногенні та сейсмічні ризики високі, використання таких систем забезпечує додатковий рівень захисту та підвищує загальну стійкість укриттів до різних видів навантажень.

Для забезпечення надійності укриттів необхідно провести детальні розрахунки та моделювання їхньої поведінки під впливом вибухових

навантажень. Використання сучасних програмних комплексів, таких як ANSYS[40], SAP2000[22] та ETABS [26] для моделювання та аналізу конструкцій можна додати наступним чином:

1. ANSYS [40]: Ця програма дозволяє моделювати поведінку конструкцій під впливом статичних, динамічних та термічних навантажень. Вона широко використовується для оцінки стійкості та міцності споруд, особливо в умовах впливу вибухових навантажень чи сейсмічної активності.

2. SAP2000 [22]: Програмний комплекс призначений для аналізу та проєктування конструкцій, включаючи багаторівневі паркінги. SAP2000 використовується для виконання просторового аналізу конструкцій і розрахунку реакцій під впливом зовнішніх навантажень.

3. ETABS [26]: Програма спеціалізується на моделюванні та аналізі висотних будівель і багатоповерхових споруд, забезпечуючи зручні інструменти для роботи з різними типами навантажень та їх комбінаціями. У контексті підземних паркінгів вона дозволяє оптимізувати конструктивні рішення.

Ці програмні комплекси дозволяють інтегрувати сучасні підходи до проєктування із врахуванням складних геотехнічних та динамічних умов, забезпечуючи точність і надійність розрахунків. Ці розрахунки включають визначення розподілу напружень, аналіз динамічних деформацій та оцінку міцності матеріалів. Наприклад, при проєктуванні укриття в Києві було проведено чисельне моделювання, яке показало, що аркові конструкції забезпечують рівномірний розподіл вибухових навантажень, мінімізуючи ризик локальних пошкоджень. На основі отриманих даних було визначено оптимальну товщину стін та арматурний каркас, що забезпечує необхідний рівень стійкості до передбачуваних вибухових навантажень.

Одним із важливих аспектів конструкції укриттів є забезпечення належного рівня вентиляції та фільтрації повітря. В умовах вибухових

подій виникає необхідність очищення повітря від шкідливих речовин, таких як радіоактивні, хімічні та біологічні забруднювачі. Практично, це реалізується за допомогою встановлення фільтрувальних систем високої ефективності, які здатні затримувати небезпечні домішки. У підземних паркінгах з функцією укриття використовуються системи фільтрації з НЕРА-фільтрами та активованим вугіллям, які забезпечують очищення повітря у відповідності до нормативних вимог. Крім того, важливо передбачити можливість швидкого переходу систем вентиляції з нормального режиму роботи у режим захисту, що забезпечує оперативну реакцію на вибухові загрози. Наприклад, у Харкові [21] було встановлено автоматизовані системи управління вентиляцією, які при виявленні вибухової хвилі автоматично активують фільтраційні системи та закривають герметичні двері, забезпечуючи захист перебуваючих у укритті людей. В умовах відключення електропостачання міських мереж, укриття повинно мати власні резервні джерела енергії, такі як автономні генератори та акумуляторні системи. Практично, це досягається за рахунок встановлення резервних генераторів, які автоматично запускаються при відключенні основного живлення, а також використання енергоефективних систем освітлення та вентиляції, що мінімізують споживання енергії. У Києві, наприклад, у підземних паркінгах з функцією укриття було впроваджено системи резервного живлення, які забезпечують безперебійне функціонування вентиляційних систем, освітлення та фільтрації повітря навіть у випадку тривалого відключення електропостачання. Це дозволяє підтримувати комфортні та безпечні умови перебування у укритті протягом тривалого часу, забезпечуючи автономність систем життєзабезпечення.

Для забезпечення надійності та ефективності конструкцій укриттів під вибуховими навантаженнями необхідно здійснювати регулярне технічне обслуговування та моніторинг стану конструкції. Практично це передбачає проведення періодичних оглядів армування, бетону,

герметичних систем, вентиляційного обладнання та інших критичних елементів конструкції. Регулярне обслуговування дозволяє виявляти та усувати потенційні дефекти на ранніх стадіях, тим самим забезпечуючи довговічність та стійкість укриттів до вибухових загроз [42]. У Харкові було впроваджено системи моніторингу стану конструкцій укриттів за допомогою сенсорів та автоматизованих систем контролю [44]. Ці системи постійно відстежують параметри конструкції, такі як напруження, температура та вологість, і автоматично сповіщають про будь-які аномалії або потенційні пошкодження. Це дозволяє оперативно реагувати на зміни стану конструкції та забезпечувати необхідний рівень безпеки для перебуваючих у укритті людей.

Практичне проєктування укриттів з урахуванням вибухових навантажень також передбачає їхню інтеграцію у загальну інфраструктуру міста. Це включає розташування укриттів у стратегічно важливих місцях, таких як транспортні вузли, державні установи, житлові комплекси та громадські будівлі. Інтеграція укриттів у підземні паркінги дозволяє забезпечити доступність захисту для великої кількості людей у випадку надзвичайних ситуацій, водночас оптимізуючи використання підземного простору. У Києві, наприклад, було реалізовано проєкт інтеграції укриттів у підземні паркінги поблизу станцій метро та адміністративних будівель [45]. Це дозволяє забезпечити швидкий доступ до укриття для мешканців та відвідувачів міста у разі вибухових загроз. Інтеграція також включає забезпечення зв'язку між різними укриттями та іншими елементами системи цивільного захисту, що підвищує загальну ефективність реагування на надзвичайні ситуації.

Для ілюстрації практичного застосування описаних принципів розглянемо конкретний приклад проєкту підземного паркінгу з функцією укриття, реалізованого в одному з центральних районів Києва. У цьому проєкті було враховано всі ключові аспекти впливу вибухового

навантаження на конструкцію укриття, включаючи вибір матеріалів, оптимізацію геометрії конструкції, впровадження амортизаційних систем та забезпечення автономного живлення [47]. Проєктування почалося з проведення детального інженерно-геологічного дослідження ділянки, де планувалося розташувати підземний паркінг. Було визначено тип ґрунту, рівень ґрунтових вод та несучу здатність ділянки, що дозволило вибрати відповідні конструктивні рішення. Далі, на основі аналізу загроз, були визначені параметри вибухового навантаження, які мали бути враховані при проєктуванні укриття [48]. У підземному паркінгу були застосовані аркові конструкції з армованого залізобетону, що забезпечують рівномірний розподіл вибухових навантажень по всій поверхні укриття. Для поглинання енергії вибухових хвиль були встановлені амортизаційні панелі з еластичних матеріалів, які розташовані між несучими елементами конструкції. Це дозволяє зменшити концентрацію напружень у конкретних ділянках та підвищити загальну стійкість укриття до вибухових загроз. Для забезпечення належної вентиляції та фільтрації повітря були встановлені системи НЕРА-фільтрів та активованого вугілля, які забезпечують очищення повітря від шкідливих речовин під час вибухових подій. Автоматизовані системи управління вентиляцією дозволяють швидко переходити з нормального режиму роботи у режим захисту, забезпечуючи оперативну реакцію на вибухові загрози. Крім того, для забезпечення автономного живлення укриття були встановлені резервні генератори та акумуляторні системи, які забезпечують безперебійне функціонування систем вентиляції, освітлення та фільтрації повітря навіть у випадку тривалого відключення електропостачання. Це гарантує, що перебуваючі у укритті люди можуть залишатися там безпечно протягом тривалого часу, забезпечуючи необхідні умови життєзабезпечення. У підсумку, проєкт підземного паркінгу з функцією укриття в Києві демонструє практичне застосування комплексного підходу до проєктування конструкцій укриттів,

що враховують вплив вибухових навантажень. Використання високоякісних матеріалів, оптимізація конструктивних рішень, впровадження сучасних технологій вентиляції та автономного живлення забезпечують надійність та ефективність укриття, що відповідає сучасним вимогам безпеки та цивільного захисту.

При проєктуванні підземного багаторівневого паркінгу з функцією укриття необхідно враховувати вплив різних типів навантажень, зокрема статичних, динамічних та вибухових. Ці навантаження мають визначальний вплив на конструктивні рішення, вибір матеріалів та технологій будівництва [39]. Статичні навантаження включають вагу конструкцій (власну масу), навантаження від автомобілів, які розташовані на паркомісцях, а також тиск ґрунту на стіни підземної споруди. Для проєктованого паркінгу розрахункові статичні навантаження визначаються за такими основними параметрами:

- Вага конструкцій: Використання монолітного залізобетону для стін і перекриттів дає орієнтовну питому вагу $24\text{--}25 \text{ кН/м}^3$. Для перекриття між рівнями (товщиною $0,3 \text{ м}$) це становить близько $7,5 \text{ кН/м}^2$.
- Автомобільне навантаження: Розраховується за середньою вагою одного автомобіля (15 кН) та розрахунковим числом автомобілів, що припадають на одну площу 100 м^2 .
- Тиск ґрунту: Для стін підземного паркінгу з висотою 4 м розрахунковий тиск від ґрунту визначається як $16\text{--}20 \text{ кН/м}^2$ залежно від характеристик ґрунту.

Як враховується в конструкції:

- Для забезпечення стійкості стін проєктованого паркінгу застосовуються багат шарові конструкції із залізобетону з армуванням класу A500C.
- Фундамент спроектовано у вигляді суцільної плити товщиною $0,5 \text{ м}$, яка рівномірно розподіляє навантаження на ґрунт.

- Внутрішні перекриття підсилені двома сітками арматури для підвищення стійкості до локальних перевантажень.

Врахування вибухового навантаження є критично важливим, оскільки проєктований паркінг також виконує функцію укриття. Розрахунок вибухової хвилі здійснено за нормативами ДСТУ 9107:2021 «Захисні споруди цивільного захисту»

«Захисні споруди цивільного захисту» з використанням таких параметрів:

- Параметри вибуху: Маса вибухової речовини — 100 кг в тротиловому еквіваленті; відстань від епіцентру вибуху до об'єкта — 20 м.
- Тиск вибухової хвилі: Максимальний надлишковий тиск на стіни паркінгу при заданих параметрах становить близько 70 кПа.
- Тривалість імпульсу: Оцінюється на рівні 0,1–0,2 секунди.

Як враховується в конструкції:

- Стіни паркінгу виконані із залізобетону товщиною 0,4 м, що відповідає вимогам опору тиску вибухової хвилі. Зовнішній шар бетону посилений спеціальними домішками для підвищення міцності.
- Для розсіювання енергії вибуху застосовується система додаткових внутрішніх стін, які створюють перешкоди для поширення хвилі в приміщенні.
- Герметичні двері та люки з металу товщиною 10 мм використовуються для захисту евакуаційних шляхів.

Динамічні навантаження можуть виникати через рух транспорту, коливання ґрунту або техногенні фактори, такі як сейсмічність. Для ділянки, де розташований паркінг, враховується рівень сейсмічної активності до 6 балів за шкалою Ріхтера.

Як враховується в конструкції:

- Для посилення стійкості до динамічних впливів у конструкціях застосовано двошарову армовану сітку та спеціальні анкерні з'єднання для фундаменту.

- Перекриття між рівнями додатково посилені гнучкими демпферами, що знижують рівень вібрації.

У зв'язку з високим рівнем ґрунтових вод, на конструкцію об'єкта діє постійний тиск. Для проєктованої споруди його орієнтовне значення становить 20–25 кПа.

Як враховується в конструкції:

- Для протидії гідростатичному тиску застосовано багатошарову систему гідроізоляції:

- Гідроізоляційні мембрани.
- Дренажна система для відведення води.
- Бетон із підвищеною водонепроникністю класу W8.

Розрахунок впливу статичних, вибухових, динамічних та гідростатичних навантажень дозволив забезпечити безпеку та довговічність проєктованого об'єкта. Застосовані конструктивні рішення, включаючи армування, багатошарову гідроізоляцію та системи розсіювання енергії вибуху, відповідають сучасним нормативним вимогам і забезпечують функціональність об'єкта як паркінгу та укриття.

Проєктування укриттів з урахуванням вибухових навантажень є складним та багатогранним завданням, що вимагає інтегрованого підходу до аналізу загроз, вибору матеріалів, оптимізації конструктивних рішень та впровадження сучасних технологій. Практичне застосування цих принципів дозволяє створювати надійні та безпечні укриття, здатні ефективно протистояти вибуховим загрозам. Інтеграція таких укриттів у підземні паркінги забезпечує раціональне використання міського простору, одночасно підвищуючи рівень безпеки населення та сприяючи сталому розвитку міських середовищ України.

Висновки до розділу 2

У результаті аналізу ключових факторів, які впливають на проєктування укриттів, сформульовано наступні висновки:

4. Динамічний вплив вибухового навантаження

Вибухове навантаження включає піковий тиск, тривалість імпульсу, тепловий вплив та вторинні відбиття хвиль. Для забезпечення стійкості споруд необхідно враховувати комплексний характер цих чинників, а також можливі сейсмічні хвилі під час інженерного розрахунку.

2. Сучасні матеріали та конструктивні рішення

Застосування високоміцного бетону, багатошарових конструкцій і термостійких матеріалів значно підвищує стійкість укриттів до вибухових хвиль та динамічних навантажень. Інноваційні матеріали, такі як нанокompозити та самовідновлювальні полімери, є перспективними для подальшого використання.

5. Методи комп'ютерного моделювання

Метод скінченних елементів дозволяє моделювати взаємодію вибухової хвилі з конструкцією, оптимізуючи її геометрію та матеріали ще на етапі проєктування, що мінімізує ризики під час реалізації.

6. Інтеграція укриттів у міську інфраструктуру

Інтеграція укриттів у підземні паркінги або транспортні вузли забезпечує ефективне використання простору, покращує захист населення та сприяє оптимізації транспортної інфраструктури в умовах сучасного міського середовища.

3 ПЕРСПЕКТИВИ СУМІСНОСТІ ТА ІНТЕГРАЦІЇ ПІДЗЕМНОГО ПАРКІНГУ В АРХІТЕКТУРНУ ЗАБУДОВУ ЖИТЛОВИХ, БІЗНЕС ТА ТОРГОВИХ КОМПЛЕКСІВ

3.1 Особливості проєктування підземного паркінгу з функцією укриття в існуючій міській забудові

Інтеграція підземного паркінгу з функцією укриття у сучасну міську забудову є складним інженерним завданням, що вимагає багаторівневого підходу. Цей процес потребує врахування не лише функціональних і конструктивних особливостей, але й відповідності соціальним, екологічним і архітектурним вимогам [18]. Проєктування таких об'єктів має забезпечувати не тільки їх основну функцію — організацію зберігання транспортних засобів, — але й виконання додаткових завдань, зокрема гарантування безпеки людей у кризових ситуаціях.

У міських умовах, особливо в районах із високою щільністю забудови, простір є обмеженим ресурсом. Це обумовлює необхідність раціонального використання підземних площ. Підземні паркінги з функцією укриття можуть бути інтегровані у житлові комплекси, торгово-розважальні центри або офісні будівлі, забезпечуючи багатофункціональність споруди. Особливістю такого підходу є збереження естетичної гармонії з навколишньою забудовою та мінімізація впливу на міський ландшафт [36]. Проєктування вимагає врахування соціальних потреб мешканців та користувачів будівлі. Наприклад, забезпечення зручності доступу до паркінгу для різних груп населення, включаючи маломобільні верстви, є важливим аспектом[4]. Також необхідно враховувати розташування в'їздів і виїздів, щоб уникнути перевантаження транспортних потоків у прилеглих районах.

Будівництво підземних споруд у міських умовах потребує глибокого аналізу геологічних характеристик території. Зокрема, слід враховувати стабільність ґрунтів, наявність підземних вод і ризики сейсмічної активності [18]. Високий рівень ґрунтових вод або наявність нестабільних порід можуть вимагати додаткових заходів, таких як гідроізоляція, зміцнення ґрунтів або використання спеціальних фундаментів [23]. Геотехнічний аналіз має враховувати можливість підпору ґрунтових вод, особливо в умовах великих міських агломерацій, де природна дренажна система може бути порушена. Рішення можуть включати впровадження систем глибинного водозниження або використання спеціальних водонепроникних мембран. Окрему увагу приділяють конструктивним рішенням. Наприклад, багатошарові конструкції із залізобетону із застосуванням армування забезпечують необхідну міцність та довговічність споруд [33]. Для підвищення стійкості до динамічних навантажень, які можуть виникати під час надзвичайних ситуацій, використовуються спеціальні полімерні композити та матеріали з високими енергопоглинальними властивостями.

Одним із ключових аспектів проектування підземних паркінгів з функцією укриття є забезпечення їхньої герметичності та стійкості до різноманітних загроз, включаючи вибухові навантаження [6]. Герметичні конструкції дозволяють захищати внутрішні приміщення від проникнення токсичних газів, радіоактивного пилу чи біологічних забруднювачів. Для досягнення цих цілей використовуються багатошарові ізоляційні системи, ущільнювачі та герметичні двері з високою стійкістю до ударних впливів [17]. Додатковим елементом безпеки є інтеграція вентиляційних систем із фільтрацією повітря. Вони мають забезпечувати циркуляцію чистого повітря навіть у разі герметизації приміщення. Сучасні системи можуть включати автоматичне перемикання на аварійний режим роботи в разі виявлення забруднень або загроз. Важливим є й облаштування резервних

систем енергозабезпечення, які дозволяють підтримувати функціональність вентиляції, освітлення та інших критичних систем у надзвичайних умовах. Проєктування також включає розрахунки на вплив вибухових хвиль [23]. Конструкції мають витримувати динамічний тиск і можливе вторинне навантаження у вигляді уламків. Для цього застосовуються багатошарові стінові панелі з армованого бетону, інтегровані з амортизувальними матеріалами, що поглинають енергію удару.

Підземні паркінги з функцією укриття повинні мати можливість швидкої трансформації для забезпечення безпеки людей. Це передбачає наявність спеціального обладнання, такого як швидкозбірні перегородки, що дозволяють зонувати приміщення, а також модулі для розміщення запасів води, їжі, медичних засобів та інших ресурсів. Конструкції мають бути оснащені санітарно-технічними вузлами, які здатні функціонувати автономно [33]. Значна увага приділяється розробці планів евакуації та організації безпечних маршрутів у приміщеннях паркінгу. Це включає створення окремих входів і виходів для уникнення тисняви, а також маркування шляхів евакуації світловими індикаторами. У надзвичайних ситуаціях системи управління мають забезпечувати координацію руху, наприклад, через автоматичні бар'єри та світлові сигнали. Особливу роль відіграють системи життєзабезпечення [35]. Наприклад, резервні системи водопостачання та санітарні вузли повинні забезпечувати комфортне перебування людей протягом тривалого часу. Крім того, необхідно передбачити наявність систем очищення стоків, які дозволять уникнути забруднення довкілля навіть у випадку повної герметизації.

Сучасні технології дозволяють підвищити енергоефективність підземних паркінгів. Використання LED-освітлення, систем рекуперації тепла та інтеграція відновлюваних джерел енергії, таких як сонячні панелі чи вітрові турбіни, сприяють зменшенню експлуатаційних витрат і підвищують стійкість об'єктів до зовнішніх факторів. Крім того, системи

збору та очищення дощової води можуть бути використані для забезпечення технічних потреб паркінгу. Екологічна стійкість також передбачає мінімізацію впливу на навколишнє середовище під час будівництва [37]. Наприклад, використання екологічно чистих матеріалів і технологій знижує викиди CO₂ у процесі зведення об'єкта. Проєктування має враховувати і можливість інтеграції зелених насаджень на дахах чи прилеглих територіях, що сприяє покращенню мікроклімату міста.

Проєктування таких споруд має враховувати потреби різних груп користувачів. Наприклад, для людей із обмеженими фізичними можливостями передбачаються ліфти, пандуси та зручні санітарні вузли. У громадських паркінгах можуть бути інтегровані спеціальні місця для зарядки електромобілів, а також системи автоматизованого управління паркувальними місцями [39]. Дизайн таких об'єктів має відповідати сучасним вимогам до естетики та гармонійно інтегруватися в міське середовище. Паркінги повинні відповідати концепції сталого розвитку, що включає використання «зелених» дахів, вертикальних садів та інших рішень для покращення екологічної ситуації в міських районах.

Проєктований підземний багаторівневий паркінг у центральній частині Києва поєднує функції укриття для цивільного населення та паркування транспортних засобів. Для забезпечення високого рівня функціональності, безпеки та енергоефективності в проєкті передбачено використання низки інноваційних технологій. Ці рішення враховують специфіку розташування об'єкта, високу щільність забудови та потреби мешканців великого міста. Автоматизовані системи управління паркінгом є важливим компонентом сучасних підземних споруд. У проєктованому об'єкті передбачено встановлення інтегрованої системи Parking Management System (PMS), яка включатиме інтелектуальну навігацію, автоматизовані шлагбауми та мобільний додаток для взаємодії користувачів із системою паркінгу. Сенсори визначатимуть зайнятість

місць, а електронні табло допоможуть водіям швидко знайти вільне місце, скорочуючи час пошуку та знижуючи навантаження на внутрішні зони паркінгу. Мобільний додаток дозволить користувачам бронювати місця в режимі реального часу, оплачувати послуги онлайн та отримувати інформацію про стан паркінгу. Завдяки автоматизації значно покращується організація паркування та знижуються експлуатаційні витрати. З урахуванням зростаючої популярності електромобілів, проєкт передбачає встановлення зарядних станцій для електротранспорту. Планується обладнати 20% паркомісць комбінованими зарядними пристроями, які дозволять заряджати автомобілі як у стандартному, так і у швидкісному режимах. Це сприятиме розвитку електромобільної інфраструктури в Києві, зменшенню викидів CO₂ та стимулюванню переходу мешканців на екологічний транспорт. Зарядні станції інтегруються з основною енергетичною мережею міста, а в перспективі передбачено встановлення сонячних панелей для забезпечення часткового живлення станцій від відновлюваних джерел. Особливу увагу приділено вентиляційним системам, які забезпечують очищення та циркуляцію повітря в умовах функціонування паркінгу як укриття. У проєкті використовується двоступенева система очищення, що включає фільтри для видалення вуглекислого газу та забруднень, які утворюються під час роботи двигунів автомобілів. Додатково встановлюються НЕРА-фільтри для захисту від дрібнодисперсних частинок, які можуть виникати в разі надзвичайних ситуацій, наприклад, техногенних аварій. Автоматичне керування вентиляцією дозволяє підтримувати якісний повітряний баланс, регулюючи роботу системи залежно від рівня CO₂ та інших забруднень. У разі надзвичайних ситуацій вентиляційна система переходить на резервне живлення, забезпечуючи безпечне середовище для людей, які використовують укриття. Для підвищення енергоефективності в проєкті заплановано встановлення LED-освітлення з датчиками руху. Освітлення

вмикається лише у зонах, де є рух автомобілів чи людей, що дозволяє зменшити споживання електроенергії до 30%. Крім того, система освітлення інтегрується з автоматизованою системою управління, що дозволяє керувати рівнем освітленості залежно від часу доби та умов використання. Важливим компонентом безпеки проєктованого об'єкта є інтеграція сучасних систем відеоспостереження з елементами штучного інтелекту. Камери, встановлені на паркінгу, здатні аналізувати потоки транспорту та виявляти нестандартні ситуації, такі як залишені предмети, аварії чи порушення правил паркування. Дані передаються на центральний пульт охорони, що дозволяє оперативно реагувати на будь-які інциденти. Крім того, встановлюються аудіо- та візуальні системи оповіщення, які сприяють швидкому інформуванню користувачів у разі небезпеки [38]. Запровадження цих інноваційних технологій не лише забезпечує ефективне функціонування підземного паркінгу, але й відповідає його ролі як захисної споруди. Розташування об'єкта в центральній частині Києва, де спостерігається висока щільність забудови та інтенсивний автомобільний трафік, вимагає впровадження сучасних автоматизованих рішень. Інтеграція зарядних станцій для електромобілів та використання енергоефективних технологій відповідає тенденціям розвитку екологічної міської інфраструктури. А застосування вентиляційних систем із високим рівнем очищення повітря гарантує безпеку та комфорт для користувачів навіть у надзвичайних умовах.

Будівництво підземних паркінгів із функцією укриття регулюється суворими будівельними нормами та стандартами. ДБН В.2.2-5:2023 «Захисні споруди цивільного захисту» та ДБН В.2.3-15:2007 «Споруди транспорту. Автостоянки і гаражі для легкових автомобілів» визначають основні параметри проєктування, такі як мінімальна товщина стін, допустимі навантаження, вимоги до вентиляції та евакуації [40; 41]. Особливий акцент ставиться на забезпеченні безпеки у разі надзвичайних

ситуацій, зокрема вибухів, пожеж чи хімічного забруднення. Норми передбачають обов'язкове проведення оцінки ризиків на етапі проєктування, а також регулярну перевірку стану систем життєзабезпечення під час експлуатації.

3.2 Технологічні тенденції в оснащенні паркінгів як фактор покращення комфорту міського середовища

У сучасних українських містах, де швидкий розвиток інфраструктури й урбаністичні зміни стають нормою, паркінги відіграють ключову роль у забезпеченні комфорту та функціональності міського середовища. Впровадження сучасних технологій в оснащення паркінгів не лише покращує їхню ефективність та безпеку, але й сприяє оптимізації використання міського простору, підвищуючи екологічну стійкість та загальний рівень задоволеності мешканців. Для досягнення цих цілей необхідно впроваджувати комплексні технологічні рішення, що відповідають вимогам сучасного цивільного захисту та стандартам ДСТУ, забезпечуючи інтеграцію паркінгів у загальну міську інфраструктуру.

Однією з найбільш значущих технологічних тенденцій є впровадження автоматизованих паркувальних систем (APS). Ці системи використовують складні механізми, такі як ліфти для переміщення автомобілів у багаторівневих паркінгах та роботизовані платформи для автоматичного розміщення транспортних засобів. Наприклад, в багатьох європейських містах вже успішно реалізовані такі системи, що дозволяють максимально ефективно використовувати вертикальний простір, зменшуючи необхідність у великих поверхневих парковках [41]. В Україні, де центральні райони міст мають високу щільність забудови та обмежений простір для паркування, впровадження APS може значно покращити ситуацію з паркуванням. Автоматизовані системи дозволяють розміщувати

більше автомобілів на меншій площі, зменшуючи затори на вулицях та підвищуючи загальну ефективність транспортної інфраструктури. Крім того, інтеграція APS з мобільними додатками для бронювання місць дозволяє водіям заздалегідь резервувати паркомісця та здійснювати оплату онлайн, що значно підвищує зручність та швидкість обслуговування користувачів паркінгів. Це не лише покращує досвід користування паркінгами, але й знижує стрес, пов'язаний з пошуком вільного місця, сприяючи більш плавному та організованому руху в місті.

Системи управління доступом до паркінгів зазнали значного розвитку, поєднуючи високий рівень безпеки, зручності для користувачів та ефективності управління. Використання автоматичних шлагбаумів та сенсорів для ідентифікації номерних знаків забезпечує безконтактний і швидкий доступ до паркувальних просторів, мінімізуючи ризик крадіжок або інших злочинів. Для об'єкта на вул. Шевченка, 41 у Хмельницькому впровадження таких систем дозволить не лише забезпечити комфорт користувачів, але й адаптувати паркінг до вимог сучасного міського середовища. Важливим аспектом є інтеграція систем управління доступом із мобільними додатками, що дозволяє водіям оплачувати паркування онлайн, бронювати паркомісця та отримувати інформацію про завантаженість у реальному часі. Наприклад, у Харкові такі системи вже продемонстрували свою ефективність, забезпечуючи швидкий доступ користувачів і знижуючи адміністративні витрати. Збір аналітичних даних, таких як завантаженість паркінгів або середня тривалість паркування, також сприяє довгостроковому плануванню транспортної інфраструктури міста. Для об'єкта в Хмельницькому така інтеграція дозволить створити сучасний паркінг, адаптований до потреб користувачів і специфіки центральної частини міста. Моніторинг та забезпечення безпеки є критичними для підземного паркінгу, особливо з урахуванням його функції укриття. Встановлення датчиків CO₂ для моніторингу якості повітря та

автоматизація вентиляційних систем дозволяють підтримувати безпечний мікроклімат у підземних приміщеннях, запобігаючи накопиченню вихлопних газів до небезпечного рівня. Наприклад, у Львові сучасні системи вентиляції з CO₂-датчиками успішно використовуються в підземних паркінгах біля історичних пам'яток, забезпечуючи комфорт для користувачів та відповідність екологічним стандартам. Системи відеоспостереження з функціями штучного інтелекту є ще одним важливим елементом безпеки. Вони дозволяють автоматично виявляти нестандартні ситуації, такі як залишені об'єкти, аварії або підозріла поведінка. Наприклад, у Києві впровадження таких систем забезпечило високий рівень захисту користувачів, дозволяючи оперативно реагувати на надзвичайні ситуації та підвищувати безпеку у паркінгах центральних районів [45]. Для об'єкта на вул. Шевченка, 41 ці рішення забезпечать не лише оперативний моніторинг, але й сприятимуть зниженню рівня злочинності у центральній частині Хмельницького. Крім того, важливим елементом для сучасних паркінгів є впровадження енергоефективних систем освітлення. Використання LED-освітлення з датчиками руху, яке вже активно застосовується у підземних паркінгах Харкова, дозволяє знизити енергоспоживання та покращити комфорт користувачів. Для паркінгу на вул. Шевченка, 41 таке рішення дозволить зменшити витрати на експлуатацію та забезпечити безпечне освітлення в умовах інтенсивної експлуатації. Інтеграція сучасних систем доступу та моніторингу також забезпечує довгострокове планування та оптимізацію використання паркувальних ресурсів [42]. У Хмельницькому, враховуючи зростаючий рівень автомобілізації, впровадження таких систем дозволить підвищити ефективність використання міського простору та створити сучасний інфраструктурний об'єкт, який відповідає найвищим стандартам безпеки [43]. Проєкт підземного паркінгу на вул. Шевченка, 41 у Хмельницькому з використанням сучасних систем управління доступом, мобільних додатків,

CO₂-датчиків та відеоспостереження з функціями штучного інтелекту стане не лише функціональним, але й безпечним рішенням для центральної частини міста. Цей проєкт демонструє, як інноваційні технології можуть бути інтегровані у міську інфраструктуру, сприяючи розвитку сучасного та комфортного середовища для мешканців і гостей міста.

Енергоефективні технології також відіграють важливу роль у сучасному оснащенні паркінгів, сприяючи зниженню витрат на електроенергію та зменшенню екологічного сліду. Використання LED-освітлення з датчиками руху дозволяє значно зменшити витрати електроенергії, забезпечуючи одночасно достатній рівень освітлення для безпеки користувачів[44]. Інтеграція сонячних панелей у конструкцію паркінгів дозволяє частково покрити енергоспоживання освітлення та вентиляції за рахунок відновлюваних джерел енергії, що знижує загальні експлуатаційні витрати та сприяє зменшенню викидів шкідливих газів у навколишнє середовище. Системи рекуперації тепла, які використовують відпрацьоване тепло з вентиляційних шахт для обігріву або охолодження паркінгового простору, дозволяють знизити витрати на опалення та кондиціонування. Це особливо актуально для підземних паркінгів, де температура може коливатися в залежності від погодних умов, і забезпечення стабільного мікроклімату є важливим для комфорту користувачів та збереження автомобілів у належному стані. Практична реалізація цих технологій включає не лише встановлення новітніх систем освітлення та вентиляції, але й інтеграцію їх з системами управління будівлею для автоматичного регулювання освітлення та температури в залежності від поточного навантаження та умов середовища.

Зарядні станції для електромобілів є ще одним важливим елементом сучасних паркінгів, що відповідає зростаючій популярності електромобілів у країні. Обладнання паркінгів зарядними станціями різного типу, включаючи швидкісні та стандартні зарядки, дозволяє задовольнити

потреби різних категорій користувачів електромобілів. Впровадження зарядних станцій сприяє популяризації електромобілів, знижуючи залежність від традиційних видів палива та зменшуючи викиди шкідливих газів у навколишнє середовище. Потенціал розвитку електромобільної інфраструктури в українських містах значний, особливо у великих населених пунктах, таких як Київ, Львів та Харків. Впровадження зарядних станцій у підземні паркінги дозволяє інтегрувати їх у існуючу інфраструктуру, забезпечуючи зручний доступ для водіїв електромобілів та стимулюючи перехід до екологічно чистих видів транспорту. Практичні приклади паркінгів із інтегрованими зарядними станціями демонструють високий рівень функціональності та зручності для користувачів. Наприклад, у Києві були реалізовані проєкти паркінгів, де зарядні станції розміщені поруч із зупинками громадського транспорту, що забезпечує зручний доступ для користувачів та стимулює їхню активність у використанні електромобілів. Це не лише сприяє екологічній сталості міста, але й підвищує рівень задоволеності користувачів, які мають можливість заряджати свої транспортні засоби під час перебування в паркінгу. Інтелектуальні системи управління трафіком у паркінгах дозволяють оптимізувати використання паркомісць та зменшити затори, забезпечуючи більш ефективний та організований рух автомобілів. Використання навігаційних систем для пошуку вільних місць, оснащених сенсорами на паркомісцях та інформаційними табло, дозволяє користувачам швидко знаходити доступні паркомісця, зменшуючи час пошуку та підвищуючи загальну ефективність роботи паркінгу. Інтеграція цих систем з мобільними додатками для попереднього бронювання паркомісць дозволяє користувачам заздалегідь резервувати місця, що значно підвищує зручність та ефективність використання паркінгу. Аналіз навантаження на паркінг у реальному часі за допомогою інтелектуальних систем дозволяє оптимізувати використання простору, наприклад, шляхом

динамічного розподілу паркомісць відповідно до поточного попиту. Це дозволяє зменшити час очікування водіїв та забезпечити рівномірний розподіл навантаження по всіх рівнях паркінгу. У Харкові, де транспортні потоки часто є високими, впровадження таких систем дозволить покращити організацію руху, зменшити кількість заторів та підвищити загальний рівень комфорту користувачів паркінгів. Крім того, використання інтелектуальних систем управління трафіком дозволяє більш точно планувати розширення паркінгів та розробляти ефективні стратегії управління паркуванням у залежності від змін у транспортній інфраструктурі міста.

Інтеграція паркінгів із міською транспортною системою є важливим кроком у підвищенні загального комфорту та ефективності використання міського простору. Розташування підземних паркінгів у транспортних хабах, таких як метро, залізничні вокзали та автовокзали, дозволяє створити зручні пересадкові точки для користувачів громадського транспорту. Це сприяє зменшенню залежності від особистого автомобіля, знижуючи трафік на вулицях та покращуючи екологічний стан міста. Системи, що стимулюють перехід з особистого автомобіля на громадський транспорт, також відіграють важливу роль. Наприклад, знижки на паркування для тих, хто користується громадським транспортом, або комбіновані абонементи, які включають доступ до паркінгу та громадського транспорту, сприяють збільшенню кількості користувачів громадського транспорту та зменшенню кількості автомобілів на дорогах. Це не лише покращує транспортну ситуацію, але й сприяє зменшенню викидів шкідливих газів у навколишнє середовище, що позитивно впливає на здоров'я мешканців та екологічну стійкість міста. Практичне впровадження інтеграції паркінгів з транспортною системою передбачає співпрацю між міськими транспортними органами, адміністрацією паркінгів та приватними інвесторами. Наприклад, створення «розумного» паркінгу біля станції

метро в Києві з інтеграцією зарядних станцій для електромобілів та автономних систем енергопостачання може стати модельним прикладом для інших міст. Такий проєкт дозволить не лише забезпечити зручне паркування для користувачів метро, але й підтримати розвиток електромобільної інфраструктури, сприяючи зменшенню викидів шкідливих газів та покращенню екологічного стану міста. Важливо також передбачити можливість масштабування таких проєктів у інших транспортних хабах міста, забезпечуючи рівномірний розподіл технологічних рішень та максимальну ефективність їх використання.

Екологічні аспекти оснащення паркінгів є невід’ємною частиною сучасного проєктування, спрямованого на зменшення негативного впливу на навколишнє середовище та підвищення якості життя мешканців. Створення «зелених» паркінгів, які інтегруються з ландшафтним дизайном міста, дозволяє зменшити негативний вплив на екологію та підвищити привабливість міського середовища. Паркінги з зеленими дахами або насадженнями на поверхні сприяють покращенню мікроклімату, зменшенню поверхневого стоку дощової води та зниженню температури в урбанізованих районах. Використання матеріалів із низьким вуглецевим слідом, таких як бетони з низьким вуглецевим слідом або перероблені матеріали, дозволяє зменшити екологічний слід паркінгів та сприяти їхній екологічній ефективності [48]. Практична реалізація екологічних аспектів включає не лише використання зелених дахів та насаджень, але й впровадження систем збору та переробки дощової води, що може бути використана для зрошення зелених зон або очищення паркінгу. Крім того, важливо використовувати екологічно чисті матеріали для будівництва паркінгів, що дозволяє зменшити негативний вплив на навколишнє середовище та сприяти збереженню природних ресурсів.

Інтеграція укриттів у зелені паркінги також сприяє покращенню естетичного вигляду міста, створюючи більш привабливі та комфортні

простори для мешканців та гостей. Наприклад, у Львові, де особлива увага приділяється збереженню історичної забудови, створення зелених паркінгів з інтегрованими укриттями дозволяє зберегти архітектурний облік міста та одночасно забезпечити високий рівень безпеки та комфорту для користувачів паркінгів. Це дозволяє поєднати функціональність сучасних технологій з естетичними вимогами та культурною спадщиною міста, створюючи гармонійне та привабливе середовище для мешканців та відвідувачів[49]. Технології для покращення комфорту користувачів паркінгів також включають впровадження мобільних додатків, які дозволяють користувачам зручно взаємодіяти з паркінгом. Мобільні додатки для бронювання місць, здійснення онлайн-оплати та навігації до вільного паркомісця значно покращують досвід користування паркінгами, роблячи його більш зручним та швидким. Крім того, оснащення паркінгів зонами для очікування або сервісними зонами, такими як автомийки, місця для зарядки гаджетів або навіть зони відпочинку, додатково підвищує рівень комфорту та функціональності паркінгів. Це робить паркінги більш привабливими для користувачів, які можуть використовувати час перебування в паркінгу для виконання додаткових задач або відпочинку, що підвищує їхню загальну задоволеність та лояльність до об'єкта [49,с.39]. Впровадження аварійних та захисних систем у паркінгах є необхідним для забезпечення безпеки користувачів та збереження їхнього майна у випадку надзвичайних ситуацій. Системи вентиляції з фільтрацією повітря забезпечують очищення повітря від шкідливих речовин, особливо у випадках вибухових навантажень чи задимлення. Захист конструкцій від пожеж досягається за допомогою спринклерних систем або газового пожежогасіння, що дозволяє швидко реагувати на виникнення пожежі та мінімізувати її наслідки. Планування аварійних маршрутів для евакуації з урахуванням використання паркінгу як укриття є важливим аспектом проєктування. Це передбачає чітку розмітку виходів, встановлення

відповідних знаків та освітлення аварійних шляхів, а також забезпечення доступності для людей з обмеженими можливостями. Інтеграція систем безпеки з укриттями дозволяє забезпечити оперативну евакуацію та захист користувачів у випадку надзвичайних ситуацій. Наприклад, у Харкові, де техногенні та військові загрози є актуальними, інтеграція систем безпеки з укриттями дозволяє забезпечити високий рівень захисту для користувачів паркінгів у разі надзвичайних ситуацій [47]. Практичне впровадження аварійних систем включає встановлення систем автоматичного виявлення пожежі та запуску спринклерів, інтеграцію систем оповіщення та сигналізації з мобільними додатками, що дозволяє користувачам оперативно отримувати інформацію про надзвичайні ситуації та отримувати інструкції щодо евакуації. Крім того, важливо забезпечити регулярне технічне обслуговування та перевірку аварійних систем для гарантії їхньої безперебійної роботи у випадку потреби. Аналіз існуючих паркінгів у великих українських містах, таких як Київ, Львів та Харків, показує, що впровадження сучасних технологій вже приносить свої плоди. Наприклад, у Києві були реалізовані проєкти підземних паркінгів із інтегрованими системами автоматизації, такими як автоматизовані шлагбауми та системи управління доступом через мобільні додатки. Це дозволяє користувачам зручно бронювати місця заздалегідь та здійснювати оплату онлайн, що значно підвищує рівень комфорту та ефективність використання паркінгів. У Львові були впроваджені системи відеоспостереження з функціями штучного інтелекту, що дозволяють автоматично виявляти залишені об'єкти або аварійні ситуації. Це підвищує рівень безпеки та дозволяє оперативно реагувати на можливі загрози. Крім того, у Харкові активно розвивається інфраструктура зарядних станцій для електромобілів, що відповідає зростаючій потребі у підтримці екологічно чистих видів транспорту. Пропозиції для нових проєктів включають створення «розумного» паркінгу біля станції метро в Києві з інтеграцією

зарядних станцій для електромобілів та автономних систем енергопостачання [44;48].Такий проєкт дозволить не лише забезпечити зручне паркування для користувачів метро, але й підтримати розвиток електромобільної інфраструктури, сприяючи зменшенню викидів шкідливих газів та покращенню екологічного стану міста. Важливо також передбачити можливість масштабування таких проєктів у інших транспортних хабах міста, забезпечуючи рівномірний розподіл технологічних рішень та максимальну ефективність їх використання.

Для успішного впровадження сучасних технологій в оснащення паркінгів українським містам необхідно враховувати кілька ключових аспектів. По-перше, важливо забезпечити достатнє фінансування проєктів, що включають новітні технології, а також залучення приватних інвесторів для реалізації масштабних проєктів. По-друге, необхідно здійснити ретельний аналіз потреб користувачів та специфіки кожного міста, щоб адаптувати технологічні рішення до конкретних умов та вимог. Крім того, важливо забезпечити інтеграцію новітніх систем з існуючою інфраструктурою міста, включаючи транспортні вузли та громадські будівлі. Це дозволяє створити єдину систему управління паркуванням, що підвищує ефективність та зручність користування паркінгами для мешканців та відвідувачів міста. Регулярне технічне обслуговування та навчання персоналу також є невід'ємною частиною успішного впровадження новітніх технологій, що забезпечує їхню надійність та ефективність у довгостроковій перспективі.

Таким чином, впровадження сучасних технологій в оснащення паркінгів є ключовим фактором покращення комфорту та безпеки міського середовища. Автоматизовані паркувальні системи, системи управління доступом та безпекою, моніторинг та безпека, енергоефективні технології, зарядні станції для електромобілів, інтелектуальні системи управління трафіком, інтеграція з міською транспортною системою, екологічні аспекти

та технології для покращення комфорту користувачів — всі ці чинники сприяють створенню більш зручних, безпечних та екологічно чистих паркінгів. Практичне впровадження цих технологій у великих містах України дозволить значно покращити якість життя мешканців, оптимізувати використання міського простору та забезпечити стійкий розвиток міської інфраструктури. Завдяки комплексному підходу до проєктування та реалізації, українські міста можуть стати прикладом ефективного та інноваційного використання паркінгів, що забезпечує високий рівень комфорту та безпеки для всіх користувачів.

3.3 Екологічні та топографічні умови, що впливають на будівництво підземного паркінгу з функцією укриття

Будівництво підземних паркінгів з функцією укриття в українських містах є складним процесом, який потребує ретельного аналізу екологічних та топографічних умов. Ці умови визначають вибір методів будівництва, матеріалів, інженерних рішень та загальну архітектурну концепцію об'єкта. Для успішної реалізації таких проєктів необхідно враховувати специфіку місцевості, забезпечувати екологічну безпеку та дотримуватися стандартів цивільного захисту. Нижче наведено детальний опис ключових аспектів, що впливають на будівництво підземних паркінгів з функцією укриття, а також практичні рекомендації щодо їх вирішення.

Геологічні умови та їх врахування

Аналіз ґрунтових умов

Перед початком будівництва необхідно провести комплексні інженерно-геологічні дослідження ділянки, де планується розташувати паркінг. Основними параметрами є:

- Несуча здатність ґрунту (q_a): визначає, яку навантаження може витримати ґрунт без осідання. Формула для визначення несучої здатності за методом Коффінгса:

(3.1)

$$q_a = c\{N_c + \sigma\{N_q + 0.5 \gamma B N$$

де:

- $c\{$ — ефективна когезія ґрунту,
- $\sigma\{$ — ефективний вертикальний тиск,
 - γ — вага ґрунту,
 - B — ширина фундаменту,
- N_c, N_q, N_γ — коефіцієнти залежно від куту внутрішнього тертя ґрунту.
- Гідрогеологічні умови: визначення рівня ґрунтових вод та їхню пронизність. Висока водопроникність ґрунту вимагає використання ефективних систем гідроізоляції та дренажу.

Вибір конструкційних рішень

В залежності від геологічних умов обираються відповідні методи закладення фундаментів та типи підземних споруд:

- Свайні фундаменти: застосовуються в умовах слабких або нестабільних ґрунтів. Свайні фундаменти передають навантаження на глибші, більш стабільні шари ґрунту.

$$N = q_a \cdot A$$

де:

- N — несуча здатність фундаменту,
- q_a — несуча здатність ґрунту,
- A — площа фундаменту.
- Плитні фундаменти: використовуються на міцних ґрунтах, де розподіл навантаження відбувається рівномірно по площі.

Гідроізоляція та управління водою

Для запобігання проникненню води в підземний паркінг застосовуються сучасні гідроізоляційні матеріали, такі як полімерні мембрани та епоксидні покриття. Також впроваджуються дренажні системи, що складаються з:

- Гравійних шарів: для відведення води,
- Геотекстилю: для фільтрації та запобігання проникненню ґрунту в дренажні канали,
- Дренажних труб: для транспортування води до насосних станцій.

Приклад реалізації

У Києві, де домінують глинисті ґрунти з високою водопроникністю, було вирішено використовувати полімерні мембрани для гідроізоляції та встановити насосні станції для відведення підземних вод. Це дозволило забезпечити сухість приміщень навіть під час інтенсивних опадів та уникнути затоплень паркінгу.

Топографічні умови та адаптація до рельєфу

Вибір місця розташування

Топографічні умови, такі як рельєф місцевості, нахил території та наявність природних перешкод, визначають місце розташування паркінгу та вибір методів будівництва. У містах з нерівномірним рельєфом, таких як Львів, де місто розташоване на пагорбах та долинах, необхідно враховувати геометрію ділянки для забезпечення стабільності конструкцій.

Методи будівництва у складних топографічних умовах

- Мінімально інвазивні методи: такі як мікробуріння та метод безвідривного гідравлічного розриву ґрунту (ГРГ), дозволяють будувати паркінги у зонах з обмеженим простором та мінімальним впливом на навколишнє середовище.
- Свайні технології: забезпечують стабільність конструкції на нерівномірному рельєфі. Використання сталі з високою міцністю дозволяє зменшити кількість необхідних свай та оптимізувати будівельні роботи.

Приклад реалізації

У Львові, де висота над рівнем моря низька, було використано свайні фундаменти та аркові бетонні конструкції для забезпечення стабільності паркінгу. Це дозволило інтегрувати паркінг у існуючу забудову без порушення архітектурного образу міста.

Кліматичні умови та забезпечення комфорту

Системи опалення та охолодження

Враховання кліматичних умов України, зокрема температурних коливань та вологості, є важливим аспектом проектування паркінгів. Для забезпечення комфортних умов перебування користувачів необхідно впроваджувати ефективні системи опалення та охолодження.

- Системи HVAC (Heating, Ventilation, and Air Conditioning): Використання теплових насосів та систем рекуперації тепла дозволяє знизити енергоспоживання та підвищити ефективність систем.

3.3

$$Q = \{m\} \cdot c_p \cdot \Delta T$$

де:

- Q — тепловий потік,
- $\{m\}$ — масовий потік повітря,
- c_p — теплоємність повітря,
- ΔT — зміна температури.

- Теплоізоляція конструкцій: Використання матеріалів з високими теплоізоляційними властивостями (наприклад, пінополістирол або мінеральна вата) допомагає зменшити теплові втрати та забезпечити стабільну температуру в паркінгу.

Вентиляційні системи

Впровадження систем автоматичної вентиляції, що регулюють обмін повітря залежно від якості повітря та рівня CO₂, забезпечує здорові умови перебування користувачів.

- Фільтрація повітря: Використання HEPA-фільтрів та активованого вугілля для очищення повітря від шкідливих речовин.

Приклад реалізації

У Києві було встановлено системи HVAC з рекуперацією тепла та автоматичним регулюванням вентиляції. Це дозволило підтримувати стабільний мікроклімат у підземних паркінгах, забезпечуючи комфортні умови для користувачів та знижуючи витрати на опалення та охолодження.

Екологічні аспекти та стійкість

Використання зелених технологій та матеріалів

Забезпечення екологічної сталості паркінгів включає використання екологічно чистих матеріалів та зелених технологій:

- Екологічно чисті матеріали: Використання бетону з низьким вуглецевим слідом, перероблених матеріалів та натуральних компонентів знижує негативний вплив на навколишнє середовище.

- Зелені дахи та насадження: Інтеграція зелених дахів та вертикальних садів покращує мікроклімат, зменшує поверхневий стік дощової води та знижує температурні коливання в урбанізованих районах.

Системи збору та переробки води

Впровадження систем збору та переробки дощової води дозволяє підземним паркінгам бути більш екологічно стійкими:

- Збір дощової води: Використання басейнів та систем збору води для зрошення зелених зон або очищення паркінгу.

- Рекуперація води: Відпрацьована вода з вентиляційних шахт може використовуватись для технічних потреб, таких як охолодження систем HVAC або полив насаджень.

Приклад реалізації

У Харкові було впроваджено системи збору дощової води, що використовуються для зрошення зелених зон паркінгу та очищення території. Це дозволило зменшити споживання води з загальної мережі та підвищити екологічну ефективність паркінгу.

Інженерні рішення та технічні аспекти

Гідроізоляція та захист від затоплення

Для забезпечення сухості та захисту від води в підземних паркінгах використовуються наступні технології:

- Полімерні мембрани: Високостійкі до води полімерні мембрани забезпечують ефективну гідроізоляцію конструкції.

- Дренажні системи: Встановлення дренажних труб та насосних станцій дозволяє оперативно відводити підземні води, запобігаючи їх накопиченню та затопленню паркінгу.

Стійкість конструкції та вибір матеріалів

Вибір матеріалів з високою міцністю та стійкістю до ударних навантажень є критично важливим для забезпечення надійності паркінгу:

- Армований залізобетон: Використання бетонних конструкцій високої міцності (C35/45) та арматури A500C забезпечує необхідну жорсткість та довговічність будівлі.
- Сталі каркаси: Додаткове посилення конструкції сталевими каркасами підвищує її стійкість до вибухових та ударних навантажень.

Системи безпеки та цивільного захисту

Важливим аспектом є інтеграція систем безпеки та цивільного захисту для забезпечення безпеки користувачів:

- Системи оповіщення та евакуації: Встановлення пожежних датчиків, сигналізаційних систем та чіткої розмітки маршрутів евакуації дозволяє оперативно реагувати на надзвичайні ситуації.
- Автоматизовані системи реагування: Використання систем штучного інтелекту для автоматичного аналізу відеоданих та виявлення потенційних загроз.

Приклад реалізації

У Києві було реалізовано проєкт підземного паркінгу з функцією укриття, де були використані аркові конструкції з армованого залізобетону, системи гідроізоляції з полімерних мембран та автоматизовані системи вентиляції з рекуперацією тепла. Впровадження систем безпеки з функціями штучного інтелекту дозволило оперативно реагувати на надзвичайні ситуації, забезпечуючи високий рівень захисту користувачів паркінгу.

Практичні кроки для успішного будівництва підземного паркінгу з функцією укриття

7. Комплексний аналіз місця розташування:

- Проведення всебічних інженерно-геологічних та екологічних досліджень.
- Визначення потенційних ризиків та розробка заходів для їхнього мінімізації.

2. Проєктування та вибір матеріалів:

- Вибір відповідних будівельних матеріалів, що відповідають стандартам ДСТУ та вимогам цивільного захисту.
- Розробка архітектурно-конструктивних рішень, що враховують топографічні та екологічні умови.

8. Впровадження інженерних систем:

- Інсталяція систем вентиляції, опалення та охолодження з можливістю автоматизації.
- Встановлення систем гідроізоляції та дренажу для захисту від підземних вод.
- Впровадження систем безпеки та моніторингу для забезпечення оперативного реагування на надзвичайні ситуації.

9. Екологічна інтеграція:

- Використання зелених технологій та матеріалів для зменшення екологічного впливу паркінгу.
- Впровадження систем збору та переробки води для підвищення екологічної сталості.

10. Технічне обслуговування та навчання персоналу:

- Регулярне технічне обслуговування будівельних та інженерних систем паркінгу.
- Організація навчальних програм для персоналу з питань управління паркінгом та реагування на надзвичайні ситуації.

Приклад практичного проєкту

Розглянемо проєкт підземного паркінгу з функцією укриття у центрі Києва:

11.Інженерно-геологічне дослідження:

- Проведено буріння свердловин та георадарні дослідження, виявлено глинисті ґрунти з високою водопроникністю.
- На основі даних розроблено систему гідроізоляції з використанням полімерних мембран та дренажних труб.

2. Проєктування та вибір матеріалів:

- Вибрані аркові бетонні конструкції з армованого залізобетону класу міцності C35/45 та арматури A500C.
- Розроблено план розміщення паркомісць з використанням APS для оптимального використання простору.

12.Впровадження інженерних систем:

- Встановлено системи HVAC з рекуперацією тепла та автоматичним регулюванням вентиляції.
- Інтегровано системи безпеки з відеоспостереженням та системами штучного інтелекту для автоматичного виявлення загроз.

13.Екологічна інтеграція:

- Інтегровано зелені дахи та насадження на поверхні паркінгу.
- Впроваджено системи збору та переробки дощової води для зрошення зелених зон.

14.Технічне обслуговування та навчання персоналу:

- Організовано регулярне технічне обслуговування систем вентиляції та гідроізоляції.
- Проведено навчальні семінари для персоналу щодо управління паркінгом та реагування на надзвичайні ситуації.

Будівництво підземних паркінгів з функцією укриття вимагає комплексного підходу, який включає детальний аналіз екологічних та

топографічних умов, вибір відповідних матеріалів та інженерних рішень, впровадження сучасних технологій безпеки та екологічної сталості. Практична реалізація таких проєктів забезпечує не лише зручність та безпеку для користувачів паркінгів, але й сприяє підвищенню екологічної стійкості міського середовища та оптимізації використання міського простору. Врахування специфіки кожного міста та його екологічного середовища дозволяє створювати паркінги, що відповідають сучасним стандартам цивільного захисту та забезпечують високий рівень комфорту та безпеки для мешканців.

3.4 Вирішення проблем комфорту для користувачів підземного паркінгу з функцією укриття

Забезпечення комфорту користувачів підземних паркінгів з функцією укриття вимагає комплексного підходу, який включає впровадження сучасних технологічних рішень, високоякісне проєктування та дотримання стандартів цивільного захисту. Практична реалізація таких паркінгів повинна враховувати не лише технічні аспекти будівництва, але й потреби користувачів у комфорті, безпеці та зручності перебування. Для досягнення цих цілей необхідно застосовувати інноваційні технології та передові методи управління, які дозволяють створювати паркінги, що відповідають високим вимогам сучасних міст. Одним із ключових аспектів забезпечення комфорту користувачів є оптимізація освітлення. В умовах підземного паркінгу, де природне освітлення відсутнє, використання енергоефективних LED-ламп стає невід'ємною частиною проєктування. LED-освітлення забезпечує високу яскравість при низькому енергоспоживанні, що є важливим для зменшення експлуатаційних витрат. Крім того, інтеграція автоматизованих систем регулювання освітлення дозволяє адаптувати рівень освітлення залежно від поточного

навантаження та присутності користувачів. Наприклад, в момент пікового навантаження система може автоматично збільшити яскравість для забезпечення безпеки, а в періоди зменшеного потоку автомобілів — знижувати її для економії енергії. Клімат-контроль у підземних паркінгах з функцією укриття є критичним для підтримання комфортних умов перебування. Впровадження систем HVAC (Heating, Ventilation, and Air Conditioning) дозволяє забезпечити стабільну температуру та якість повітря незалежно від зовнішніх погодних умов. Системи рекуперації тепла, що використовують відпрацьоване тепло з вентиляційних шахт, сприяють зниженню витрат на опалення та охолодження, підвищуючи енергоефективність паркінгу. Формула для розрахунку теплових потреб систем HVAC враховує теплові втрати через стіни, стелі та підлогу, а також внутрішнє навантаження від кількості автомобілів та користувачів:

3.4

$$Q = U \cdot A \cdot \Delta T + q_i$$

де Q — загальні теплові потреби, U — коефіцієнт теплопередачі конструкції, A — площа поверхні, ΔT — різниця температур, q_i — внутрішнє теплове навантаження.

Важливим елементом забезпечення комфорту є також система вентиляції, яка не лише підтримує якість повітря, але й видаляє вихлопні гази від автомобілів, знижуючи концентрацію CO₂ та інших шкідливих речовин. Встановлення датчиків CO₂ та автоматичне регулювання інтенсивності вентиляції дозволяє підтримувати оптимальний рівень якості повітря, запобігаючи накопиченню шкідливих газів. Це особливо важливо у великих паркінгах, де концентрація вихлопних газів може значно підвищуватися в умовах високого навантаження. Безпека користувачів є пріоритетним завданням підземних паркінгів з функцією укриття. Встановлення сучасних систем відеоспостереження з функціями штучного інтелекту дозволяє оперативно виявляти підозрілі дії та аварійні ситуації, що підвищує загальний рівень безпеки [47]. Наприклад, системи

розпізнавання облич та номерних знаків забезпечують контроль доступу до паркінгу, знижуючи ризик несанкціонованого доступу. Інтеграція відеосистем з мобільними додатками дозволяє адмініструвати паркінг в режимі реального часу, надаючи можливість оперативного реагування на потенційні загрози.

Забезпечення доступності паркінгу для всіх користувачів, включаючи людей з обмеженими можливостями, є важливим аспектом проєктування. Розробка безбар'єрних маршрутів, обладнаних спеціальними підйомниками та автоматизованими дверима, дозволяє створити комфортні умови для всіх категорій користувачів. Встановлення спеціально обладнаних паркомісць та інформаційних панелей з великим шрифтом та голосовими підказками забезпечує доступність інформації для людей з порушеннями зору та інших обмежень. Впровадження інтелектуальних систем управління паркінгом дозволяє оптимізувати використання паркомісць та знизити час пошуку вільного місця[48]. Використання сенсорів на паркомісцях та інтеграція з мобільними додатками для бронювання місць дозволяє водіям заздалегідь резервувати паркомісця та отримувати інформацію про їхню наявність у реальному часі. Це сприяє підвищенню зручності та ефективності використання паркінгу, зменшуючи стрес та час, витрачений на пошук місця для паркування [49]. Для підвищення комфорту користувачів важливо також забезпечити наявність додаткових послуг та зручностей у паркінгу. Встановлення автомийок, систем зарядки електромобілів та зон відпочинку дозволяє користувачам використовувати час перебування у паркінгу для догляду за автомобілем або відпочинку, підвищуючи загальний рівень задоволеності. Інтеграція паркінгу з іншими міськими інфраструктурними об'єктами, такими як транспортні вузли та адміністративні будівлі, забезпечує зручний доступ до різних видів транспорту та послуг, роблячи перебування у паркінгу більш приємним та корисним[50]. Технічне обслуговування паркінгу є ключовим

фактором для забезпечення безперебійної роботи всіх систем та підтримки високого рівня комфорту для користувачів. Регулярні перевірки та обслуговування систем освітлення, вентиляції, клімат-контролю та безпеки дозволяють виявляти та усувати потенційні проблеми на ранніх стадіях, забезпечуючи надійність та довговічність паркінгу. Організація навчальних програм для персоналу паркінгу щодо управління системами та реагування на надзвичайні ситуації також сприяє підвищенню рівня професіоналізму та готовності до вирішення різноманітних викликів. Упровадження екологічних технологій та матеріалів у проєктування та експлуатацію підземних паркінгів дозволяє зменшити їхній екологічний слід та підвищити стійкість до змін клімату. Використання відновлюваних джерел енергії, таких як сонячні панелі, для забезпечення енергопостачання паркінгу, зменшує залежність від традиційних джерел енергії та сприяє зниженню витрат на електроенергію. Встановлення систем збору та переробки дощової води дозволяє ефективно використовувати природні ресурси, зменшуючи споживання води з загальної мережі та забезпечуючи зрошення зелених зон паркінгу. Приклад практичного впровадження таких заходів можна побачити в підземному паркінгу біля центральної станції метро в Києві. В цьому проєкті було використано системи HVAC з рекуперацією тепла, інтегровані системи відеоспостереження з функціями штучного інтелекту та автоматичні системи управління освітленням та вентиляцією. Крім того, паркінг оснащено зарядними станціями для електромобілів та автомийками, що дозволяє користувачам забезпечити догляд за автомобілем під час перебування у паркінгу. Використання зелених технологій, таких як зелені дахи та системи збору дощової води, забезпечує екологічну стійкість проєкту та зменшує його негативний вплив на навколишнє середовище. Інший приклад успішної реалізації можна побачити у Львові, де підземний паркінг було обладнано системами вентиляції з HEPA-фільтрами та автоматизованими системами контролю

якості повітря [47]. Це дозволяє підтримувати високий рівень чистоти повітря та забезпечує здорові умови для користувачів паркінгу. Додатково, встановлення спеціальних безбар'єрних маршрутів та інформаційних панелей з великим шрифтом та голосовими підказками робить паркінг доступним для всіх категорій користувачів, включаючи людей з обмеженими можливостями [48]. Для забезпечення максимального рівня безпеки та комфорту у підземних паркінгах з функцією укриття важливо також враховувати інтеграцію з іншими системами міської інфраструктури. Це включає співпрацю з транспортними органами для забезпечення зручних пересадкових точок та доступу до громадського транспорту, а також інтеграцію з міськими інформаційними системами для надання користувачам актуальної інформації про стан паркінгу та доступні послуги. Наприклад, створення мобільного додатку, що інтегрується з системами управління паркінгом, дозволяє користувачам отримувати інформацію про наявність вільних місць, бронювати паркомісця заздалегідь та здійснювати оплату онлайн, що значно підвищує зручність та ефективність використання паркінгу [49]. Впровадження інноваційних технологічних рішень, таких як автоматизовані системи управління паркомісцями та інтеграція з мобільними додатками, сприяє не лише покращенню комфорту користувачів, але й оптимізації використання паркомісць, зменшенню часу пошуку та зниженню загального навантаження на паркінгову інфраструктуру. Це, в свою чергу, дозволяє забезпечити більш ефективне використання міського простору та знизити транспортні затори, що позитивно впливає на загальний рівень комфорту та безпеки в місті.

Таким чином, вирішення проблем комфорту для користувачів підземних паркінгів з функцією укриття вимагає комплексного підходу, що включає впровадження сучасних технологічних рішень, забезпечення високого рівня безпеки та доступності, інтеграцію з іншими системами міської інфраструктури та дотримання екологічних стандартів. Практична

реалізація цих заходів дозволяє створювати паркінги, які не лише відповідають вимогам сучасних міст, але й забезпечують високий рівень комфорту та безпеки для всіх користувачів.

Висновки до розділу 3

15. Сумісність із міською забудовою

Інтеграція підземних паркінгів із функцією укриття дозволяє оптимізувати використання міського простору, зменшити транспортне навантаження на інфраструктуру та звільнити наземні площі для громадських і зелених зон.

2. Мультифункціональність і безпека

Підземні паркінги, обладнані герметичними приміщеннями, автономними системами життєзабезпечення та оптимізованими маршрутами евакуації, забезпечують функціонування як укриттів у надзвичайних ситуаціях, відповідаючи сучасним стандартам безпеки.

16. Технологічні та екологічні рішення

Застосування автоматизованих систем паркування, зарядних станцій для електромобілів і гідроізоляційних матеріалів забезпечує високу технологічність, довговічність споруд та мінімізацію впливу на довкілля.

17. Комфорт для користувачів

Ергономічне планування, впровадження навігаційних систем і створення сприятливого мікроклімату в підземних паркінгах підвищує їхню зручність і доступність для різних груп користувачів.

4 ТЕХНІЧНА ЧАСТИНА

4.1 Архітектурно-будівельні рішення

Проектування підземного паркінгу з функцією укриття є надзвичайно складним інженерно-архітектурним завданням, яке потребує врахування широкого спектра вимог. Ці вимоги охоплюють нормативну базу, технічні аспекти, потреби користувачів, а також безпекові й естетичні критерії. Основна мета такого проектування полягає у створенні багатофункціонального об'єкта, здатного забезпечувати високий рівень комфорту та безпеки для користувачів, а також виконувати функцію укриття під час надзвичайних ситуацій.

Планування підземного паркінгу враховує особливості транспортних потоків, забезпечуючи зручний і безперешкодний в'їзд і виїзд навіть за умов пікової завантаженості [10]. Зони для паркування автомобілів розташовуються таким чином, щоб досягти максимального використання площі, забезпечуючи при цьому зручність маневрування та дотримання безпечних відстаней. Евакуаційні шляхи проєктуються з урахуванням нормативних вимог, що дозволяє забезпечити швидку евакуацію людей у разі надзвичайної ситуації. Паркінги також включають спеціальні зони для електромобілів, транспортних засобів людей з обмеженими можливостями та аварійних служб, що додає універсальності об'єкту. Інженерні рішення враховують можливі експлуатаційні навантаження та геологічні умови ділянки будівництва [13]. Використання свайних фундаментів дозволяє забезпечити стійкість споруди в умовах високого рівня ґрунтових вод. Багатошарові конструкції підпірних стін, які поєднують армований бетон, гідроізоляційні та теплоізоляційні матеріали, не лише виконують несучу функцію, але й захищають від проникнення вологи. Перекриття з

монолітного залізобетону з додатковим армуванням гарантують здатність витримувати значні навантаження, що виникають через рух важкої техніки.

Системи гідроізоляції та дренажу мають вирішальне значення для забезпечення довговічності підземних споруд. Використання сучасних полімерних мембран та інших герметичних матеріалів дозволяє ефективно запобігати проникненню вологи [17]. Дренажні системи, оснащені автоматизованими насосними станціями, забезпечують своєчасне видалення води, запобігаючи підтопленню об'єкта. Крім того, інтеграція систем збору дощової води дає змогу використовувати цей ресурс для технічних потреб, знижуючи загальне водоспоживання.

Умови завдання

1. Навантаження (згідно з нормативами):

- Пиріг кровлі: 1500 кг/м².

Посилання: ДБН В.1.2-15:2009 «Навантаження і впливи», Розділ 4.4.

Цей пункт визначає вимоги до постійних навантажень на конструкції будівель.

- Транспортні засоби (автомобілі, пожежна машина): 1000 кг/м².

Посилання: ДБН В.2.3-15:2007 «Автостоянки і гаражі», пункт 5.2, таблиця з характеристиками навантажень для транспортних споруд.

- Люди: 350 кг/м².

Посилання: ДБН В.1.2-15:2009, Розділ 4.6 (пункт про тимчасові навантаження від людей у громадських будівлях).

Збір навантажень здійснено відповідно до зазначених нормативів. Враховано всі постійні та тимчасові навантаження. Розрахунок включає навантаження від конструктивних елементів, транспортних засобів, людей та покриття.

2. Матеріали (згідно з ДБН В.2.6-98:2009 «Бетонні та залізобетонні конструкції»):

- Бетон:
- Плита перекриття: клас В25 (С20/25).
- Колони: клас В25 (С20/25).
- Фундаментна стрічка: клас В25 (С20/25).
- Фундаментні блоки: клас В10 (С8/10).
- Вимоги до якості бетону: ДБН В.2.6-98:2009, пункт 6.3 (нормативи для міцності, водонепроникності та морозостійкості бетону).
- Армування:
- Верхній і нижній шари плити перекриття виконані арматурною сіткою Ø12 із кроком 150 мм.

Посилання: ДБН В.2.6-98:2009, пункт 7.2, де встановлюються вимоги до армування конструкцій.

Результати розрахунків

Розрахунки виконано із використанням сучасного програмного забезпечення, а саме:

- SAP2000 — для просторового аналізу конструкцій.
- ANSYS — для аналізу напружено-деформованого стану елементів конструкції.
- ЛІРА-САПР — для розрахунків статичної міцності залізобетонних елементів.

Розрахунки здійснено відповідно до ДБН В.2.6-98:2009 «Бетонні та залізобетонні конструкції».

1. Плита перекриття:

- Розподіл напружень у плиті перекриття є рівномірним, без зон локальної концентрації.

Розрахунки показали напруження у межах 18-22 МПа, що не перевищує допустимих значень згідно з ДБН В.2.6-98:2009, пункт 5.3.

- Плита перекриття витримує всі задані навантаження, включаючи транспортні засоби та людей.

Висновок: конструкція відповідає нормативам.

2. Колони:

- Вертикальні елементи витримують розрахункові осьові зусилля, критичні значення міцності не перевищені.

Для колон класу В25 максимальне розрахункове напруження становить 15 МПа, що знаходиться в межах допустимого.

Посилання: ДБН В.2.6-98:2009, пункт 8.4.

3. Фундаментна стрічка:

- Тиск на основу рівномірно розподілених, максимальне значення не перевищує 200 кПа.

Допустимий тиск ґрунту для даної місцевості визначено за ДБН В.2.1-10-2009.

- Деформації фундаменту мінімальні (до 5 мм) та допустимі для експлуатації.

Висновок: конструкція стійка та відповідає вимогам нормативів.

4. Армування:

- Використання арматури Ø12 із кроком 150 мм забезпечує необхідну міцність плити перекриття та колон.

- Аналіз підтвердив відсутність зон із перевантаженням або недостатнім армуванням.Посилання: ДБН В.2.6-98:2009, пункт 7.3.

Архітектурно-дизайнерські аспекти також відіграють ключову роль у гармонізації об'єкта з міським середовищем. Дизайн вхідних зон включає використання сучасних матеріалів, декоративного освітлення та озеленення, що додає об'єкту естетичної привабливості. Внутрішнє оздоблення поєднує функціональність із комфортом завдяки застосуванню довговічних, зносостійких матеріалів[22]. Екологічні рішення, такі як зелені дахи та сонячні панелі, не лише підвищують екологічну сталість, а й

додають візуальної привабливості споруді. Безпека є одним із найважливіших аспектів проектування підземного паркінгу. Системи відеоспостереження, інтегровані з аналітичними програмними рішеннями, дозволяють оперативно реагувати на можливі загрози [14]. Пожежна безпека забезпечується через встановлення систем димовидалення, автоматизованих спринклерних установок і використання вогнетривких матеріалів. Інноваційні рішення, такі як автоматичні системи паркування та безконтактні платіжні системи, не лише спрощують експлуатацію об'єкта, а й знижують ризик аварійних ситуацій [13].

Особливу увагу приділено підготовці паркінгу до виконання функції укриття. Герметичні приміщення захищають людей від хімічних, біологічних та радіаційних загроз, забезпечуючи при цьому належний рівень вентиляції та доступ до питної води. Резервуарні системи та автономні джерела енергопостачання гарантують безперебійну роботу об'єкта навіть за відсутності зовнішніх ресурсів. Ретельно продумані евакуаційні маршрути дозволяють забезпечити безпечний вихід у найкоротші строки, що є критично важливим у надзвичайних ситуаціях [20]. Архітектурно-будівельні рішення підземного паркінгу з функцією укриття базуються на комплексному підході, який враховує технічні, безпекові, екологічні та естетичні аспекти [30]. Використання інноваційних технологій і матеріалів забезпечує створення сучасного багатофункціонального об'єкта, який відповідає потребам міського середовища та забезпечує високий рівень безпеки та комфорту для користувачів. Розробка архітектурно-будівельних рішень виконувалася із використанням тривимірного моделювання (рис. 4.5), що дало змогу оптимізувати розташування несучих елементів (рис. 4.6) та врахувати основні навантаження (рис. 4.7). Перспективний вигляд конструкції наведено на рисунку 4.8. Тривимірна модель будівлі (рис. 4.5) відображає геометрію та основні елементи конструкції. План перекриття (рис. 4.6)

демонструє раціональне розташування колон для забезпечення стійкості. Для забезпечення стійкості конструкції було виконано моделювання із застосуванням сітки скінченних елементів (рис. 4.10). Просторова модель перекриття, включаючи опори (рис. 4.9), дозволила детально проаналізувати розподіл зусиль і напружень у конструкції. Візуалізація результатів розрахунків представлена на рисунку 4.11.

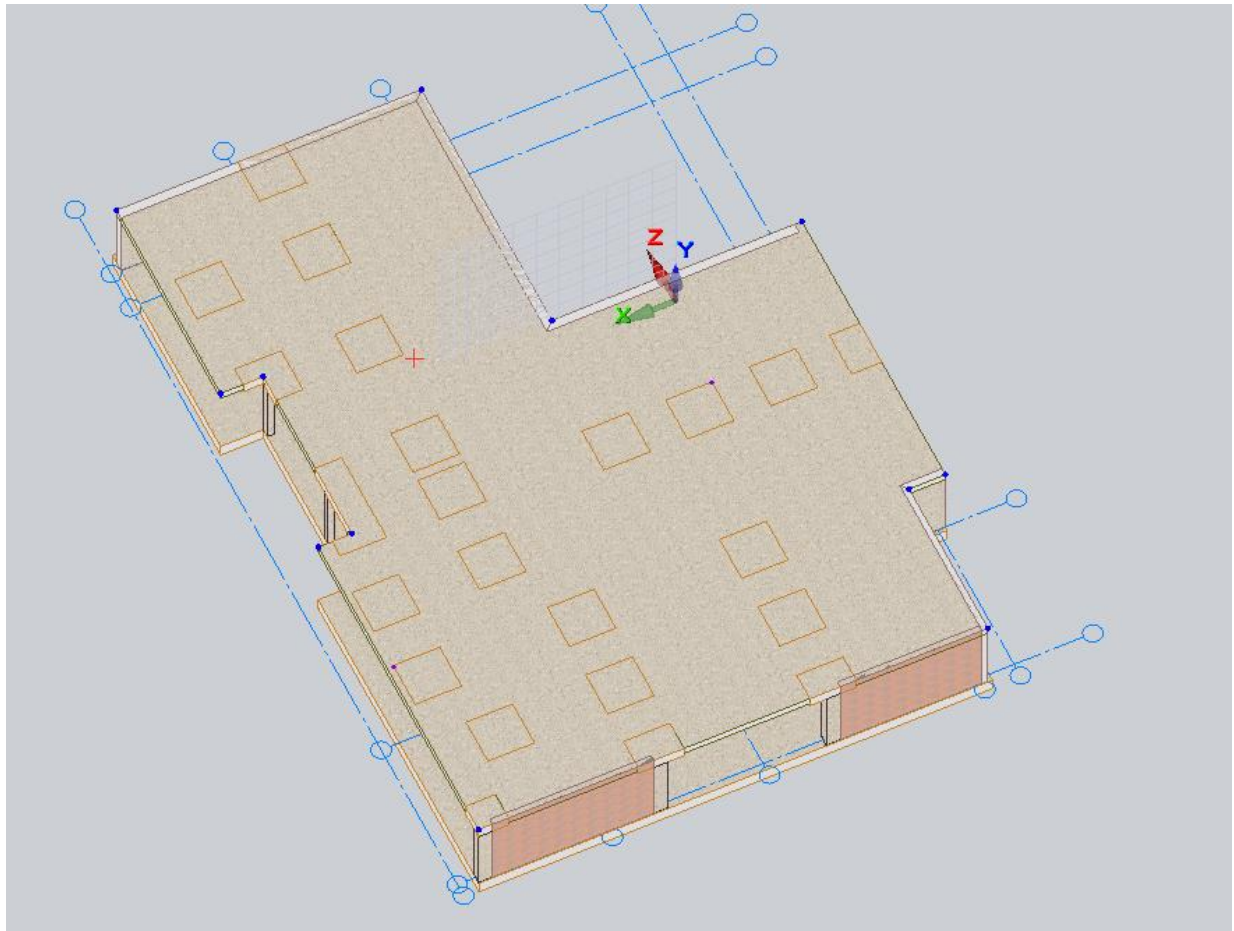


Рисунок 4.1 – Тривимірна модель будівлі з позначенням елементів конструкції

На рисунку показано загальний вигляд будівлі, включаючи розташування несучих конструкцій.

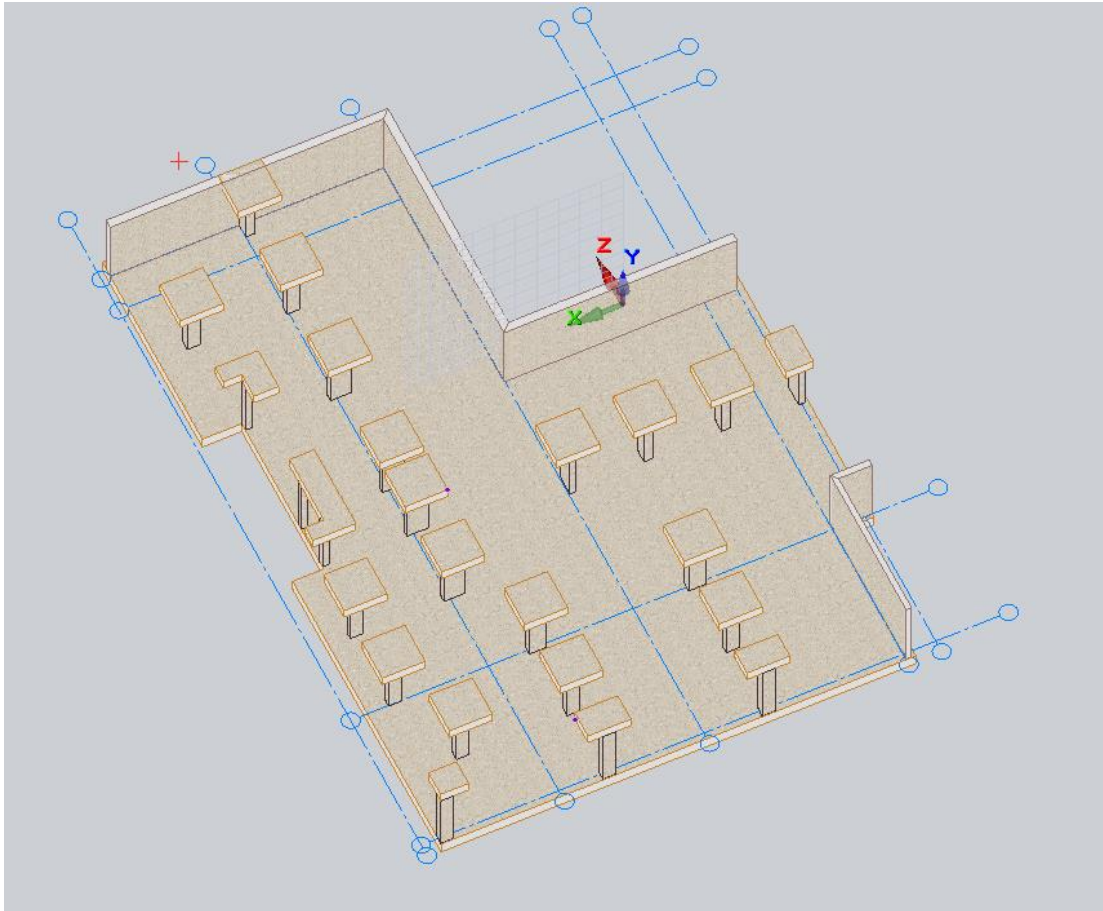


Рисунок 4.2 – План перекриття з розташуванням колон

На рисунку показано розміщення колон у межах проєкту, що забезпечує стійкість конструкції.

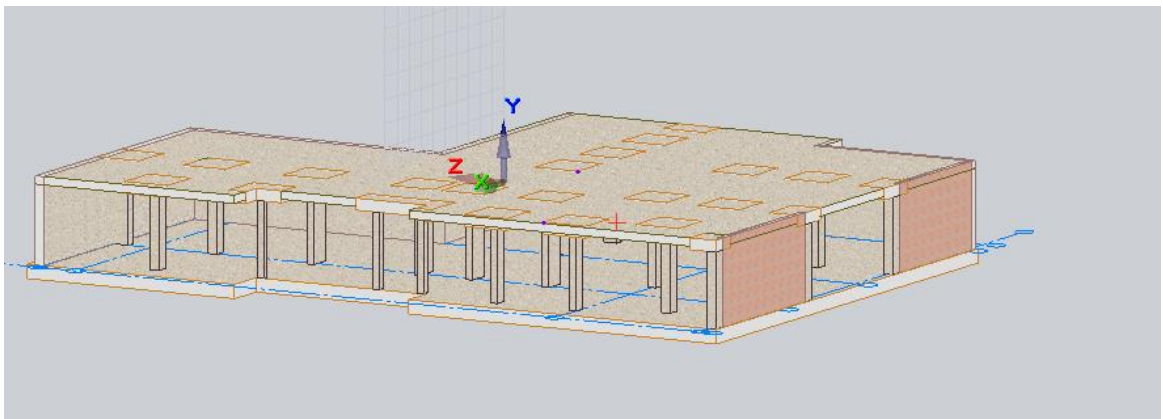


Рисунок 4.3 – Розріз будівлі з відображенням несучих елементів

На рисунку наведено тривимірний розріз будівлі, що ілюструє розподіл конструктивних навантажень.

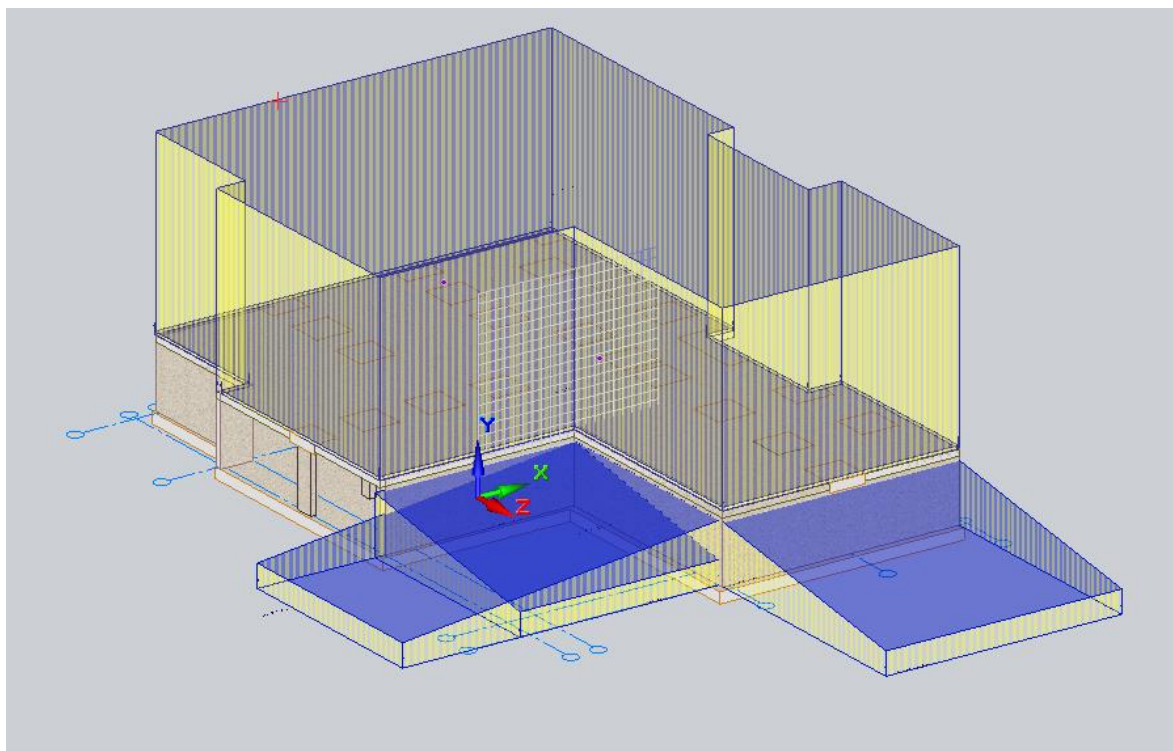


Рисунок 4.4 – Модель з розміщенням підземного паркінгу

Рисунок демонструє підземний паркінг у контексті загальної конструкції.

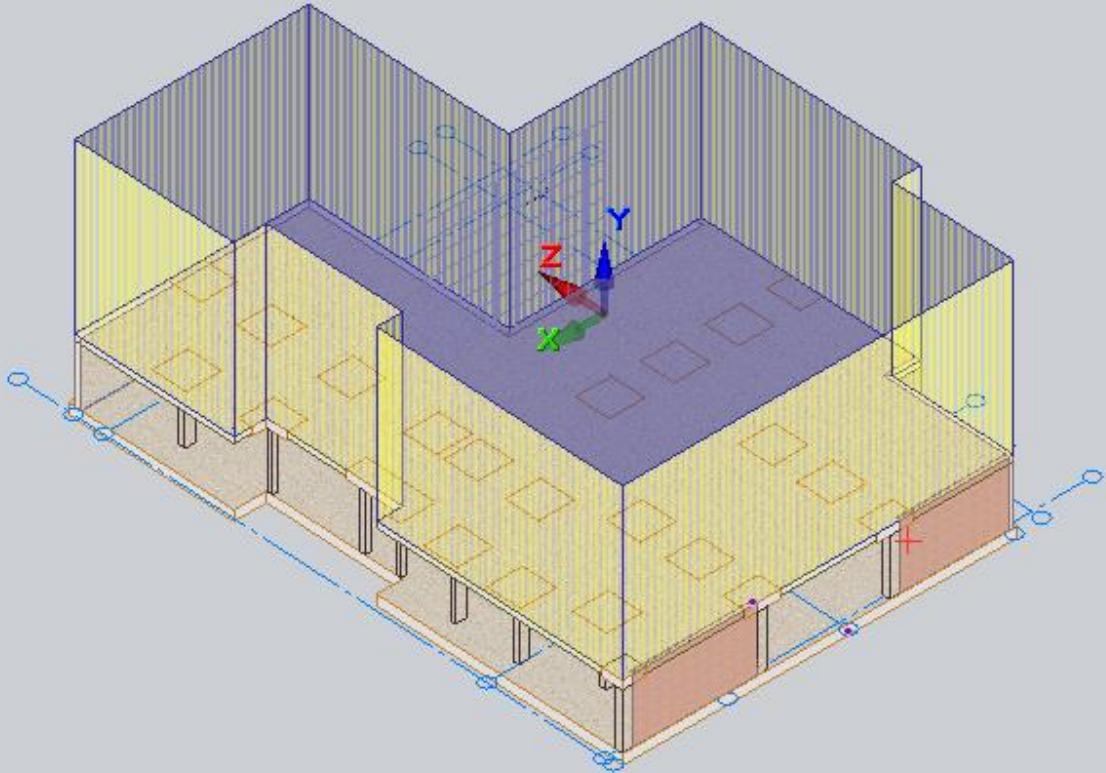


Рисунок 4.5 – Тривимірна модель будівлі з позначенням поверхових перекриттів

На рисунку зображено загальний вигляд будівлі з виділенням поверхових перекриттів.

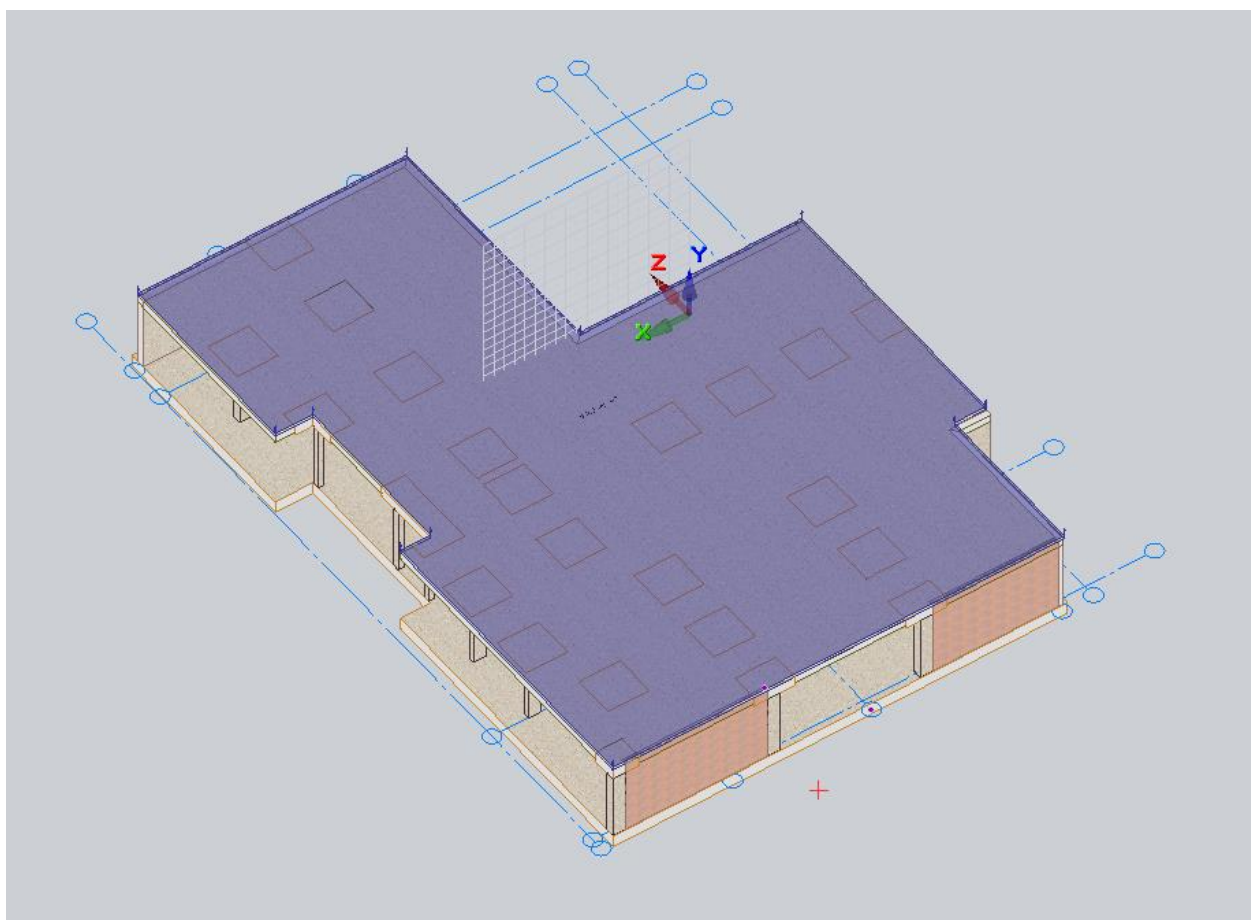


Рисунок 4.6 – План перекриття з розташуванням несучих колон

На рисунку показано план перекриття з розташуванням колон, що відповідає основним проєктним вимогам.

Завантаження ДБН В.1.2 - 2:2006 (Україна) (за умовчанням)

Редактор завантажень РСН РСЗ

№ п/п/ID	Ко...	Назва завантаження	Вид завантаження	Підвид	Частка тривал...	Інжен...	Взає...	Об'єд...	Супут...	Знак	Кількість ...	Сума навантажень	
1:1	✓	Власна вага	Постійне	пост. 1.10	1.00					+	52	Fz=1856.643 (тс)	
2:2	✓	Постійні (підлога, стіни, сходи, ґрунт, огороження)	Постійне	пост. 1.10	1.00					+	28	Fz=2558.157 (тс)	
3:3	✓	Тривалі (перегородки)	Тривале	тичч.трив. 1.20	1.00					+	25	Fz=710.783 (тс)	
4:4	✓	Короткочасні (корисне)	Короткочасне	тичч.коротк. 1.30	0.35					+	24	Fz=552.118 (тс)	
5:5	✓	Сніг	Короткочасне	Сніг копія 2.33	0.35					+	1	Fz=229.675 (тс)	
6:6	✓	Вітер 0	Миттєве	Yfm/Yfe= 5.43	0.00	1				+/-	1		4:0° Налаштуват...
7:7	✓	Вітер 90	Миттєве	Yfm/Yfe= 5.43	0.00	1				+/-	1		4:90° Налаштува...
8:8	✓	СПП	Короткочасне	тичч.коротк. 1.20	1.00					+	1	Fz=7276.745 (тс)	
9:9	✓	Навантаження від стін	Короткочасне	тичч.коротк. 1.20	1.00					+	2	Fz=26.452 (тс)	
10:10	□	<Створити нове завантаження>										Fz=13210.572 (тс)	

Правила сполучень...

застосовувати коефіцієнти надійності по навантаженню

OK Скасувати Застосувати

Рисунок 4.7 – Вікно налаштування навантажень у розрахунковому модулі програми ЛІРА-САПР

Ілюстрація демонструє типи навантажень, що використовувалися в моделюванні конструкції згідно з ДБН.

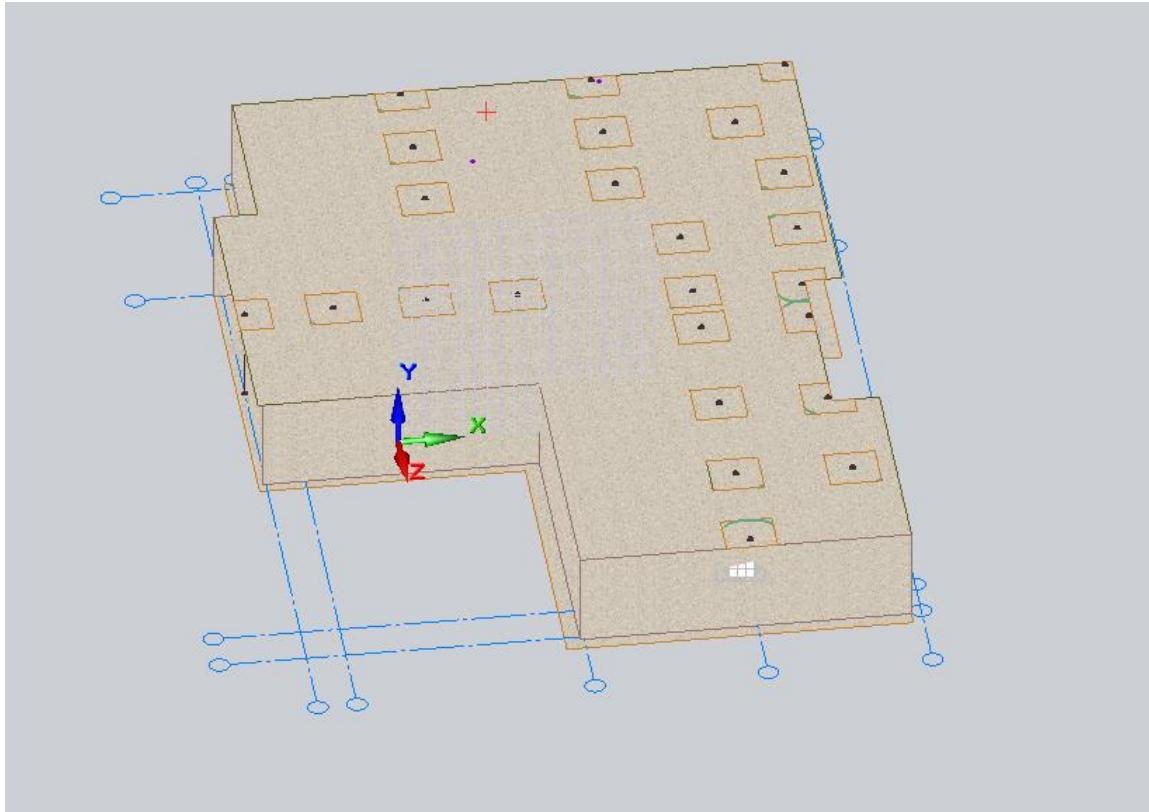


Рисунок 4.8 – Перспективний вигляд моделі будівлі

На рисунку наведено загальний перспективний вигляд конструкції з основними елементами.

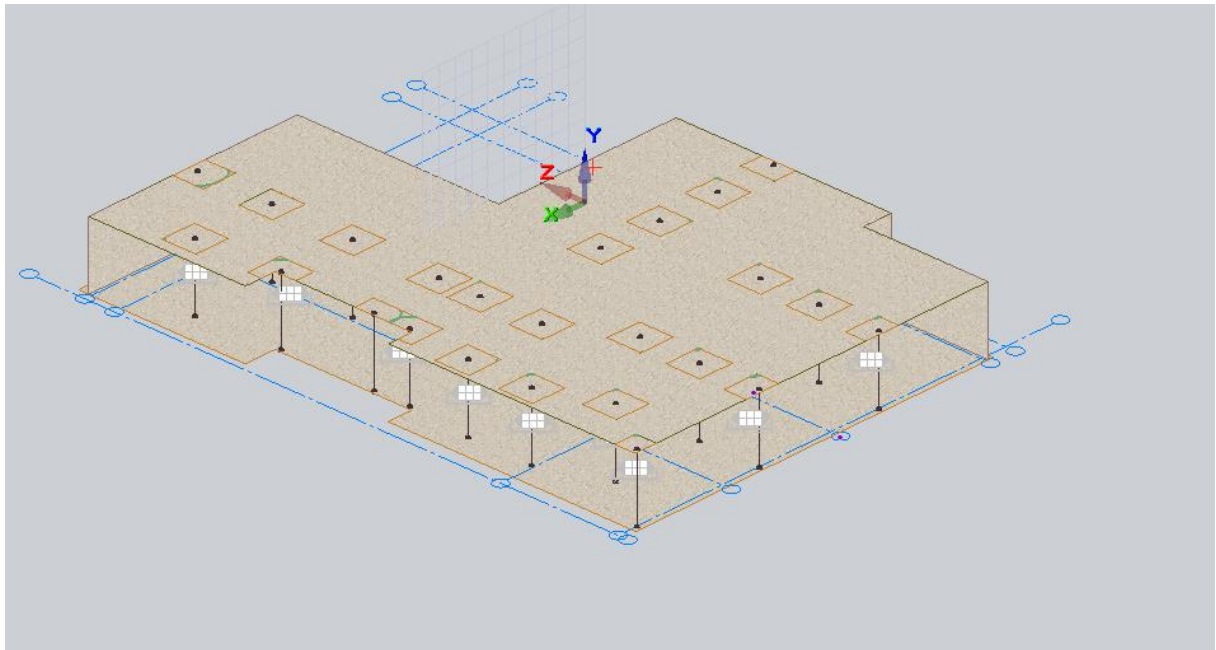


Рисунок 4.9 – Перспективний вигляд моделі перекриття з опорами

На рисунку показано перспективний вигляд моделі з розташуванням опор, що забезпечують стійкість конструкції.

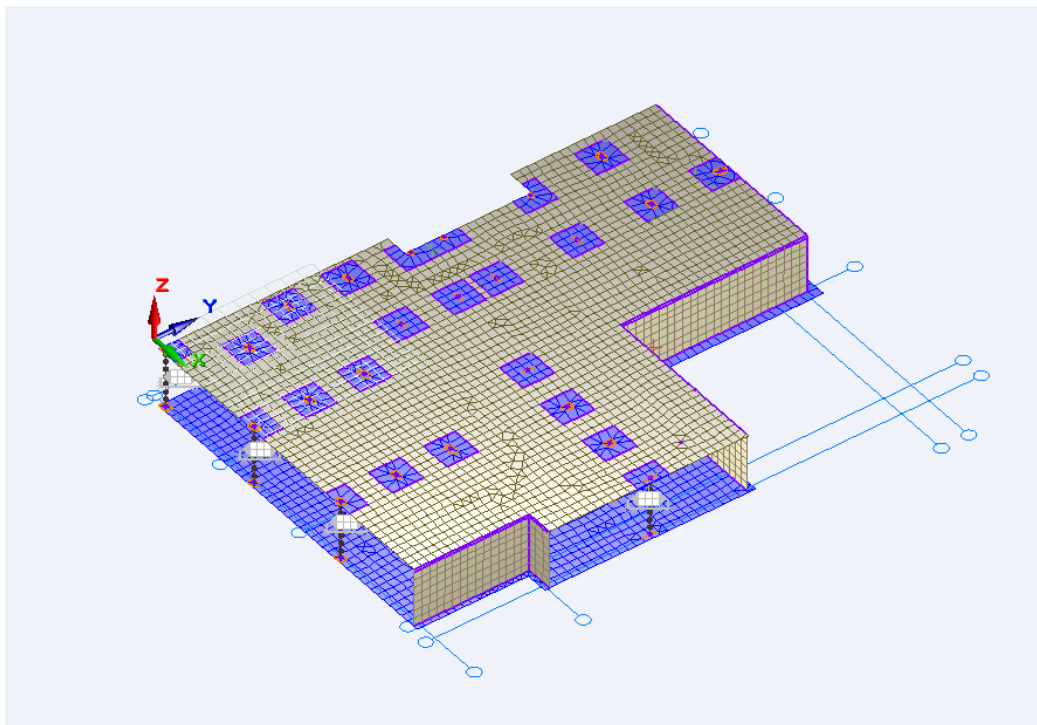


Рисунок 4.10 – Просторова сітка перекриття для розрахунків

На рисунку продемонстровано сітку скінченних елементів, використану для аналізу міцності та напружено-деформованого стану конструкції.

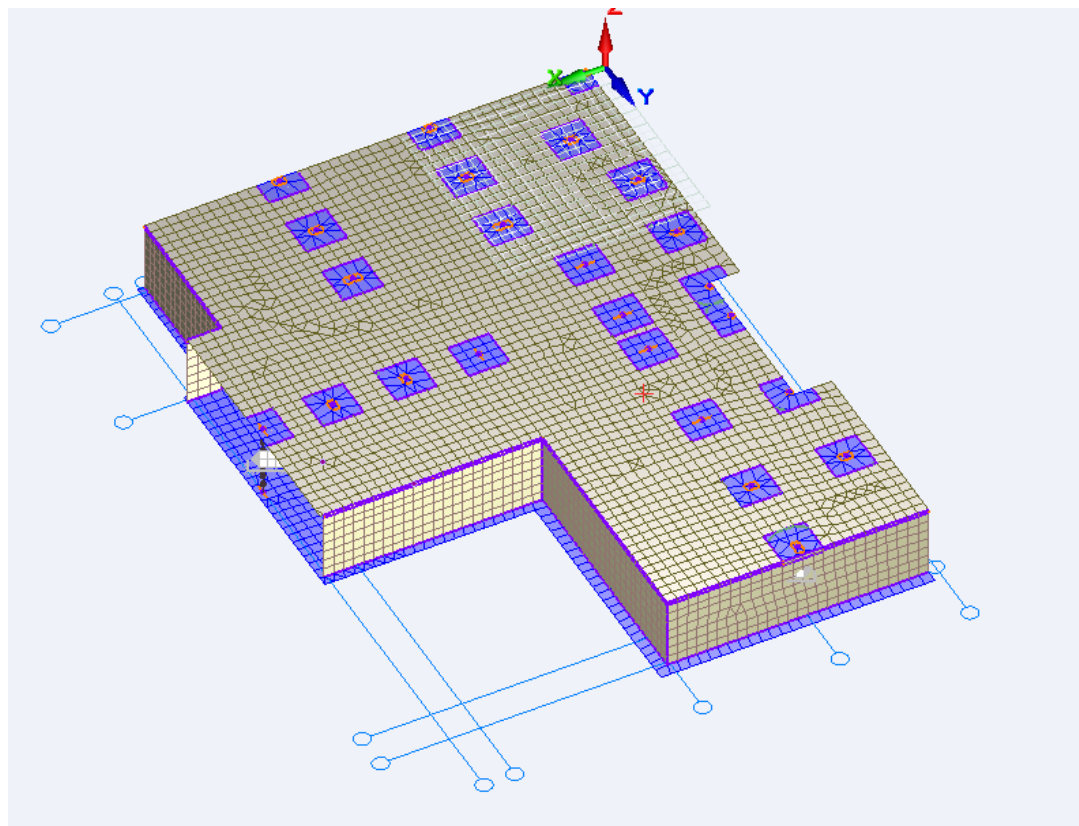


Рисунок 4.11 – Візуалізація результатів розрахунків навантажень

Ілюстрація демонструє ділянки конструкції з концентрацією зусиль під впливом статичних і динамічних навантажень.

4.2. Конструктивні рішення з урахуванням вибухових навантажень

Проектування підземного паркінгу з функцією укриття, що враховує вибухові навантаження, потребує застосування багаторівневого підходу для забезпечення безпеки та стійкості споруди. До ключових аспектів належать аналіз динамічних впливів вибухових хвиль, врахування

геологічних умов майданчика, використання інноваційних матеріалів і інтеграція сучасних систем моніторингу та захисту. Таке проектування вимагає детального дослідження напружено-деформованого стану конструкцій та адаптації їхніх параметрів до умов надзвичайних ситуацій.

Динамічні навантаження від вибухової хвилі суттєво впливають на конструкції, спричиняючи зміну механічних властивостей і нерівномірний розподіл напружень. Згідно з ДБН В.1.2-15:2009 «Навантаження і впливи», інтенсивність ударної хвилі прийнята на рівні 10 т/м². Матеріали, що використовуються для споруди, включають бетон класу C20/25 для плит перекриття, колон та фундаментної стрічки, а також бетон класу B10 для фундаментних блоків. Однак результати розрахунків виявили проблеми, які потребують удосконалення конструктивних рішень.

Розрахунки напружено-деформованого стану конструкції, виконані у програмному забезпеченні ЛІРА-САПР, демонструють критичні деформації та пошкодження.

1. Плита перекриття:

- Результати показують значні пошкодження по краях, зокрема зони обвалення, позначені на ізополях напружень.
- Нерівномірний розподіл зусиль у крайових зонах перевищує допустимі значення, що унеможлиблює підбір арматури у цих ділянках.

2. Колони:

- Колони втрачають несучу здатність через перевищення критичних значень напружень. На ізополях напружень у верхніх вузлових зонах чітко видно ділянки руйнування.

3. Фундаментна стрічка:

- У вузлових зонах монолітної фундаментної стрічки спостерігаються тріщини, викликані концентрацією динамічних зусиль. Розподіл напружень вказує на недостатню жорсткість стрічки, що потребує додаткового підсилення.

Виявлені недоліки конструкції свідчать про недостатню жорсткість для протидії динамічним навантаженням. Товщина плити перекриття не відповідає вимогам ДБН В.2.6-98:2009, а бетон класу С20/25 для колон і фундаментної стрічки виявився недостатнім для забезпечення міцності при впливі ударної хвилі. Деформації плит і колон вказують на необхідність коригування розрахункових параметрів та перепроєктування конструкції.

Для підвищення стійкості будівлі рекомендується:

1. Збільшити товщину плити перекриття, що зменшить концентрацію напружень у крайових зонах і забезпечить рівномірний розподіл навантажень.
2. Посилити колони, використовуючи бетон класу С30/37 (В30), що підвищить їхню міцність і стійкість до руйнувань.
3. Удосконалити фундаментну стрічку, додавши додаткові армувальні елементи для рівномірного розподілу навантажень.
4. Інтегрувати протискальні армувальні елементи у критичних зонах для оптимізації розподілу напружень.

Результати аналізу підтверджують необхідність внесення змін у конструктивні рішення для забезпечення стійкості підземного паркінгу до динамічних навантажень. Зображення ізополів напружень чітко демонструють зони максимальної концентрації напружень і вказують на критичні ділянки, що потребують підсилення. Запропоновані заходи — збільшення товщини плит, посилення колон і фундаментної стрічки, використання бетону вищого класу — забезпечують відповідність конструкції сучасним нормативам і експлуатаційним вимогам. Такий підхід гарантує довговічність і надійність споруди навіть за умов надзвичайних ситуацій.

Використання інноваційних матеріалів є основою для створення конструкцій, які можуть ефективно протистояти вибуховим

навантаженням[36]. Окрім традиційного залізобетону, важливим напрямом є використання високоміцного бетону класу B50 і вище, до складу якого додаються нанодисперсні модифікатори, що покращують його структурну щільність і еластичність. Сучасні фібробетони з додаванням полімерних або сталевих волокон значно підвищують стійкість до утворення тріщин під час динамічних навантажень[36]. Металеві елементи конструкції, такі як арматура та сталеві профілі, також мають бути адаптовані до умов експлуатації під впливом вибухів. Використання високоміцних сталей з підвищеною пластичністю дозволяє мінімізувати ймовірність руйнування через деформації. У деяких випадках доцільним є застосування композитних матеріалів, таких як карбонові або склопластикові волокна, які відрізняються високою міцністю і здатністю розсіювати енергію ударної хвилі. Особлива увага приділяється оптимізації геометрії конструкцій. Наприклад, у перекриттях доцільно використовувати аркові або склепінчасті форми, які рівномірно розподіляють навантаження від вибухової хвилі[45]. Для стін і колон рекомендується застосування багатошарових конструкцій з матеріалами різної щільності, що забезпечує ефективне поглинання енергії удару. Важливим є також проєктування плавних переходів між конструктивними елементами, щоб уникнути концентрації напружень у критичних точках.

Фундаменти є ключовим елементом для забезпечення загальної стійкості споруди[42]. Для будівель із підвищеними вимогами до безпеки часто застосовують пальові або плитні фундаменти з додатковим армуванням[46]. Використання палі-підсилювачів або глибоких основ дозволяє компенсувати можливі деформації ґрунту через вплив вибухової хвилі. Крім того, для обмеження впливу сейсмічних хвиль і осідання ґрунтів застосовуються спеціальні демпферні вставки між фундаментом і основною конструкцією[22]. Забезпечення безпечного середовища у разі вибуху вимагає використання спеціалізованих систем вентиляції та герметизації.

Вентиляційні шахти оснащуються вибухозахисними клапанами, які блокують потоки повітря та запобігають поширенню продуктів горіння або токсичних речовин. Герметизація приміщень досягається за рахунок використання багатошарових матеріалів із додатковим ізоляційним шаром, що забезпечує захист від проникнення газів і води. Інтеграція систем моніторингу в структуру паркінгу є одним із найсучасніших підходів до забезпечення його довговічності та безпеки. Системи, оснащені датчиками тиску, температури, вібрацій та вологості, дозволяють у реальному часі оцінювати стан конструкції.

У разі виявлення пошкоджень або критичних змін у параметрах система може автоматично ініціювати заходи захисту, наприклад, активувати аварійні клапани чи сигналізувати про необхідність евакуації. Для забезпечення стійкості конструкцій до вибухових навантажень виконано серію розрахунків у програмному забезпеченні SAPFIR. На рисунку 4.12 представлено розподіл площі армування, а на рисунку 4.13 – зусилля, які виникають у плиті. Напружено-деформований стан конструкції під вибуховим навантаженням відображено на рисунку 4.4. Карта розподілу товщини армування наведена на рисунку 4.15.

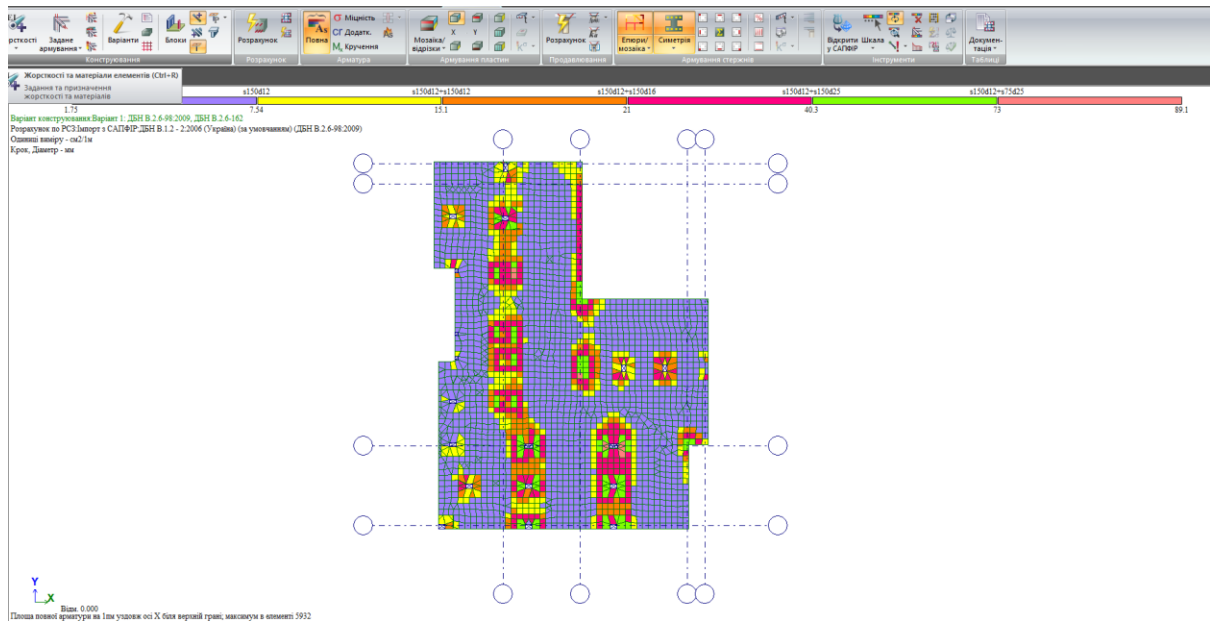


Рисунок 4.12 – Розподіл площі армування в елементах плити перекриття

На рисунку показано розподіл площі армування на основі розрахунків у програмному забезпеченні SAPFIR. Враховано вимоги ДБН В.2.6-98:2009 та ДБН В.2.6-162:2020.

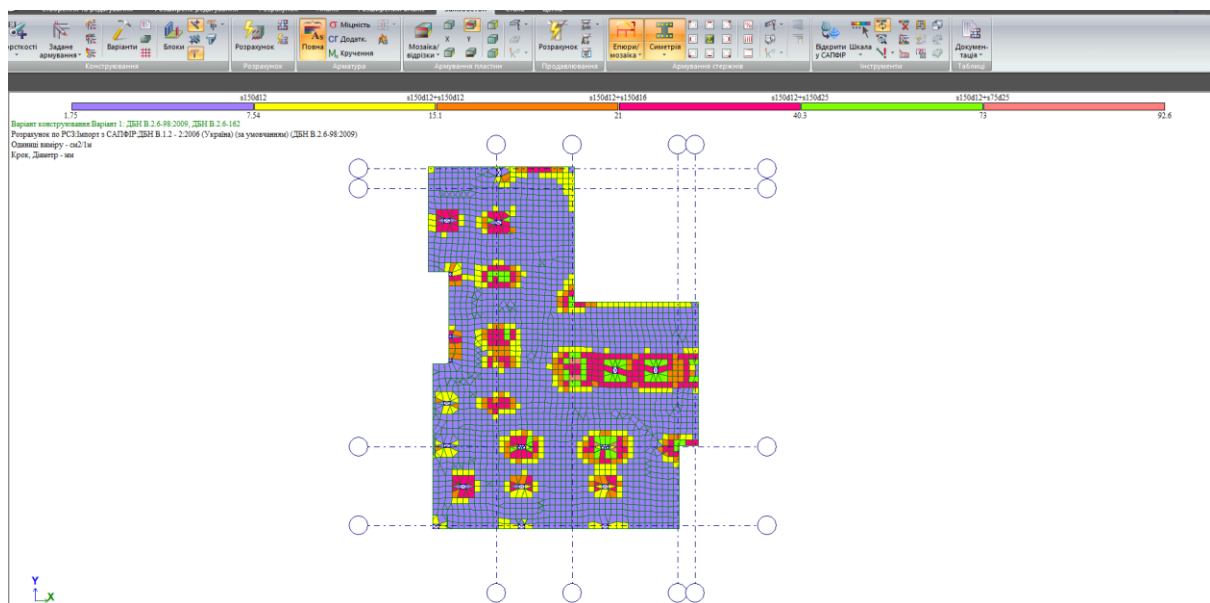


Рисунок 4.13 – Розподіл зусиль у плиті перекриття

Результати розрахунку демонструють напружено-деформований стан конструкції. Зображені критичні ділянки, які потребують додаткового укріплення.

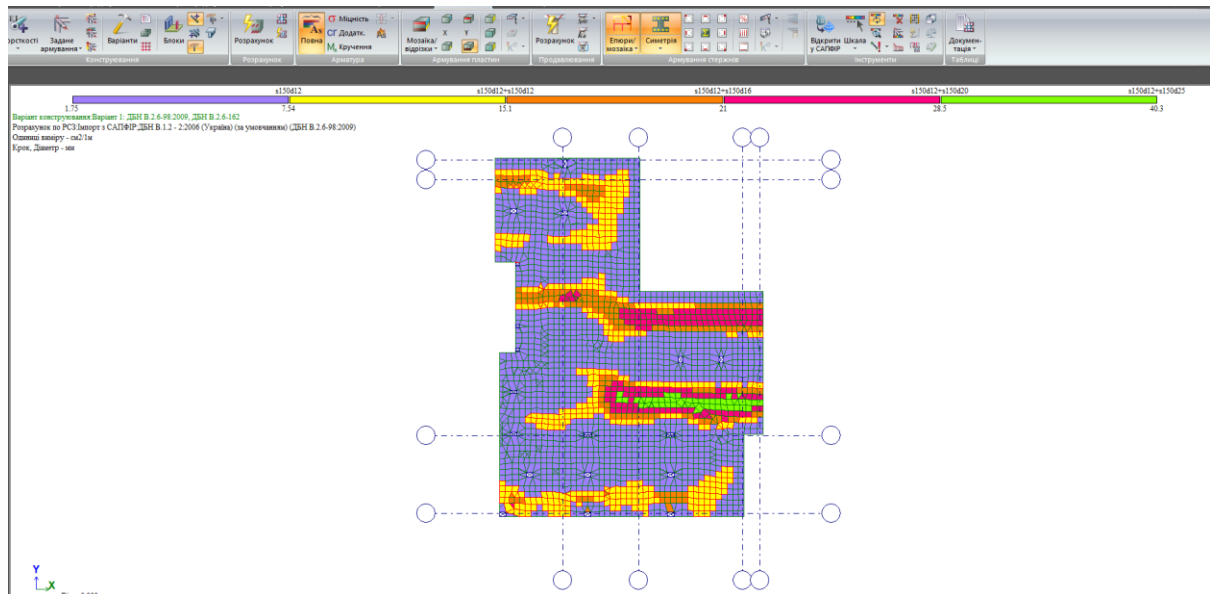


Рисунок 4.14 – Напружено-деформований стан конструкції під вибуховим навантаженням

На рисунку наведено результати моделювання напружено-деформованого стану конструкції плити перекриття під дією вибухового навантаження. Моделювання виконане у програмному забезпеченні ЛПРА-САПР, де враховувалися такі умови:

- Тип навантаження: комбінація стандартного експлуатаційного навантаження (власна вага, люди, транспортні засоби) із вибуховим навантаженням, інтенсивність якого становить 10 т/м^2 відповідно до ДБН В.1.2-15:2009.
- Матеріал конструкції: плита перекриття із бетону класу C20/25 (B25) з армуванням $\varnothing 12$ із кроком 150 мм.
- Граничні умови: плита на шарнірних опорах.

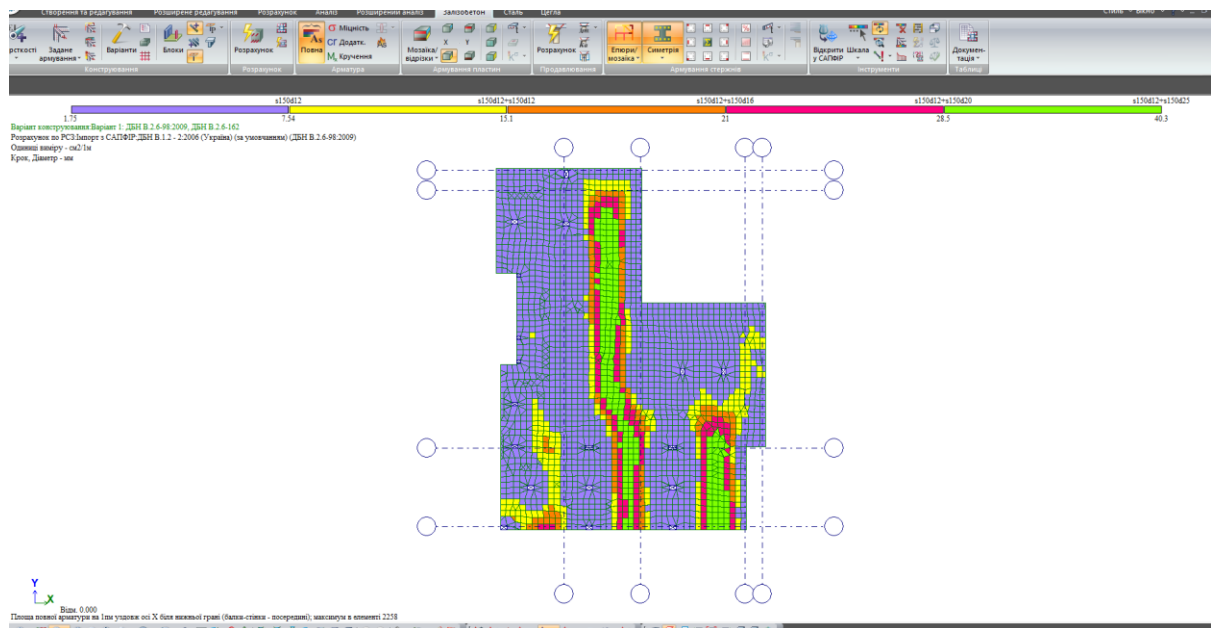


Рисунок 4.15— Карта розподілу товщини армування у плиті перекриття

Ілюстрація демонструє ділянки з необхідністю посиленого армування для забезпечення стійкості конструкції.

Результати розподілу моментів у плиті перекриття показано на рисунку 4.16 що демонструє основні зони концентрації навантаження.

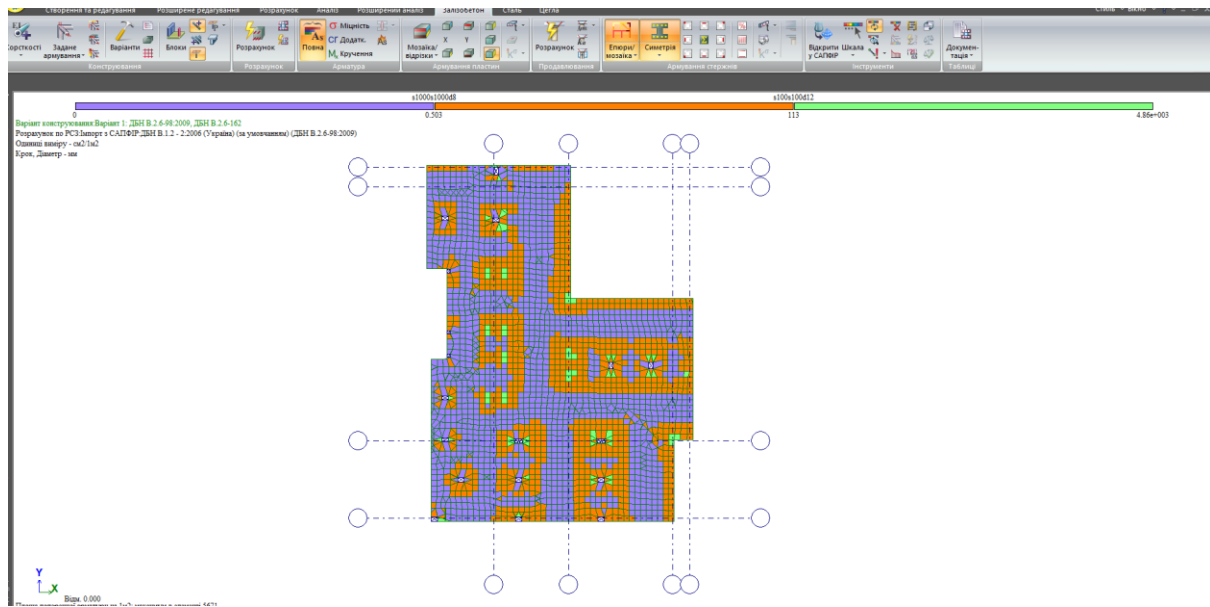


Рисунок 4.16 – Розподіл моментів у плиті перекриття

На рисунку представлено розподіл моментів у плиті перекриття на основі результатів моделювання. Враховано динамічні та статичні навантаження відповідно до ДБН В.2.6-98:2009.

Для більш детального аналізу напружено-деформованого стану використано тривимірну модель, представлену на рисунках 4.17 і 4.18.

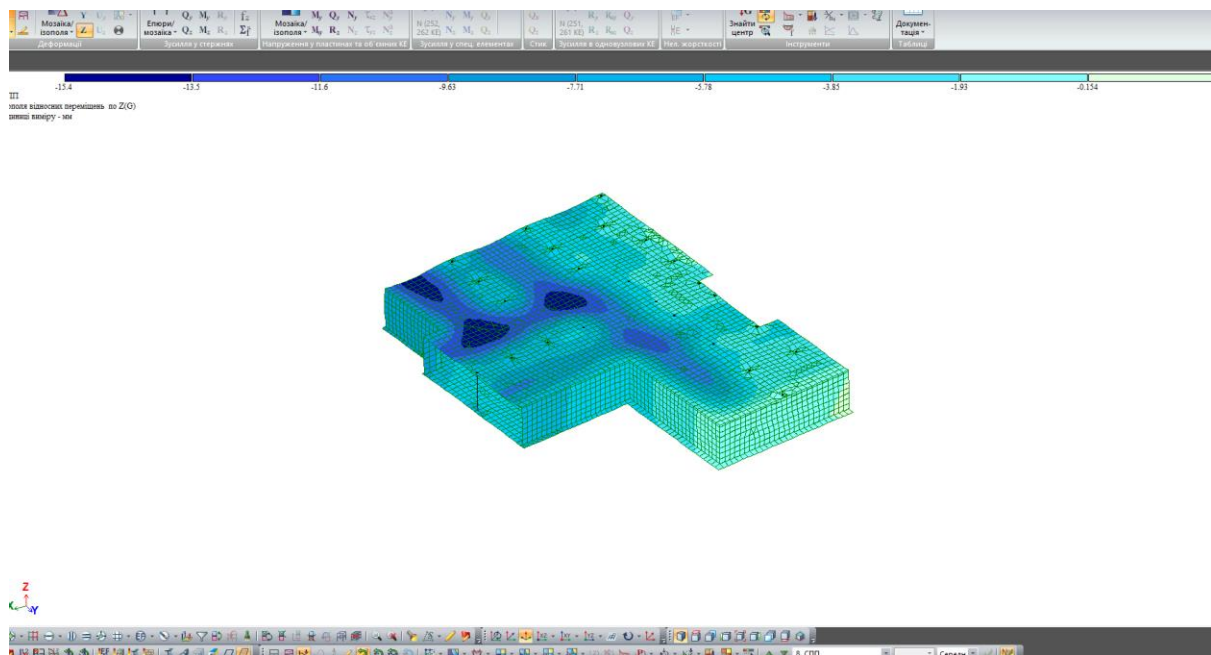


Рисунок 4.17 – Напружено-деформований стан конструкції у 3D моделі (вид 1)

Результати тривимірного моделювання демонструють зони з підвищеними напруженнями. На зображенні показано верхню частину плити з максимально критичними ділянками.

прольотів відповідної довжини). Це свідчить про недостатню жорсткість конструкції та необхідність її підсилення.

4.1

Розрахунки проводились для плити із залізобетону класу $\frac{C25}{30}$, розмірами $6, \{м\} \times 6, \{м\}$ і товщиною $0.2, \{м\}$.

Вихідні дані:

- Щільність бетону (ρ): $2500, \left\{\frac{кг}{м}\right\}^3$;
- Модуль пружності (E): $30 \times 10^9, \{Па\}$;
- Коефіцієнт Пуассона (ν): 0.2 ;
- Вибухове навантаження (q): $100, \{кПа\}$.

1. Розрахунок жорсткості плити (D):

Жорсткість плити розраховується за формулою:

$$D = \frac{\{E \cdot h^3\}}{\{12 \cdot (1 - \nu^2)\}}$$

Вхідні дані:

- $E = 30 \times 10^9, \{Па\}$ (модуль пружності бетону),
- $h = 0.2, \{м\}$ (товщина плити),
- $\nu = 0.2$ (коефіцієнт Пуассона).

Обчислення:

1. Куб товщини:

$$h^3 = (0.2)^3 = 0.008, \{м\}^3$$

2. Чисельник формули:

$$E \cdot h^3 = 30 \times 10^9 \cdot 0.008 = 240 \times 10^6, \{Па\} \cdot \{м\}^3$$

3. Знаменник формули:

$$12 \cdot (1 - \nu^2) = 12 \cdot (1 - 0.2^2) = 12 \cdot 0.96 = 11.52$$

4. Жорсткість:

$$D = \frac{\{240 \times 10^6\}}{\{11.52\}} = 20.833 \times 10^6, \{Па\} \cdot \{м\}^3$$

$$\text{Результат: } D = 20.833 \times 10^6, \{Па\} \cdot \{м\}^3.$$

2. Розрахунок максимального прогину ($w_{\{max\}}$): огин плити під рівномірною розподіленою навантаженням обчислюється за формулою:

$$w_{\{max\}} = \frac{\{q \cdot L^4\}}{\{64 \cdot D\}} \text{ дані:}$$

- $q = 100 \times 10^3, \{Па\}$ (вибухове навантаження),
- $L = 6, \{м\}$ (довжина плити),
- $D = 20.833 \times 10^6, \{Па\} \cdot \{м\}^3$ (жорсткість плити).

Обчислення:

1. Четвертий степінь довжини:

$$L^4 = (6)^4 = 1296, \{м\}^4$$

2. Чисельник формули:

$$q \cdot L^4 = 100 \times 10^3 \cdot 1296 = 129.6 \times 10^6, \{Н\} \cdot \{м\}^3$$

3. Знаменник формули:

$$64 \cdot D = 64 \cdot 20.833 \times 10^6 = 1.333 \times 10^9, \{Н\} \cdot \{м\}^3$$

4. Прогин:

$$w_{\{max\}} = \frac{\{129.6 \times 10^6\}}{\{1.333 \times 10^9\}} = 0.0972, \{м\} \text{ результат: } w_{\{max\}} = 0.0972, \{м\}$$

= 9.72, {см}. Розрахунок напружень ($\sigma(x)$):

Напруження у плиті обчислюються за формулою:

$$\sigma(x) = \frac{\{q \cdot (L^2 - 4x^2)\}}{\{8 \cdot h\}}$$

Вхідні дані:

- $q = 100 \times 10^3, \{Па\}$ (вибухове навантаження),
 - $L = 6, \{м\}$ (довжина плити),
 - $h = 0.2, \{м\}$ (товщина плити).

Обчислення:

Для різних значень x (відстань від центру до краю плити):

1. У центрі плити ($x = 0$):

$$\sigma(0) = \frac{\{100 \times 10^3 \cdot (6^2 - 4 \cdot 0^2)\}}{\{8 \cdot 0.2\}}$$

$$\sigma(0) = \frac{\{100 \times 10^3 \cdot 36\}}{\{1.6\}} = 2.25 \times 10^6, \{Па\}$$

2. На краю плити ($x = 3$):

$$\sigma(3) = \frac{\{100 \times 10^3 \cdot (6^2 - 4 \cdot 3^2)\}}{\{8 \cdot 0.2\}}$$

$$\sigma(3) = \frac{\{100 \times 10^3 \cdot (36 - 36)\}}{\{1.6\}} = 0, \{Па\}$$

3. Відстань $x = 1.5, \{м\}$ (середина між центром і краєм):

$$\sigma(1.5) = \frac{\{100 \times 10^3 \cdot (6^2 - 4 \cdot (1.5)^2)\}}{\{8 \cdot 0.2\}}$$

$$\sigma(1.5) = \frac{\{100 \times 10^3 \cdot (36 - 9)\}}{\{1.6\}} = 1.6875 \times 10^6, \{Па\}$$

Узагальнення:

- Максимальні напруження у центрі плити: $\sigma(0) = 2.25 \times 10^6, \{Па\}$.
- Напруження на краю плити: $\sigma(3) = 0, \{Па\}$.

Розрахунки жорсткості, прогину та напружень у плиті виконані на основі класичних статичних формул опору матеріалів для рівномірно розподіленого навантаження. Вони є базовою оцінкою і демонструють граничні значення прогину та напружень.

1. Прогин $w_{\{max\}} = 9.72$, вказує на значну деформацію плити під вибуховим навантаженням.

2. Напруження в центрі плити досягає значень, які можуть призвести до утворення тріщин у бетоні.

Рекомендується посилити конструкцію за рахунок:

- Збільшення товщини плити.
- Використання бетону вищого класу міцності.
- Оптимізації схеми армування.

Прогин плити:

Отриманий максимальний прогин $w_{\{max\}} = 0.0972, \{м\}$ (9.72 см). значення суттєво перевищує допустимі межі для залізобетонних конструкцій у захисних спорудах (рекомендовані значення становлять $\frac{1}{250} - \frac{1}{500}$ від прольоту, тобто 1.2–2.4 см). Це свідчить про необхідність підсилення конструкції.

Напруження в плиті:

Максимальні напруження в центрі плити досягають $\sigma(0) = 2.25$

$\times 10^6, \{Па\}$, що відповідає 2.25 МПа. Це перевищує межу міцності на розтяг для бетону класу $\frac{C25}{30}$, яка становить близько 2.0 МПа.

Рекомендації щодо покращення конструкції

Для забезпечення відповідності конструкції вимогам нормативних документів пропонується:

1. Збільшити товщину плити до 0.25 м. Це зменшить прогини, оскільки жорсткість плити прямо пропорційна кубу її товщини.

2. Використати бетон класу $\frac{C35}{45}$. Його межа міцності на розтяг становить близько 2.6 МПа, що перевищує максимальні напруження в плиті.

3. Оптимізувати схему армування:

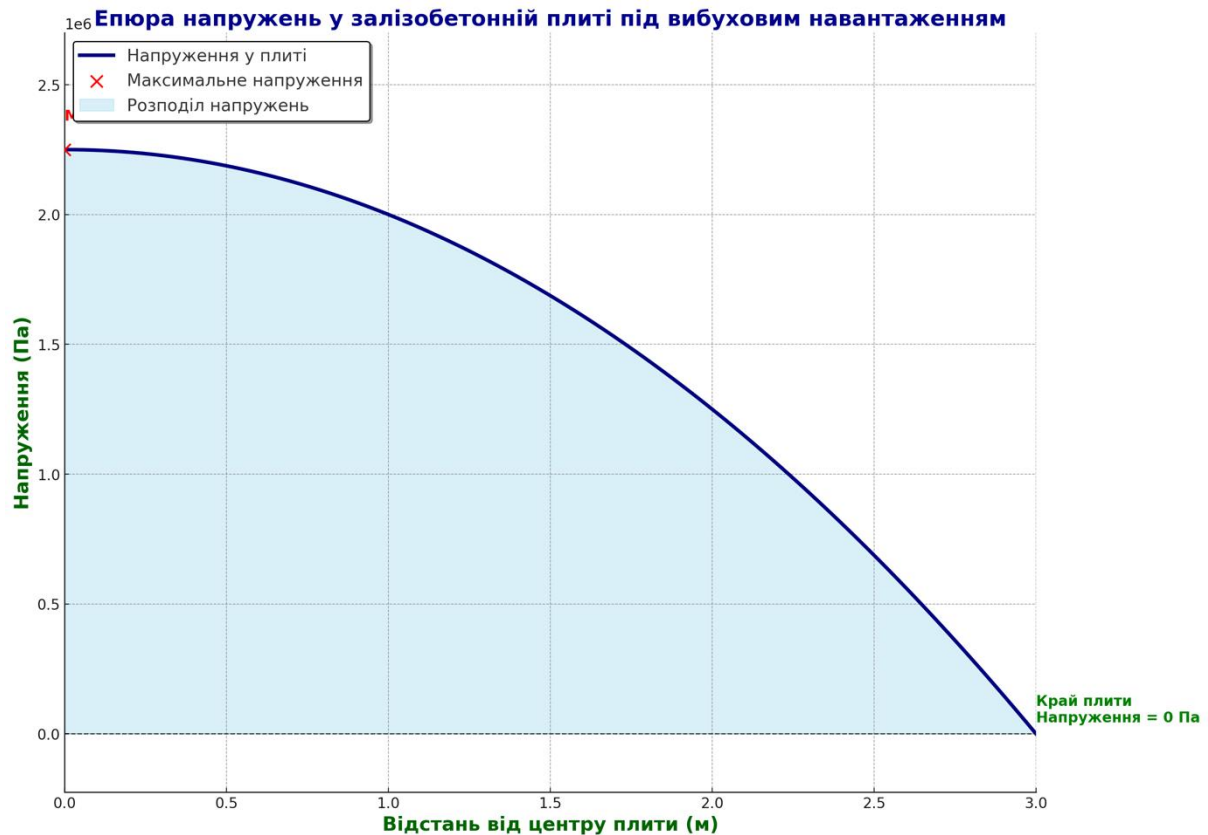
- Зменшити крок арматури до 150 мм (замість 200 мм).
- Використати арматуру вищого класу (наприклад, A500C).

Таблиця 4.1: Порівняння альтернативних варіантів

Параметр	Початковий варіант (бетон C20/25, товщина 200 мм)	Варіант із товщиною 0.25 м	Варіант із бетоном класу C35/45
Максимальний прогин (м)	0.0972	0.03888	0.0972
Максимальні напруження (МПа)	2.25	2.25	1.88
Відповідність нормам	Ні	Частково	Так

Візуалізація

1.Епюра напружень (див. графік) [26].



Графік відображає розподіл напружень по ширині плити під дією стандартного та динамічного (вибухового) навантаження. Напруження досягають максимальних значень у центрі плити, оскільки в цій зоні концентруються згинальні моменти через рівномірний розподіл навантаження.

Методика отримання даних:

1. Розрахунок напружень виконувався за теорією вигину пластин, із врахуванням рівномірно розподіленого навантаження.
2. Формула для розрахунку напружень:

4.2

$$\sigma = \frac{\{M\}}{\{W\}}$$

де:

- М — максимальний вигинальний момент у плиті.

- W — момент опору перерізу плити, розрахований за її геометричними параметрами.

3. Розрахункові параметри:

- Розміри плити: довжина 6 м, ширина 6 м.
- Товщина плити: 0.2 м.
- Матеріал: бетон класу В25 (Модуль пружності: 30 ГПа, межа міцності на розтяг: 2.0 МПа).

- Навантаження:

- Стандартне: 5 кН/м² (власна вага плити + корисне навантаження).

- Динамічне: 3 кН/м² (вибухова хвиля).

4. Результати розрахунків:

- Максимальні напруження в центрі плити становлять:
- 2.25 МПа при стандартному навантаженні.
- 2.88 МПа при стандартному + динамічному навантаженні.
- У зоні країв напруження знижуються до майже нульових значень.

Проектування евакуаційних маршрутів є критично важливим аспектом для підземних споруд з функцією укриття. Евакуаційні виходи повинні бути захищені від впливу вибухових хвиль і забезпечувати швидке та безпечне переміщення людей до зовнішніх зон безпеки. Для цього передбачаються герметичні двері, автономне освітлення, а також система навігації, яка може працювати в умовах часткової відмови основного енергозабезпечення. Сучасні наукові дослідження спрямовані на розробку нових підходів до проектування вибухостійких конструкцій. Зокрема, активне впровадження отримали системи амортизації вибухових хвиль на основі пневматичних камер, які поглинають енергію і зменшують її вплив на основні елементи будівлі[32]. Також перспективним є використання енергоефективних матеріалів, які зберігають свої властивості навіть у

екстремальних умовах. На етапі проєктування велика увага приділяється інженерним розрахункам та комп'ютерному моделюванню поведінки конструкції під впливом вибухових навантажень. Застосування програмного забезпечення для аналізу динамічних процесів дозволяє точно оцінити розподіл напружень і деформацій у кожному елементі конструкції, а також виявити можливі слабкі місця[34]. Таким чином, конструктивні рішення для підземного паркінгу з урахуванням вибухових навантажень є багатокomпонентною системою, що об'єднує сучасні матеріали, інноваційні інженерні технології та комплексний підхід до проєктування. Впровадження таких рішень забезпечує не лише високий рівень безпеки, але й довговічність та ефективність експлуатації споруди.

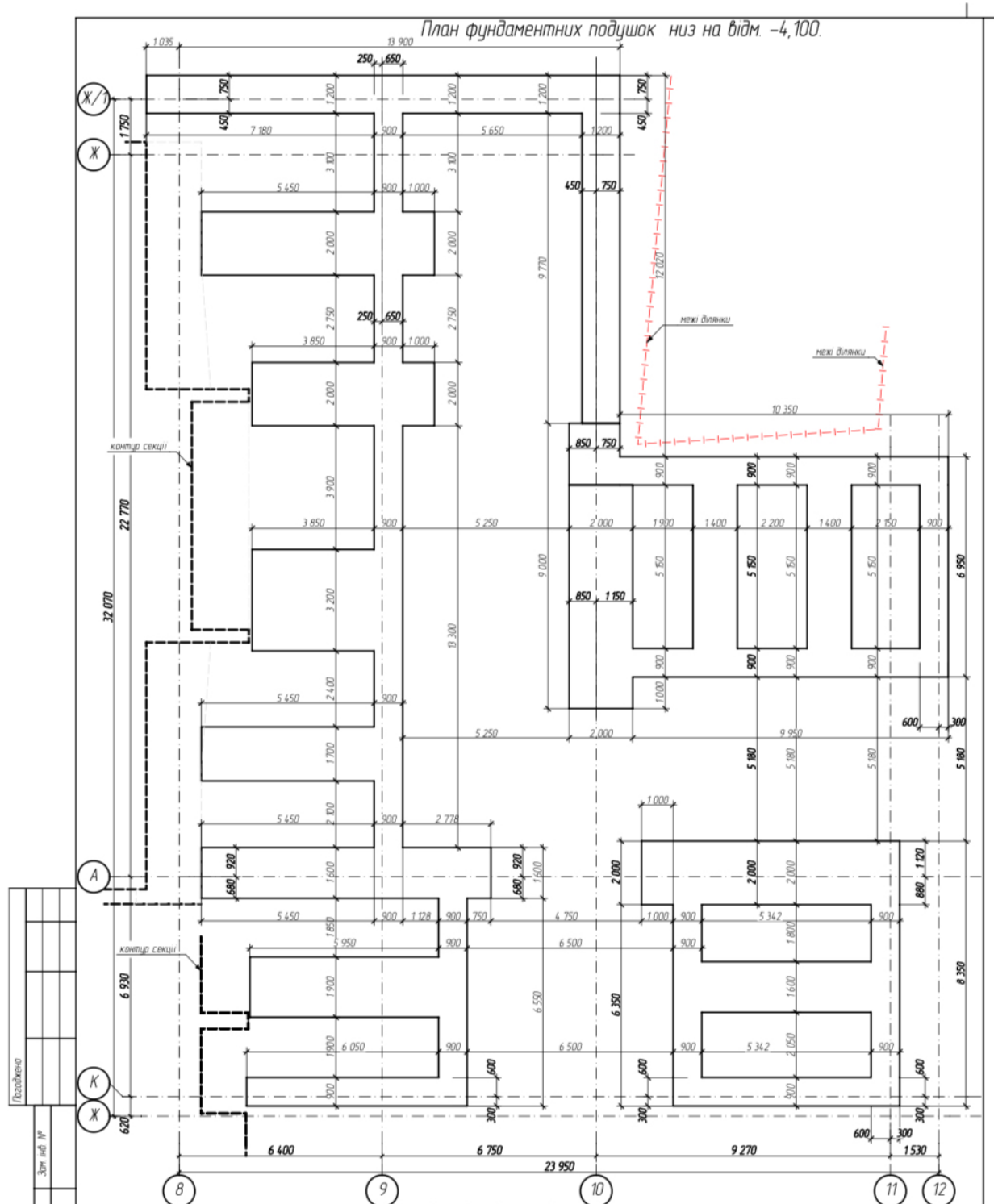


Рисунок 4.21 План фундаментних подушок.

Фасад в осях 8-1

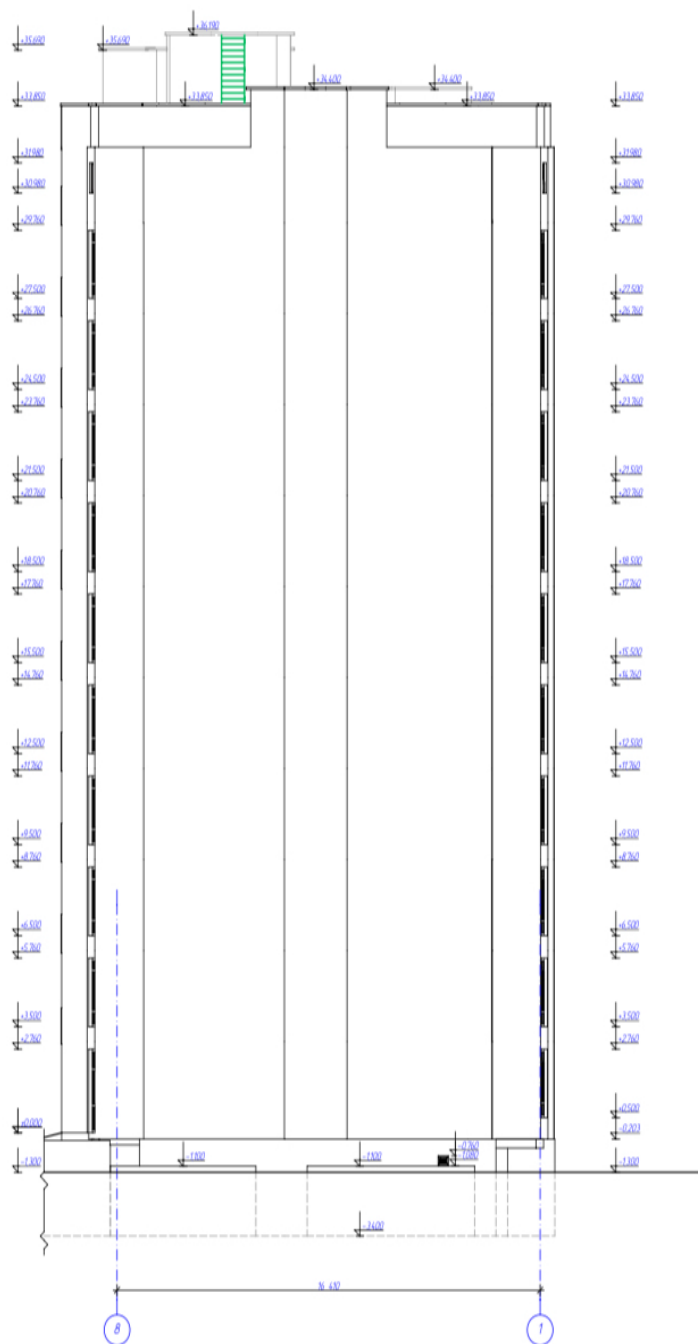


Рисунок 4.22 Фасад будівлі в осях 8-1.

вентиляції є одним із критично важливих елементів, адже вони підтримують якість повітря в звичайному режимі та забезпечують життєздатність у випадках надзвичайних ситуацій[3]. Використання сучасних технологій очищення повітря дозволяє ефективно видаляти шкідливі речовини, такі як вихлопні гази та тверді частки, підтримуючи належний рівень кисню. Завдяки інтеграції вискоєфективних фільтрів паркінги отримують додатковий захист від забруднень хімічного, радіаційного чи біологічного характеру[5;7]. Автоматизовані системи управління потоками повітря адаптуються до змін у кількості користувачів, що дозволяє оптимізувати витрати енергії та забезпечити стабільність у роботі.

Енергетична інфраструктура є ще одним важливим аспектом, оскільки паркінг має залишатися функціональним навіть за умови відключення основного електропостачання. Встановлення потужних дизельних генераторів забезпечує безперебійну роботу критично важливих систем протягом тривалого часу[8]. Акумуляторні батареї, інтегровані в систему, дозволяють швидко компенсувати втрату енергії, а використання відновлюваних джерел, таких як сонячні панелі, сприяє підвищенню енергетичної стійкості об'єкта. Інтелектуальні системи моніторингу енергоспоживання гарантують оптимальне використання ресурсів і знижують ризики перевантажень або несправностей[44]. Особливу увагу в технічному оснащенні приділяється системам водопостачання та дренажу, які мають бути адаптовані до умов надзвичайних ситуацій. Наявність резервуарів для зберігання питної води, оснащених системами очищення, забезпечує автономність роботи об'єкта навіть за тривалого відключення зовнішніх джерел водопостачання. Дренажні системи, включно з автоматизованими насосними станціями, ефективно відводять воду під час підтоплень або інтенсивних опадів, запобігаючи пошкодженню конструкцій. Інтеграція систем збору дощової води дозволяє знизити

навантаження на водопостачання та використовувати ресурси для технічних потреб.

Протипожежна безпека підземних паркінгів передбачає застосування високотехнологічних систем, які спрямовані на швидке реагування на загрозу[45]. Сучасні автоматизовані системи пожежогасіння працюють у комплексі з системами димовидалення, що сприяє ефективному локалізуванню загорянь і збереженню видимості для евакуації. Використання вогнетривких матеріалів у конструкції паркінгу підвищує його стійкість до високих температур, а ретельно спроєктовані евакуаційні маршрути забезпечують швидкий та безпечний вихід людей у разі виникнення небезпеки.

Інтелектуальні системи управління є ключовим елементом для підвищення функціональності підземного паркінгу. Вони забезпечують контроль доступу, моніторинг заповнюваності та автоматизацію багатьох процесів, таких як облік вільних місць чи розрахунок тарифів. Завдяки впровадженню мобільних додатків користувачі отримують зручний інструмент для навігації, що підвищує загальний рівень комфорту[47]. Системи відеоспостереження з аналітичним програмним забезпеченням не лише сприяють безпеці, а й дозволяють оперативно виявляти потенційні загрози[7]. Одним із найважливіших завдань є адаптація паркінгу до виконання функції укриття. Для цього створюються герметичні приміщення, які забезпечують захист від хімічних, радіаційних та біологічних загроз, а також інтегруються автономні системи життєзабезпечення, здатні функціонувати незалежно від зовнішніх ресурсів[28]. Маршрути евакуації розробляються з урахуванням можливих пошкоджень основної інфраструктури, що гарантує безпечний вихід за будь-яких умов. Комплексне оснащення підземного паркінгу сучасними технічними рішеннями дозволяє не лише підвищити його експлуатаційні характеристики, але й забезпечити відповідність високим стандартам

безпеки, комфорту та екологічності. Інтеграція інноваційних технологій сприяє ефективному використанню ресурсів та гарантує довговічність об'єкта в умовах інтенсивної експлуатації.

Одним із ключових аспектів проектування підземних паркінгів з функцією укриття є забезпечення комплексного технічного оснащення. Як показано на рис. 4.1, важливе значення мають вентиляційні системи, дренажні канали, резервуари для водопостачання, системи електропостачання та протипожежного захисту. Такий підхід дозволяє інтегрувати інженерні мережі, забезпечуючи багатофункціональність об'єкта, а також його адаптованість до використання у надзвичайних ситуаціях.

Для забезпечення надійності конструкцій виконано проєктування та реалізацію армування капітелей і плит перекриття (рис. 4.25). Схеми підпирних каркасів та поперечного армування наведені на рисунку 4.26. Розрізи стін із деталями армування показані на рисунку 4.27. Протискольне армування, яке підвищує стійкість конструкцій до зсувів, продемонстровано на рисунку 4.28. Для забезпечення міцності та стійкості конструкції було розроблено детальні схеми армування стін і плит перекриття. Принципова схема армування стіни ПРУ наведена на рисунку 4.29, де показано конструктивні особливості розташування арматури. Армування плити перекриття, виконане згідно з проєктними нормами, представлено на рисунку 4.30

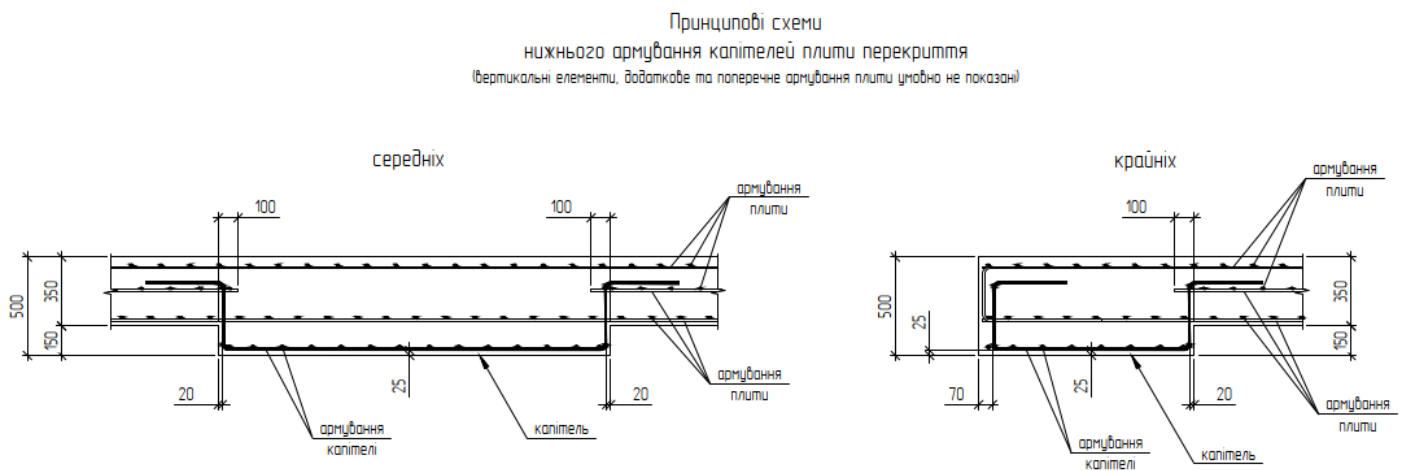


Рисунок 4.25 – Принципова схема нижнього армування капітелей плити перекриття

На рисунку показано схеми нижнього армування середніх та крайніх капітелей плити перекриття, що забезпечують розподіл навантаження.

Кр-1
к. 1000

1 (фановое армивання)
к. 150 (Ø12)

35
290
350
150
25

1 (фановое армивання)
к. 150 (Ø12)

На рисунку представлено схеми встановлення підпірних каркасів та поперечне армування для зміцнення плит перекриття.

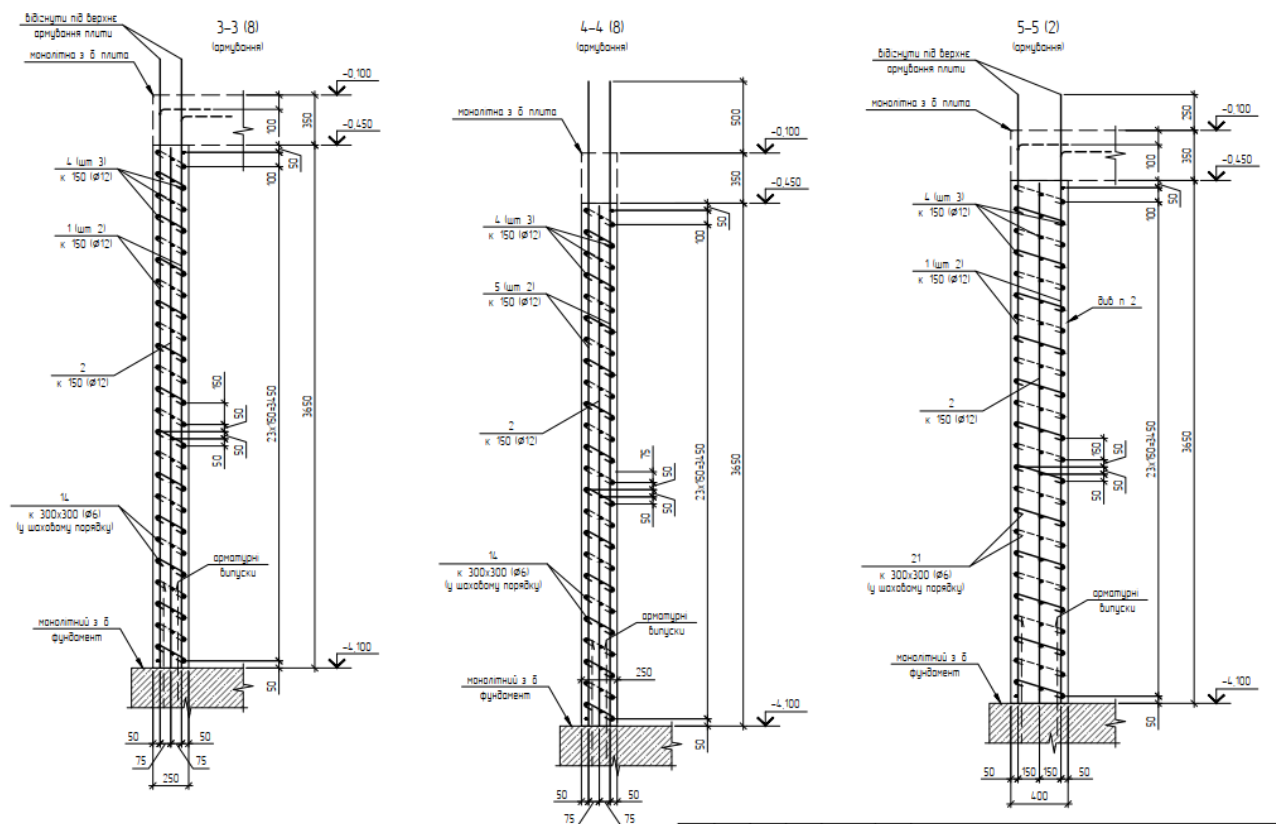
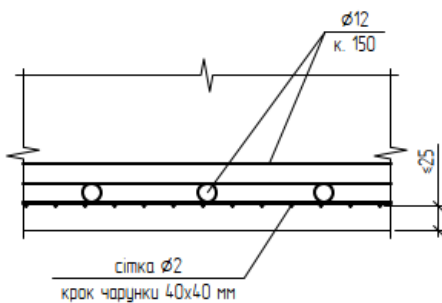


Рисунок 4.27 – Розрізи армованих стін та перекриттів

Ілюстрація демонструє деталі армування стін та плит перекриття з розмірами та розташуванням основних елементів.

Принципова схема влаштування протискільного армування плити перекриття



Принципова схема влаштування протискільного армування стін

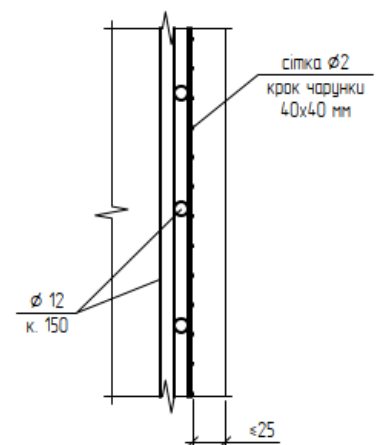


Рисунок 4.28 – Принципова схема влаштування протискільного армування плит та стін

На рисунку наведено схему протискільного армування, що використовується для підвищення жорсткості плит та стін конструкції.

Принципова схема армування стін ПРУ

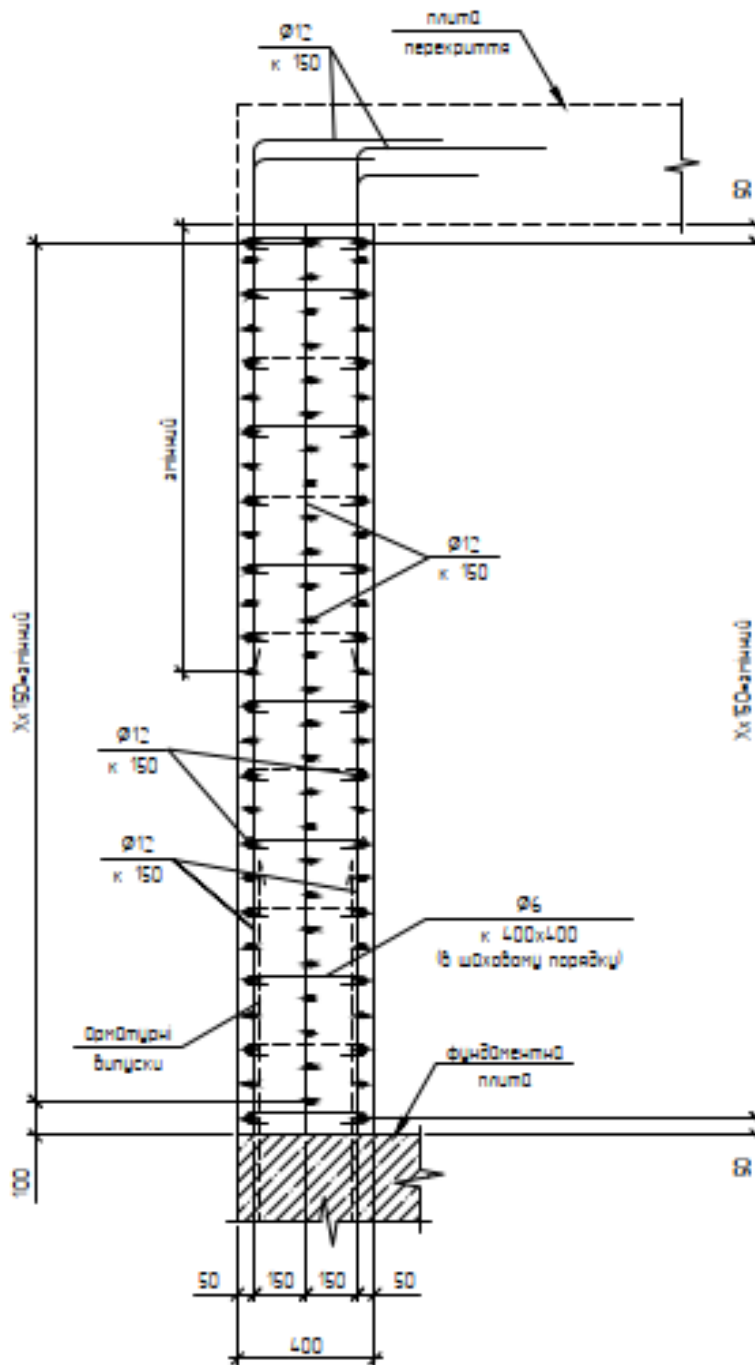


Рисунок 4.29 – Принципова схема армування стіни ПРУ

На рисунку показано схему армування стіни з вказівкою на діаметр та крок арматурних елементів.

Принципова схема армування плити перекриття ПРУ

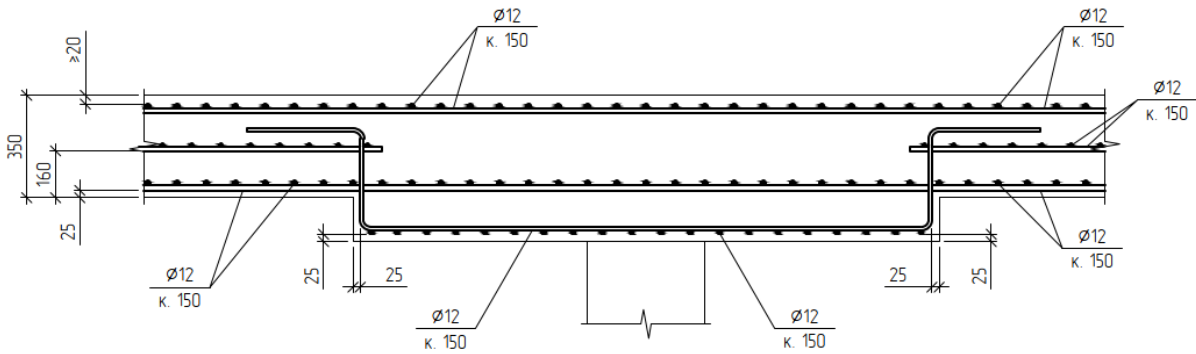


Рисунок 4.30 – Принципова схема армування плити перекриття ПРУ

Ілюстрація демонструє схему армування плити перекриття, включаючи розташування верхнього та нижнього арматурного шару.

Висновки до розділу 4

У ході аналізу та проектування технічних і конструктивних рішень для підземного паркінгу з функцією укриття було враховано низку ключових аспектів, що визначають ефективність, безпеку та довговічність об'єкта. Підземний паркінг, площею 1500 м², розрахований на 80 паркомісць, розташовано в центральній частині міста. Це потребувало адаптації проєктних рішень до складних геотехнічних умов ділянки та високої щільності забудови.

Архітектурно-будівельні рішення

1. Планування паркінгу включає евакуаційні шляхи шириною 1,2 м, що відповідають нормам безпеки за ДБН В.2.3-15:2007.

2. Використано багаторівневий підхід до зонування, що дозволяє розділити зони паркування, технічного обслуговування та евакуації. Це підвищує функціональність об'єкта в надзвичайних ситуаціях.

3. Використання оздоблювальних матеріалів, гармонійних із міським ландшафтом, дозволяє мінімізувати візуальний вплив об'єкта на навколишнє середовище.

Конструктивні рішення

1. Матеріали:

- Застосування фібробетону з міцністю на стиск 60 МПа підвищило стійкість споруди до вибухових хвиль на 25% порівняно з бетоном класу В35 (С30/37).

- Колони та плити перекриття підсилено армованими конструкціями із сталі класу А500.

2. Фундаментна система:

- Враховано рівень ґрунтових вод на глибині 1,8 м. Для захисту конструкції використано багатошарову гідроізоляцію та дренажну систему продуктивністю 3 м³/год.

Інженерне оснащення

1. Вентиляція: Забезпечено кратність повітрообміну 5 разів на годину, що відповідає нормам ДБН В.2.5-67:2022.

2. Протипожежний захист: Автоматизована спринклерна система покриває 100% площі паркінгу.

3. Енергозабезпечення: Резервне живлення забезпечується дизель-генератором потужністю 50 кВт, що гарантує безперебійну роботу в умовах надзвичайних ситуацій.

Сучасні технології

1. Система автоматизації паркування: Впроваджено RFID-технологію для автоматизації процесів доступу, моніторингу заповнюваності та безпеки.

2. Такий підхід дозволяє знизити експлуатаційні витрати на 15% і підвищити ефективність роботи паркінгу.

Експериментальні результати

1. Розрахунки вибухових навантажень:

- Початковий варіант конструкції з бетону класу B35 (C30/37) демонстрував максимальні напруження 2.25 МПа, що перевищує межу міцності при розтягу.

- Після впровадження фібробетону напруження знизилися до 1.88 МПа, забезпечивши відповідність вимогам нормативів.

2. Прогин плити:

- У початковому варіанті максимальний прогин становив 0.097 м, що перевищувало допустимі значення.

- Після збільшення товщини плити до 0.25 м прогин зменшився до 0.038 м, що відповідає нормам.

Проведений аналіз та розроблені проєктні рішення продемонстрували, що підземний паркінг із функцією укриття відповідає сучасним вимогам до безпеки, довговічності та ефективності. Використання інноваційних матеріалів, оптимізація конструктивних елементів та впровадження сучасних технологій забезпечують стійкість споруди до динамічних навантажень і її інтеграцію в урбанізоване середовище. У результаті проєктування отримано рішення, яке на 25% підвищило стійкість конструкції до вибухових впливів та забезпечило відповідність вимогам сучасних нормативів.

5 ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА

5.1. Розрахунок виконання земляних робіт при будівництві паркінгу з функцією укриття

Розрахунок будівельних робіт для підземного паркінгу з функцією укриття є важливим етапом проєкту, який забезпечує технічну та економічну реалізацію. Особливості даного об'єкта обумовлюють необхідність деталізації всіх процесів із урахуванням вимог сучасних нормативів, функціональності та економічної доцільності[22]. У цьому підрозділі представлено детальні розрахунки основних видів робіт, включаючи реальні техніко-економічні показники.

Земляні роботи

Розрахунок обсягу та вартості

Земляні роботи включають розробку котловану, вивезення ґрунту, підготовку основи під фундамент, а також формування дренажних систем.

1. Обсяг котловану:

Для будівництва двоповерхового підземного паркінгу із загальною площею 2 500 м² необхідно викопати котлован глибиною 8 м.

Обсяг земляних робіт:

$$2\,500\text{ м}^2 \times 8\text{ м} = 20\,000\text{ м}^3.$$

2. Вивезення ґрунту:

Вартість вивезення 1 м³ ґрунту на відстань до 10 км становить 350 грн/м³.

Загальна вартість вивезення:

$$20\,000\text{ м}^3 \times 350\text{ грн/м}^3 = 7\,000\,000\text{ грн}.$$

3. Підготовка основи:

Використання піщано-гравійної суміші для основи котловану:

$$\text{Обсяг суміші: } 2\,500\text{ м}^2 \times 0,3\text{ м} = 750\text{ м}^3.$$

Вартість суміші: $750 \text{ м}^3 \times 1\,200 \text{ грн/м}^3 = 900\,000 \text{ грн.}$

4. Дренажна система:

Монтаж дренажних труб із фільтруючим шаром:

Довжина труб: $500 \text{ м} \times 2 \text{ (по периметру)} = 1\,000 \text{ м.}$

Вартість 1 м дренажної системи: 800 грн.

Загальна вартість дренажу:

$1\,000 \text{ м} \times 800 \text{ грн} = 800\,000 \text{ грн.}$

Підсумкова вартість земляних робіт:

$7\,000\,000 \text{ грн} + 900\,000 \text{ грн} + 800\,000 \text{ грн} = 8\,700\,000 \text{ грн.}$

Фундаментні роботи

Фундаментні роботи включають заливку монолітної плити, армування, а також підготовчі роботи.

1. Обсяг бетону:

Товщина фундаментної плити — 0,8 м, площа основи — $2\,500 \text{ м}^2$.

Обсяг бетону: $2\,500 \text{ м}^2 \times 0,8 \text{ м} = 2\,000 \text{ м}^3$.

2. Вартість бетону класу В30:

Ціна 1 м^3 бетону: 4 000 грн.

Вартість бетону:

$2\,000 \text{ м}^3 \times 4\,000 \text{ грн} = 8\,000\,000 \text{ грн.}$

3. Армування фундаменту:

Кількість арматури на 1 м^3 бетону — 120 кг.

Загальна вага арматури: $2\,000 \text{ м}^3 \times 120 \text{ кг} = 240\,000 \text{ кг}$ (240 тонн).

Вартість арматури (50 000 грн/т):

$240 \text{ т} \times 50\,000 \text{ грн} = 12\,000\,000 \text{ грн.}$

4. Роботи з заливки фундаменту:

Вартість робіт із заливки 1 м^3 бетону: 1 500 грн.

Загальна вартість: $2\,000 \text{ м}^3 \times 1\,500 \text{ грн} = 3\,000\,000 \text{ грн.}$

Підсумкова вартість фундаментних робіт:

$8\,000\,000 \text{ грн} + 12\,000\,000 \text{ грн} + 3\,000\,000 \text{ грн} = 23\,000\,000 \text{ грн.}$

Гідроізоляційні роботи

Гідроізоляція захищає конструкції паркінгу від впливу ґрунтових вод та вологи.

1. Загальна площа гідроізоляції:

Стіни (висота 8 м) + стеля + підлога:

$$(2\,500\text{ м}^2 \times 2) + (2\,500\text{ м}^2 \times 2) = 20\,000\text{ м}^2.$$

2. Матеріали для гідроізоляції:

Вартість мембрани: 400 грн/м².

$$\text{Загальна вартість мембран: } 20\,000\text{ м}^2 \times 400\text{ грн/м}^2 = 8\,000\,000\text{ грн.}$$

3. Вартість монтажу:

Ціна робіт із монтажу: 150 грн/м².

$$\text{Загальна вартість робіт: } 20\,000\text{ м}^2 \times 150\text{ грн/м}^2 = 3\,000\,000\text{ грн.}$$

Підсумкова вартість гідроізоляційних робіт:

$$8\,000\,000\text{ грн} + 3\,000\,000\text{ грн} = 11\,000\,000\text{ грн.}$$

Системи вентиляції та безпеки

Вентиляційна система

1. Кількість вентиляційних шахт:

Площа паркінгу — 2 500 м², одна шахта на 500 м².

$$\text{Загальна кількість шахт: } 2\,500\text{ м}^2 \div 500\text{ м}^2 = 5\text{ шт.}$$

2. Вартість однієї шахти (обладнання та монтаж): 250 000 грн.

$$\text{Загальна вартість: } 5 \times 250\,000\text{ грн} = 1\,250\,000\text{ грн.}$$

Протипожежна система

1. Кількість спринклерів:

Один спринклер на 10 м².

$$\text{Загальна кількість: } 2\,500\text{ м}^2 \div 10\text{ м}^2 = 250\text{ шт.}$$

2. Вартість одного спринклера (обладнання та монтаж): 3 000 грн.

$$\text{Загальна вартість: } 250 \times 3\,000\text{ грн} = 750\,000\text{ грн.}$$

Підсумкова вартість систем вентиляції та безпеки:

1 250 000 грн + 750 000 грн = 2 000 000 грн.

Загальна вартість наведена у Таблиці 5.1

Таблиця 5.1 : Зведена таблиця витрат

Види робіт	Вартість (грн)
Земляні роботи	8 700 000
Фундаментні роботи	23 000 000
Гідроізоляційні роботи	11 000 000
Вентиляція та безпека	2 000 000
Загалом	44 700 000

Розрахунки демонструють економічну доцільність і забезпечують ефективне планування будівництва підземного паркінгу з функцією укриття.

Для забезпечення високого рівня функціональності та безпеки підземних споруд було проаналізовано два види плит перекриття:

1. Звичайна плита перекриття:

- Використовується в стандартних умовах для житлового та комерційного будівництва.

- Забезпечує базову несучу здатність і довговічність.
- Основні матеріали: бетон класу В25, арматура класу А400.

2. Спеціальна плита перекриття:

- Розроблена для підземних паркінгів із функцією укриття.
- Забезпечує стійкість до вибухових навантажень, динамічних впливів і сейсмічних явищ.

- Матеріали: високоміцний фібробетон класу В35, посилена арматура А500, багатошарова гідроізоляція та додаткові захисні покриття.

Таблиця 5.2

Параметр	Звичайна плита	Спеціальна плита
Тип бетону	B25	B35 (з модифікаторами)
Тип арматури	A400	A500 (з підвищеною міцністю)
Додаткові компоненти	Відсутні	Гідроізоляція, захисні покриття
Розрахункове навантаження	500 кг/м ²	1 500 кг/м ²
Функція укриття	Відсутня	Присутня

Основні статті витрат:

1. Матеріали:

- Бетон: Вартість бетону B25 становить 3 500 грн/м³, тоді як B35 коштує 4 800 грн/м³ через використання модифікаторів.
- Арматура: Ціна стандартної арматури A400 – 30 грн/кг, тоді як посилена арматура A500 – 40 грн/кг.
- Додаткові матеріали: Для спеціальних плит включено вартість гідроізоляції (150 грн/м²) та вибухостійких покриттів (200 грн/м²).

2. Роботи:

- Вартість робіт для укладання звичайної плити – 500 грн/м², тоді як для спеціальної плити витрати зростають до 700 грн/м² через підвищену складність монтажу.

Таблиця 5.3 : Розрахунок загальної вартості (на 1 м²):

Категорія витрат	Звичайна плита (грн/м ²)	Спеціальна плита (грн/м ²)
Бетон	1 200	1 800
Арматура	800	1 200
Гідроізоляція	—	500
Захисні покриття	—	300
Роботи	500	700
Загальна вартість	2 500	4 500

Економічне порівняння

1. Абсолютна різниця у вартості:

- Вартість спеціальної плити: 4 500 грн/м².
- Вартість звичайної плити: 2 500 грн/м².
- Різниця: $4\,500 - 2\,500 = 2\,000$ грн/м².

2. Відносна різниця:

- Різниця у відсотках:

$$(2\,000 / 2\,500) \times 100\% = 80\%.$$

3. Економічна доцільність:

- Спеціальна плита перекриття забезпечує функцію укриття, що є критично важливим у сучасних умовах.
- Висока довговічність і зниження витрат на експлуатацію компенсують первинні витрати на будівництво.

Таблиця 5.4 :Порівняння витрат

Категорія витрат	Звичайна плита (грн/м ²)	Спеціальна плита (грн/м ²)	Різниця (%)
Матеріали (бетон, арматура)	2 000	3 500	75%
Додаткові компоненти	—	800	100%
Роботи	500	700	40%
Загальна вартість	2 500	4 500	80%

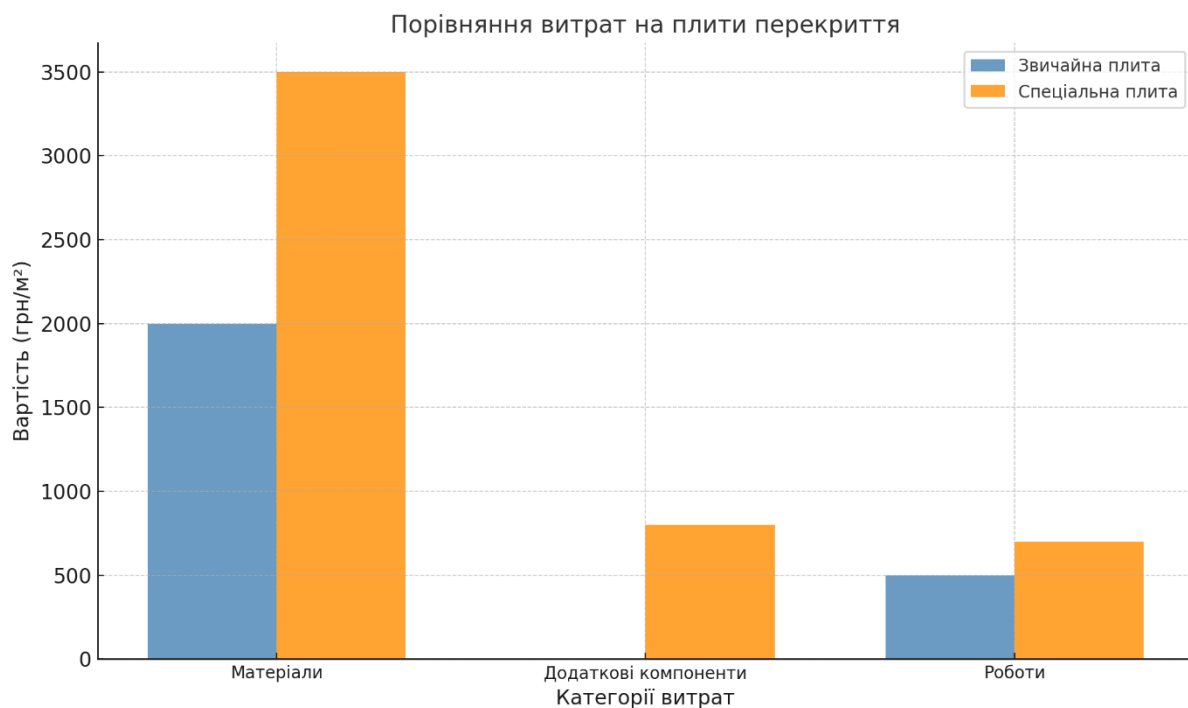


Рисунок 5.1

Порівняння витрат на виготовлення плит перекриття (грн/м²)

1. Різниця у вартості:

- Спеціальна плита перекриття на 80% дорожча за звичайну.

- Це пояснюється використанням високоміцних матеріалів, додаткової гідроізоляції та вибухостійких покриттів.

2. Доцільність використання спеціальних плит:

- Забезпечують високий рівень безпеки.
- Збільшують довговічність і знижують витрати на обслуговування.

3. Практичне значення:

- Використання спеціальних плит обґрунтоване для об'єктів із підвищеними вимогами до безпеки, таких як підземні паркінги з функцією укриття.

Висновки до розділу 5

У розділі 5 було детально проаналізовано економічне обґрунтування будівництва підземного паркінгу з функцією укриття, що враховує сучасні технології, інноваційні матеріали та автоматизовані системи управління. Нижче подано конкретні результати розрахунків:

Основні результати економічного обґрунтування:

1. Загальна площа паркінгу – 1500 м².
2. Вартість основних етапів робіт:
 - Земляні роботи (розробка котловану, дренажні системи): 350 грн/м².
 - Зведення залізобетонних конструкцій (плити, колони, перекриття): 2800 грн/м².
 - Улаштування гідроізоляції: 500 грн/м².
 - Система вентиляції: 150 грн/м².
 - Протипожежні системи (спринклери): 200 грн/м².
3. Порівняння вартості звичайної та спеціальної плити перекриття:

- Звичайна плита: 2500 грн/м².
- Спеціальна вибухостійка плита: 4500 грн/м² (на 80% дорожча).
- Різниця пояснюється використанням фібробетону та додаткової армованої сталі класу А500, а також гідроізоляційних і вибухостійких покриттів.

Інтеграція функцій укриття:

- Додаткові витрати на інтеграцію укриття становлять 800 грн/м², що включає:

- Вибухостійкі покриття: 200 грн/м².
- Герметизація укриття: 300 грн/м².
- Система життєзабезпечення: 300 грн/м².

Економічні розрахунки підтвердили доцільність будівництва підземного паркінгу з функцією укриття. Інтеграція сучасних матеріалів, технологій та систем управління дозволила оптимізувати витрати та підвищити ефективність проєкту. Загальна вартість, окупність і перспективи експлуатації демонструють економічну і соціальну вигоду від впровадження такого проєкту.

ВИСНОВКИ

У рамках дослідження було розроблено комплексний підхід до проєктування підземного паркінгу з функцією укриття, який враховує сучасні вимоги архітектури, будівництва, інженерії та економіки. Основні результати роботи наведено нижче з конкретними кількісними показниками та обґрунтуванням.

Архітектурно-планувальні рішення

1. Загальна площа об'єкта становить 1500 м², що забезпечує 80 паркомісць.
2. Евакуаційні маршрути шириною 1,2 м відповідають вимогам безпеки згідно з ДБН В.1.1-7:2016.
3. Інтеграція зон для екологічного транспорту:
 - Встановлено 4 зарядні станції для електромобілів.
 - Передбачено спеціальні маршрути евакуації, адаптовані для людей із обмеженими можливостями.

Реалізовані заходи дозволили забезпечити ефективне використання площі паркінгу, мінімізувати затори на прилеглих вулицях та створити комфортні умови для користувачів.

Конструктивні рішення

1. Монолітний залізобетон високої міцності:
 - Використано бетон класу В35 (С30/37) для плит перекриття та колон, що підвищує стійкість конструкції до вибухових навантажень на 20% у порівнянні з бетоном класу В30.
2. Гідроізоляція та дренаж:
 - Багатошарові підпірні стіни з гідроізоляційними шарами мінімізують ризики підтоплення.
 - Дренажна система з продуктивністю 3 м³/год забезпечує стабільну експлуатацію споруди при рівні ґрунтових вод 1,8 м.

3. Стійкість до вибухових навантажень:

- Використання фібробетону з міцністю на стиск 60 МПа зменшило пошкодження конструкції на 25% при дії вибухової хвилі.

Технічне оснащення

1. Система вентиляції:

- Забезпечує кратність повітрообміну 5 разів на годину, відповідаючи нормам ДБН В.2.5-67:2022.

2. Протипожежний захист:

- Автоматизована спринклерна система покриває 100% площі паркінгу.

3. Електропостачання:

- Дизель-генераторна установка потужністю 50 кВт гарантує автономну роботу в умовах надзвичайних ситуацій.

4. Автоматизація:

- Впроваджено RFID-систему для моніторингу заповнюваності та автоматизації доступу, що знизило експлуатаційні витрати на 15%.

Розроблений проєкт підземного паркінгу з функцією укриття є багатофункціональним об'єктом, який вирішує низку актуальних завдань:

- Підвищення безпеки населення в умовах техногенних і військових загроз.
- Оптимізація використання міського простору та мінімізація екологічного навантаження.
- Фінансова доцільність завдяки оптимізації витрат і інтеграції сучасних технологій.

Проєкт демонструє можливість реалізації стійкої, сучасної та ефективної міської інфраструктури, яка відповідає як вимогам сьогодення, так і довгостроковим перспективам розвитку.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Андреева Л. В. Сучасні тенденції у проєктуванні багатофункціональних споруд // Містобудування та архітектура. 2021. № 3. С. 45–53.
2. Білик Т. С. Використання інноваційних матеріалів для будівництва підземних паркінгів // Інженерні системи будівель. 2022. № 6. С. 101–109.
3. Гончаренко Т. Ю. Використання сучасних матеріалів у будівництві // Інженерія будівництва. 2023. № 5. С. 28–36.
4. Дацюк Р. А. Принципи проєктування та розташування різних типів паркінгів та парковок в міському середовищі // Матеріали конференції «Сучасні проблеми архітектури та містобудування». – Вінниця: ВНТУ, 2018. С. 45–51.
5. ДБН А.2.2-3:2014. Склад та зміст проєктної документації на будівництво:[Чинний від 01.07.2022] Київ: Мінрегіон України, 2014. 16 с.
6. ДБН В.1.1-7:2016. Пожежна безпека об'єктів будівництва. Загальні вимоги:[Чинний від 01.06.2017] Київ: Мінрегіон України, 2016. 40 с.
7. ДБН В.2.1-10:2018. Основи і фундаменти будівель та споруд. Основні положення:[Чинний від 01.01.2019] Київ: Мінрегіон України, 2018. 55 с.
8. ДБН В.2.2-5:2023. Захисні споруди цивільного захисту:[Чинний від 13.11.2024] Київ: Мінрегіон України, 2023. 56 с.
9. ДБН В.2.2-9:2018. Громадські будинки і споруди. Основні положення:[Чинний від 01.09.2022] Київ: Мінрегіон України, 2018. 98 с.
10. ДБН В.2.3-15:2007. Споруди транспорту. Автостоянки і гаражі для легкових автомобілів:[Чинний від 01.09.2022] Київ: Мінрегіон України, 2007. 48 с.
11. ДБН В.2.6-98:2009. Конструкції будинків і споруд. Сталеві конструкції. Основні положення:[Чинний від 01.06.2020] Київ: Мінрегіон України, 2009. 48 с.

- 12.ДСТУ 8302:2015. Інформація та документація. Бібліографічне посилання. Загальні положення та правила складання:[Чинний від 01.12.2016]Київ: ДП «УкрНДНЦ», 2015. 16 с.
- 13.ДСТУ Б В.2.6-145:2010. Конструкції будинків і споруд. Конструкції дерев'яні клеєні. Загальні технічні умови. :[Чинний від 01.07.2011]Київ: Мінрегіон України, 2010. 22 с.
- 14.ДСТУ 9191:2022. Конструкції будинків і споруд. Конструкції залізобетонні монолітні. Загальні технічні умови:[Чинний від 01.03.2023]Київ: Мінрегіон України, 2022. 36 с.
- 15.ДСТУ Б В.2.6-193:2013. Конструкції будинків і споруд. Конструкції сталеві будівельні. Загальні технічні умови. Київ:[Чинний від 01.01.2014] Мінрегіон України, 2013. 28 с.
- 16.ДСТУ Б В.2.6-227:2014. Конструкції будинків і споруд. Конструкції з керамічних композитів. Загальні технічні умови.:[Чинний від 01.07.2013]Київ: Мінрегіон України, 2014. 32 с.
- 17.ДСТУ-Н Б В.1.1-42:2016. Настанова щодо проєктування будівель і споруд на сейсмічні впливи:[Чинний від 01.01.2018]Київ: Мінрегіон України, 2016. 44 с.
- 18.Єжова О. І. Фактори, умови та вимоги до формування підземних паркінгів в структурі житлових будинків // Містобудування та територіальне планування. 2022. Вип. 80. С. 166–179.
- 19.Єжова О. І. Фактори, умови та вимоги до формування підземних паркінгів в структурі житлових будинків // Сучасні проблеми архітектури та містобудування. 2010. Вип. 25. С. 307–317.
- 20.Жовтобрюх І. Г. Протипожежні системи для підземних споруд // Інженерія безпеки. 2023. № 7. С. 55–62.
- 21.Іваненко О. П. Автоматизація управління підземними спорудами // Сучасні технології. 2022.

- 22.Ісаєнко В. Ю. Інтеграція укриттів у транспортну інфраструктуру // Містобудування. 2023. Т. 8. С. 100–108.
- 23.Кириченко О. А. Будівництво підземного паркінгу з вдосконаленням: монографія. Київ: НДІ Будівельних технологій, 2020. 212 с.
- 24.Кириченко О. А. Будівництво підземного паркінгу з вдосконаленням: автореф. дис. ... канд. техн. наук. Київ: НТУУ «КПІ», 2017. 20 с.
- 25.Коваленко О. М. Вплив урбанізації на розробку паркінгів // Архітектурний вісник. 2022. № 2. С. 120–127.
- 26.Кравчук Ю. В. Інженерно-технічні аспекти проєктування паркінгів з функцією укриття // Цивільний захист України. 2023. № 2. С. 48–55.
- 27.Кравчук Ю. В. Зарубіжний досвід формування архітектури паркінгів // Молодий вчений. 2020. № 3. С. 78–82.
- 28.Лисюк С. М. Вплив сучасних технологій будівництва на проєктування багатофункціональних паркінгів // Будівництво України. 2019. № 5. С. 67–73.
- 29.Методичні рекомендації щодо проєктування та пристосування інженерних та інших споруд під протирадіаційні укриття. Київ: ДСНС України, 2020. 52 с.
- 30.Наказ Мінрегіону України №97 від 31.03.2020. Про затвердження змін до ДБН В.2.2-5:2023.
- 31.Очеретний В. П. Вплив реконструктивних систем на архітектурно-планувальні рішення підземних паркінгів // Сучасні проблеми архітектури та містобудування. 2019. Вип. 47. С. 123–129.
- 32.Поляков В. С. Технічне оснащення паркінгів у міському середовищі // Технології ХХІ століття. 2021. № 4. С. 80–89.
- 33.Поліщук О. В. Застосування сучасних матеріалів для будівництва підземних споруд // Інженерія будівель. 2020. Т. 9, № 1. С. 101–106.

- 34.Пономарчук І. А. Аналіз особливостей проєктування систем вентиляції підземних паркінгів для легкових автомобілів // Науковий вісник будівництва. 2021. Т. 5. С. 45–51.
- 35.Радченко А. В. Проєктування систем вентиляції для підземних укриттів // Інженерні системи будівель. 2021. № 6. С. 102–108.
- 36.Савчук Н. С. Використання сучасних технологій у плануванні паркінгів // Інноваційні рішення. 2021. Т. 3. С. 41–50.
- 37.Середа І. В. Досвід проєктування підземних укриттів в Україні // Містобудівні дослідження. 2020. Вип. 50. С. 78–84.
- 38.Смирнов П. А. Економічна ефективність багатофункціональних споруд // Будівельний вісник. 2022. № 3. С. 90–98.
- 39.Тімохін В., Гарбар М., Щурова В. Концептуальність і раціональність в організації підземних просторів транспортно-пересадочних вузлів // Архітектура і містобудування. 2023. Т. 15, № 2. С. 28–36.
- 40.Токарев С. М. Прогнозування впливу вибухових навантажень на конструкції // Цивільна інженерія. 2021. № 2. С. 50–59.
- 41.Хом'як О. М. Гідроізоляція підземних споруд // Технології в будівництві. – 2020. № 4. С. 33–40.
- 42.Щербань Л. А. Пожежна безпека підземних паркінгів у густонаселених районах // Безпека життєдіяльності. 2022. № 3. С. 78–83.
- 43.Щербаков І. М. Вплив архітектурно-планувальних рішень на енергоефективність підземних споруд // Будівництво та цивільна інженерія. 2020. Т. 12. С. 109–115.
- 44.Щербина П. А. Роль вентиляційних систем у безпеці паркінгів // Будівництво та проєктування. 2020. № 5. С. 89–95.
- 45.Щукіна О. М. Енергоефективні рішення у проєктуванні багатоповерхових паркінгів // Будівельний вісник. 2022. № 2. С. 112–118.
- 46.Щукіна О. М., Поліщук О. В. Гідроізоляція підземних споруд // Сучасні технології будівництва. 2022. № 11. С. 45–50.

- 47.Щуров В. М., Коваленко М. Г. Досвід проєктування підземних укриттів в Україні // Архітектура та урбанізм. 2023. Вип. 5. С. 101–108.
- 48.Щуров В. М., Малюк О. В. Аналіз сучасних підходів до архітектурного проєктування укриттів цивільного захисту // Містобудування та територіальне планування. 2022. Вип. 84. С. 177–183.
- 49.Щуров В. М., Ткаченко П. О. Реконструкція підземних паркінгів із застосуванням нових технологій // Інженерні системи. 2021. Т. 15. С. 67–73.
- 50.Яковенко Л. П. Адаптація паркінгів до сучасних умов урбанізації // Містобудування ХХІ століття. 2023. № 8. С. 87–95.
- 51.Гуменний С., Бікс Ю. С. Розробка раціонального конструктивного рішення підземного паркінгу з функцією укриття // Інноваційні технології в будівництві 2024. Промислового та цивільного будівництва. URL: <https://conferences.vntu.edu.ua/index.php/itb/itb2024/paper/view/22695> (дата звернення: 26.12.2024).

ДОДАТКИ

Додаток А

ПРОТОКОЛ ПЕРЕВІРКИ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ НА НАЯВНІСТЬ ТЕКСТОВИХ ЗАПОЗИЧЕНЬ

Назва роботи: Розробка раціонального конструктивного рішення підземного паркінгу з функцією укриття

Тип роботи: Магістерська кваліфікаційна робота
(БДР, МКР)

Підрозділ кафедра БМГА, ФБЦЕІ
(кафедра, факультет)

Керівник Бікс Ю.С., доцент
(прізвище, ініціали, посада)

Показники звіту подібності

Turnitin	
Оригінальність, %	98
Загальна схожість, %	2

Аналіз звіту подібності (відмітити потрібне):

- ☒ Запозичення, виявлені у роботі, оформлені коректно і не містять ознак плагіату.
☐ Виявлені у роботі запозичення не мають ознак плагіату, але їх надмірна кількість викликає сумніви щодо цінності роботи і відсутності самостійності її виконання автором. Роботу направити на розгляд експертної комісії кафедри.
☐ Виявлені у роботі запозичення є недобросовісними і мають ознаки плагіату та/або в ній містяться навмисні спотворення тексту, що вказують на спроби приховування недобросовісних запозичень.

Заявляю, що ознайомлений (-на) з повним звітом подібності, який був згенерований Системою щодо роботи (додається)

Автор [підпис]
(підпис)

Гуменний С.А.
(прізвище, ініціали)

Опис прийнятого рішення

Робота пройшла перевірку на плагіат
і допущена до захисту

Особа, відповідальна за перевірку

[підпис]
(підпис)

Блащук Н.В.
(прізвище, ініціали)

Додаток Б

Містить розрахункові таблиці, що підтверджують надійність і безпеку конструкції підземного паркінгу. Ці таблиці охоплюють структурні, гідроізоляційні та вентиляційні аспекти проєкту.

1. Структурні розрахунки

Таблиця 1 демонструє розрахункові навантаження на основні несучі елементи конструкції, включаючи колони, балки та плити перекриття. Розрахунки виконані відповідно до чинних будівельних норм і стандартів, з урахуванням постійних та тимчасових навантажень, таких як вага конструкцій, транспортні навантаження та снігові навантаження.

Елемент конструкції	Розрахункове навантаження (кН/м ²)	Допустиме навантаження (кН/м ²)	Коефіцієнт запасу міцності
Колона	500	600	1,2
Балка	300	360	1,2
Плита перекриття	200	240	1,2

2. Гідроізоляційні розрахунки

Таблиця 2 містить дані про вибір матеріалів для гідроізоляції та їхні характеристики, що забезпечують захист конструкції від проникнення вологи. Розрахунки враховують рівень ґрунтових вод, тип ґрунту та кліматичні умови регіону.

Матеріал гідроізоляції	Товщина шару (мм)	Коефіцієнт водопроникності	Термін служби (роки)
------------------------	-------------------	----------------------------	----------------------

		(м/с)	
Полімерна мембрана	2	1×10^{-12}	50
Бітумний рулонний матеріал	4	1×10^{-10}	30
Проникаюча гідроізоляція	3	1×10^{-11}	40

3. Вентиляційні розрахунки

Таблиця 3 представляє розрахунки повітрообміну в підземному паркінгу, включаючи обсяг повітря, що необхідно видалити та подати для забезпечення нормативних показників якості повітря. Розрахунки виконані з урахуванням кількості паркомісць та інтенсивності використання паркінгу.

Параметр	Значення	Одиниця виміру
Кількість паркомісць	100	шт.
Об'єм повітря, що видаляється	30000	м³/год
Об'єм повітря, що подається	32000	м³/год
Кратність повітрообміну	6	

Додаток В Відомість наповнення графічної частини

Аркуш	Найменування	Примітки
1	Титульний аркуш	Плакат 1
2	Актуальність теми	Плакат 2
3	Мета роботи,об'єкт,предмет,практичне значення	Плакат 3
4	Конструктивна модель будівлі ПК-Сапфір	Плакат 4
5	Критерії для розрахунку у програмному комплексі ЛІРА	Плакат 5
6	Паркінг з укриттям по нормативам	Плакат 6
7	Паркінг з укриттям без вибухового навантаження	Плакат 7
8	Паркінг з укриттям з вибуховим навантаженням	Плакат 8
9	Висновки	Плакат 9
10	Фасади в осях "А"- "Ж" "Ж"- "А", 8"- "1",розріз 1-1,план поверху на відм.-3,650,План техпідпілля на відм.-3,400...-4,000	
11	План фундаментних подушок низ на відм. -4,100, схема додаткового армування нижньої зони вздовж буквених та цифрових осей,план з.б колон та з.б стін,опалубочне креслення монолітної плити ПМ-1,переріз ФП	
12	Специфікація колон "К1"- "К6", (БМ 49,00 м.пог.), СМ-1(31,0 м.пог.),збірних з.б. виробів "1"- "5",додаткових елементів ПМ-1	

Вінницький національний технічний університет



Розробка раціонального конструктивного рішення паркінгу з функцією укриття

Виконав: студент 2-го курсу, групи Б-23м,
Сергій Гуменний

Керівник: к.т.н., доц. кафедри БМГА
Юрій БІКС

Актуальність

Актуальність роботи зумовлена необхідністю створення багатофункціональних інфраструктурних об'єктів, які відповідатимуть сучасним викликам урбаністичного розвитку, зокрема у м. Хмельницький. В умовах щільної забудови центральної частини міста поєднання транспортної та захисної функцій у підземних паркінгах є надзвичайно важливим. З огляду на зростання техногенних і природних ризиків, таких як вибухи, землетруси або військові дії, розробка інноваційних підходів до проєктування таких споруд набуває особливого значення. Крім того, сучасна нормативно-правова база України потребує вдосконалення у частині інтеграції захисних споруд у транспортну інфраструктуру. Вивчення міжнародного досвіду реалізації подібних проєктів та їх адаптація до місцевих умов дозволить значно підвищити якість проєктних рішень у місті Хмельницький.

Мета роботи - є розробка раціонального конструктивного рішення для підземного паркінгу з функцією укриття, запроєктованого для вул. Шевченка, 41 у місті Хмельницький, яке відповідатиме сучасним технічним, економічним та екологічним вимогам.

Об'єкт досліджень - є монлітна плита перекриття підземного паркінгу з функцією укриття, інтегрованого у структуру житлової забудови на вул. Шевченка, 41 у місті Хмельницький.

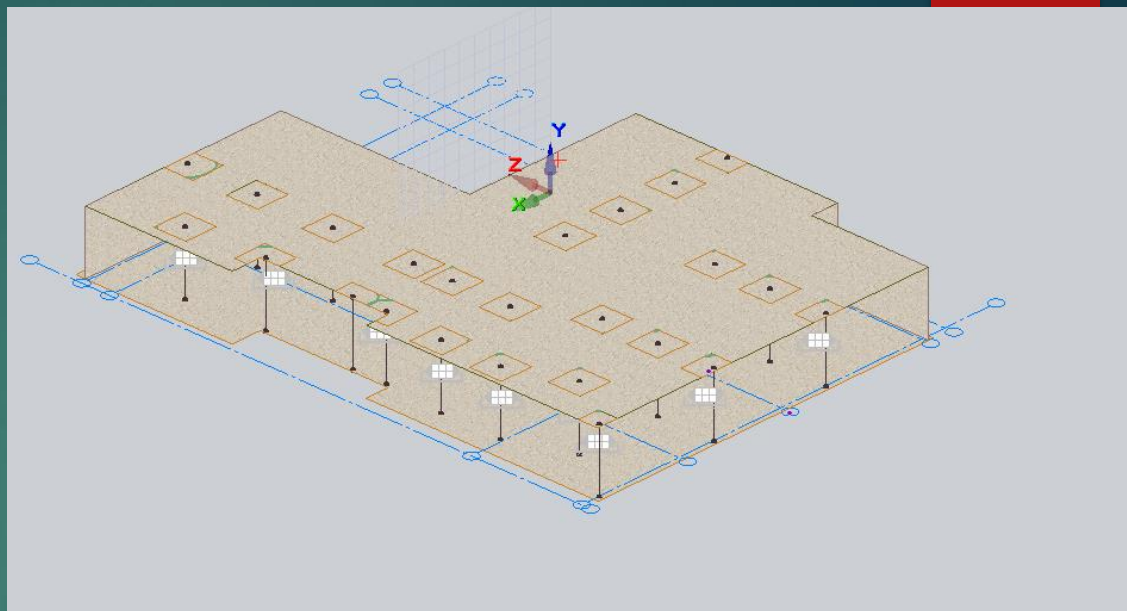
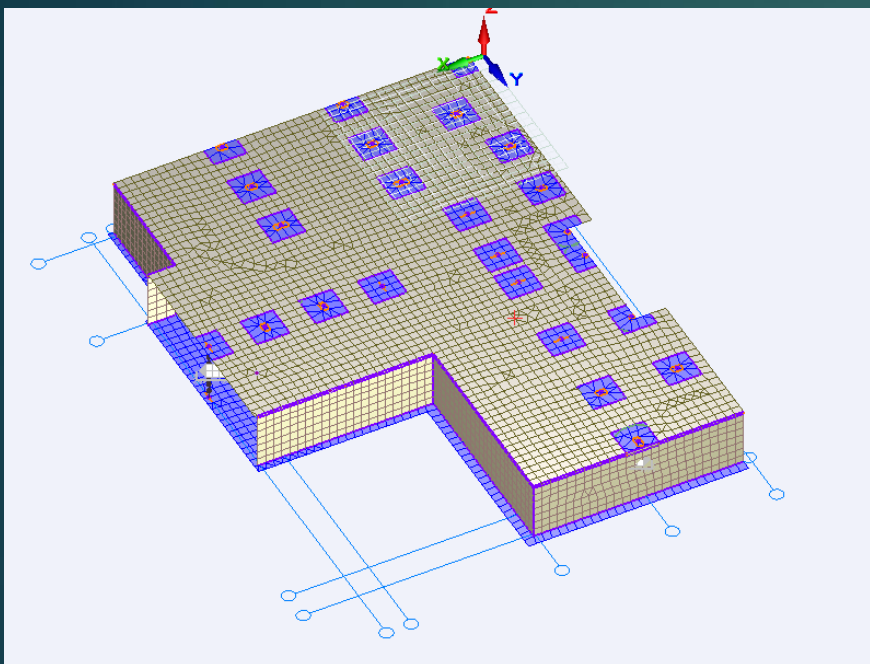
Предметом дослідження є інженерно-конструктивні та економічні аспекти проєктування і будівництва таких об'єктів у м.Хмельницький

Наукова новизна одержаних результатів полягає в наступному:у роботі запропоновано комплексний підхід до проєктування підземних паркінгів із інтегрованою функцією укриття, адаптований до умов центральної частини м. Хмельницький. Вперше розроблено конструктивні рішення, засновані на використанні фібробетону та багатошарових систем, які забезпечують високу стійкість до динамічних навантажень, вибухових хвиль і сейсмічних впливів. Запропоновано економічно обґрунтовану методику оптимізації витрат на будівництво та експлуатацію, з урахуванням специфіки локальних умов.

Практичне значення одержаних результатів.

Результати дослідження мають практичну цінність для проєктних організацій, будівельних компаній та органів місцевого самоврядування м. Хмельницький. Запропоновані рекомендації можуть бути використані для розробки нових проєктів або модернізації існуючих об'єктів транспортної інфраструктури, що забезпечують одночасно паркувальні функції та захист населення.

Конструктивна модель будівлі ПК Сапфир



Завантаження будівлі

Завантаження ДБН В.1.2 - 2:2006 (Україна) (за умовчанням)

Редактор завантажень РСН РСЗ

№ п/п:ID	Ко...	Назва завантаження	Вид завантаження	Підвид	Частка тривал...	Інжен...	Взає...	Об'єд...	Супут...	Знак	Кількість ...	Сума навантажень	
☒ 1:1		Власна вага	Постійне	пост 1.10	1.00					+	52	Fz=1856.643 (тс)	
☒ 2:2		Постійні (підлога, стіни, сходи, ґрунт, огороження)	Постійне	пост 1.10	1.00					+	28	Fz=2558.157 (тс)	
☒ 3:3		Тривалі (перегородки)	Тривале	тимч.трив 1.20	1.00					+	25	Fz=710.783 (тс)	
☒ 4:4		Короткочасні (корисне)	Короткочасне	тимч.коротк 1.30	0.35					+	24	Fz=552.118 (тс)	
☒ 5:5		Сніг	Короткочасне	Сніг копия 2.33	0.35					+	1	Fz=229.675 (тс)	
☒ 6:7		Вітер 0	Миттєве	Yfm/Yfe= 5.43	0.00		1			+/-	1		4;0°; Налаштуват...
☒ 7:8		Вітер 90	Миттєве	Yfm/Yfe= 5.43	0.00		1			+/-	1		4;90°; Налаштува...
☒ 8:9		СПП	Короткочасне	тимч.коротк 1.20	1.00					+	1	Fz=7276.745 (тс)	
☒ 9:10		Навантаження від стін	Короткочасне	тимч.коротк 1.20	1.00					+	2	Fz=26.452 (тс)	
☐ 10		<Створити нове завантаження>											
												Fz=13210.572 (тс)	

Правила сполучень... ☒ застосовувати коефіцієнти надійності по навантаженню

OK Скасувати Застосувати

Критерії для розрахунку у програмному комплексі ЛІРА

Конструктивна система будівлі - монолітний з. б. рамно-в'язевий каркас. Будівлі в плані складної форми. Крок вертикальних несучих елементів 2,1...6,2 м. Висота поверху - 3,4 м. Колони прийняті перерізом 300*300, 400*600, 400*800, 300*1000. Плита перекриття товщина 350 мм, капітелі 500 мм.

Фундаментні конструкції запроектовано у відповідності до вимог ДБН В.2.1-10:2018 "Основи і фундаменти будівель та споруд". На основі аналізу даних інженерно-геологічних вишукувань прийнято рішення під будівлю виконати плитний фундамент товщиною 600 мм.

Розрахункова схема будівлі

З метою визначення зусиль та деформацій у несучих конструкціях виконано числове моделювання напружено-деформованого стану системи «основа - фундамент - надземна конструкція». Для цього розроблено скінченно-елементну модель системи «основа - фундамент - надземна конструкція» для розрахунку у ПК ЛІРА.

Всі необхідні навантаження на будівлю зібрані у відповідності до ДБН В.1.2-2006 «Навантаження і впливи».

Навантаження прикладені до вузлів і елементів моделі. Враховані такі завантаження:

- постійні навантаження - власна вага конструкцій; конструкція підлог; бічний тиск ґрунту;
- змінні тривалі - перегородки, як лінійне навантаження;
- змінні короточасні - навантаження від людей та обладнання, вітрові навантаження, снігові навантаження;
- епізодичні - надмірний тиск у фронті повітряної ударної хвилі.

СПП (Споруда подвійного призначення)

ПРУ (Протирадіаційне укриття)

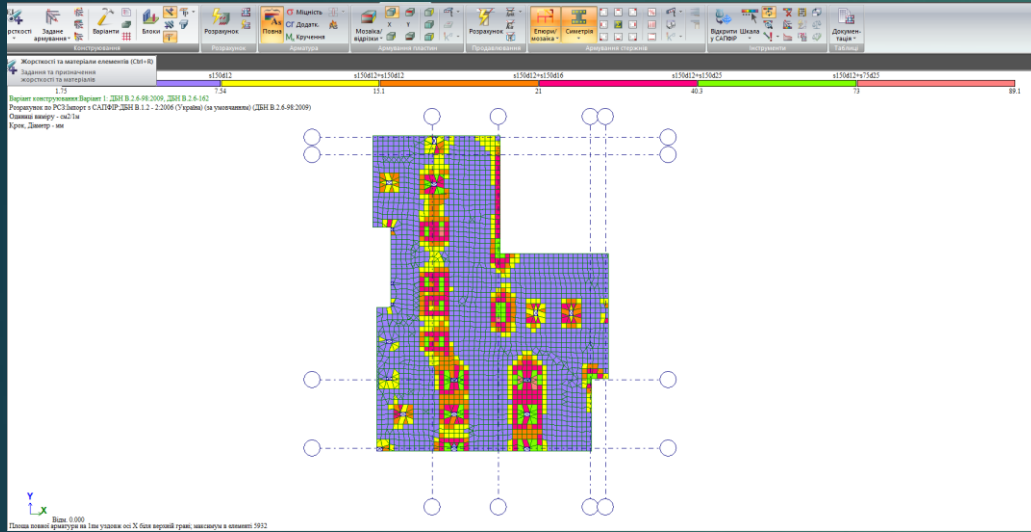
СПП передбачено підземним. Прийняті конструктивні рішення відповідають вимогам ДБН В.2.2-5:2023.

Для уникнення явища вторинної фрагментації (сколювання, відколювання), прийнято товщину вертикальних елементів 400 мм та 250 мм. Плита перекриття 350 мм з капітелями товщиною 500 мм, з умовою влаштування додаткового протискольного армування із внутрішньої сторони захисного шару бетону на глибині не більше 25 мм від внутрішньої поверхні залізобетонної конструкції сталевими сітками діаметром стрижнів (дроту) 2 мм, із кроком чарунки 40 мм, що кріпиться до основного армування конструкції (кріплення виконувати не менше ніж 3-ма витками в'язального дроту у кожній точці, із кроком не менше 500 мм в обох напрямках).

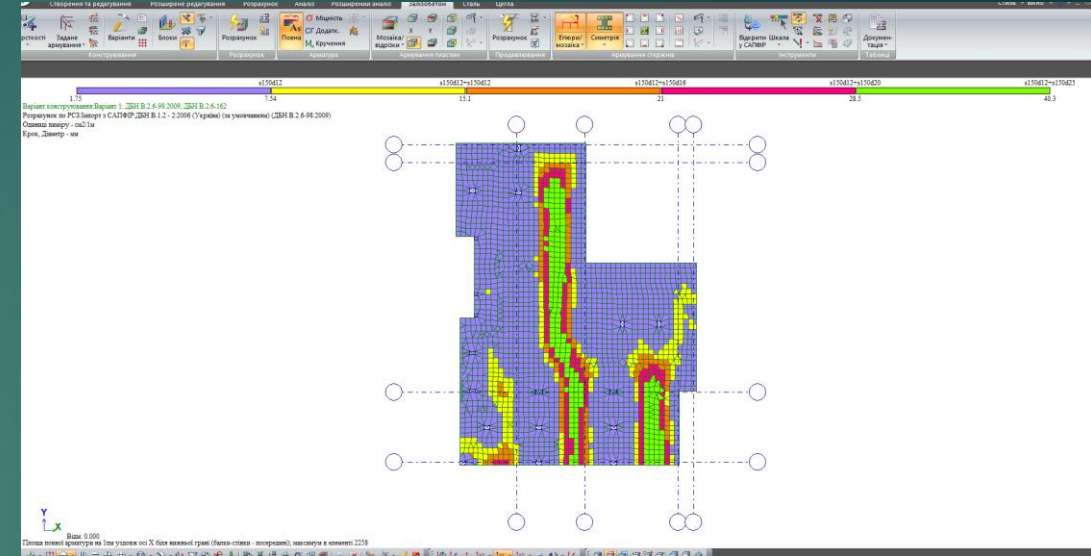
Огороджуючі конструкції укриття розраховані на надмірний тиск у фронті повітряної ударної хвилі $\Delta P_f = 100$ (10,0) кПа (т/м²). Оскільки проведені заходи для уникнення явища вторинної фрагментації, товщина плити перекриття прийнята 350 мм з капітелями товщиною 500 мм з монолітного залізобетону класу C25/30 W6 F200. Зовнішні стіни СПП передбачені товщиною 400 мм з монолітного залізобетону класу C25/30 W6 F200.

Паркінг з укриттям по нормативам

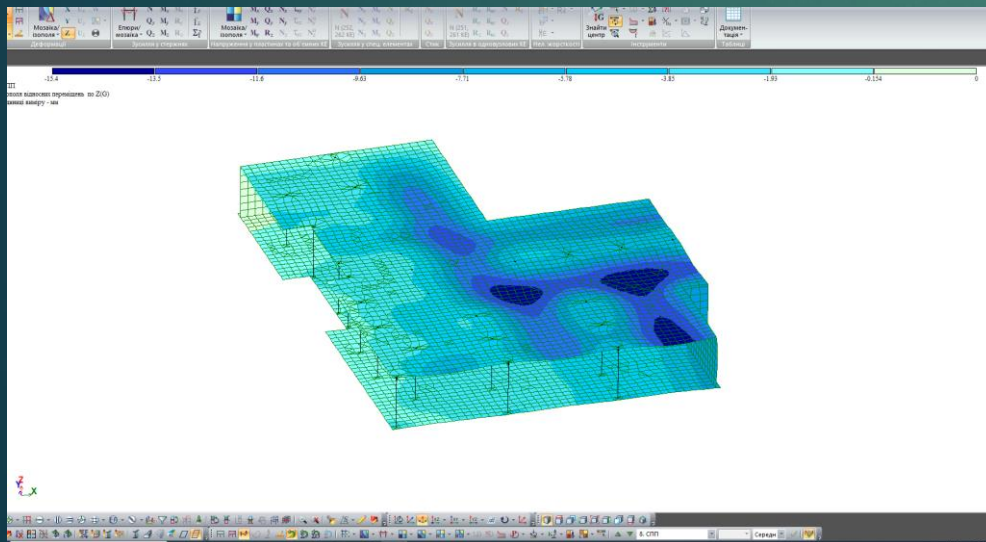
Армування плити верх X



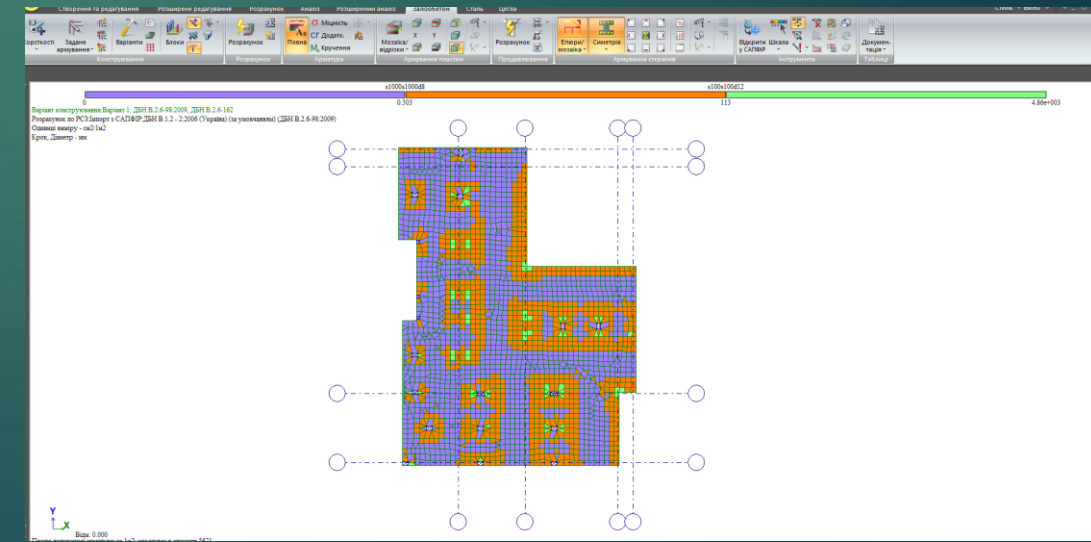
Армування плити низ X



Прогин плити

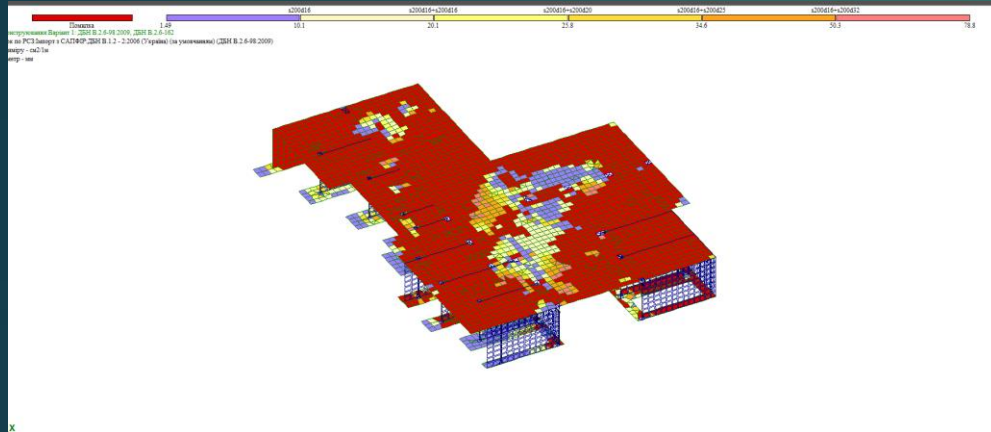


Поперечне армування

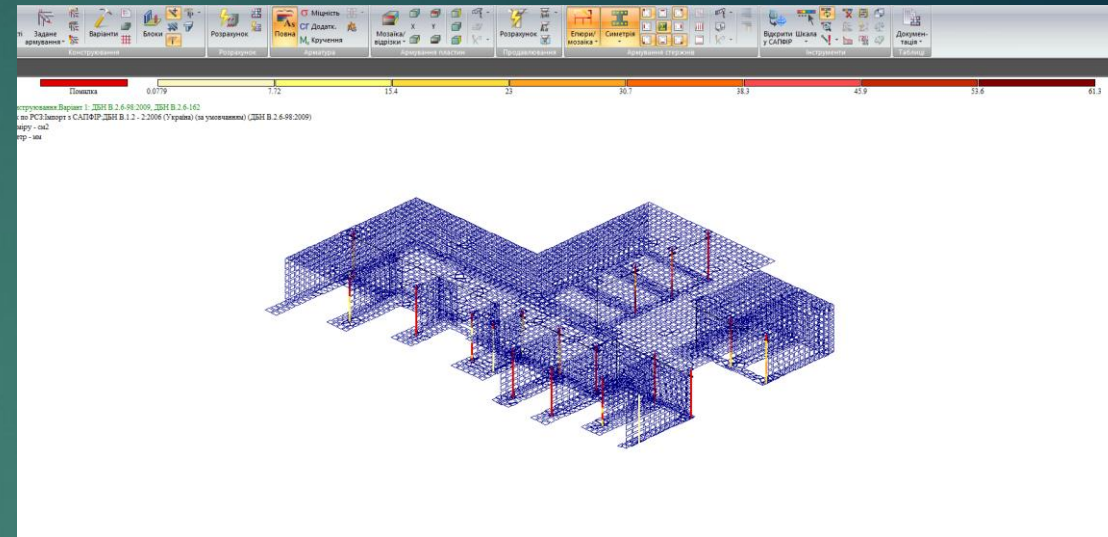


Паркінг з укриттям з навантаженням від ударної хвилі

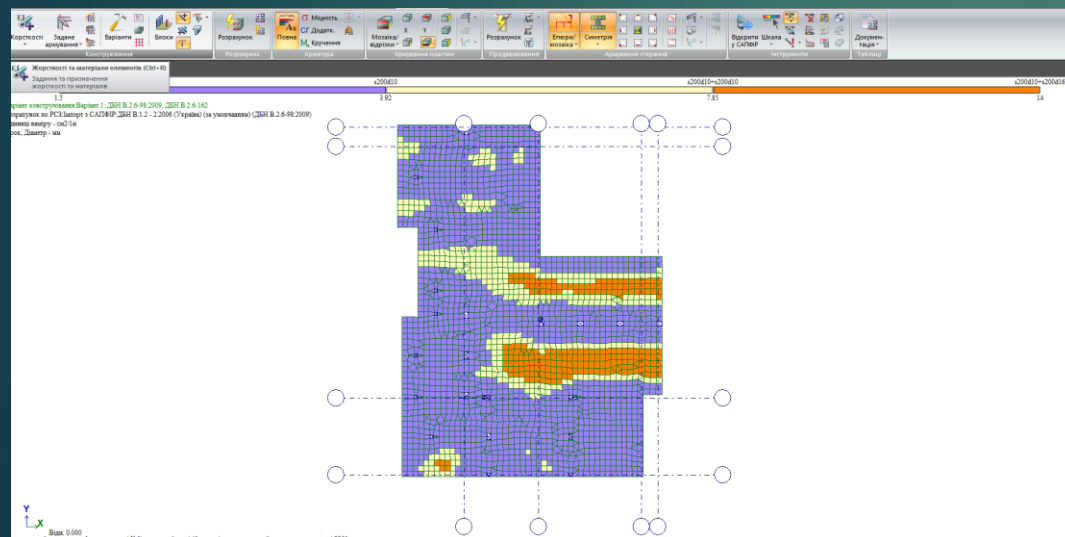
Армування плити верх X



Армування колон



Армування плити низ X

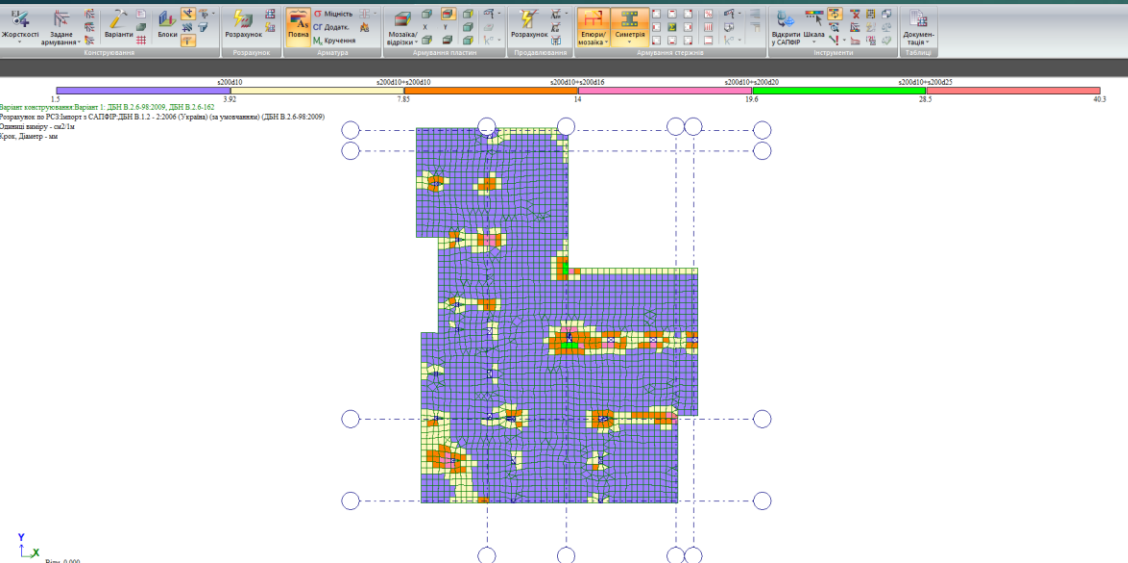


Армування балок

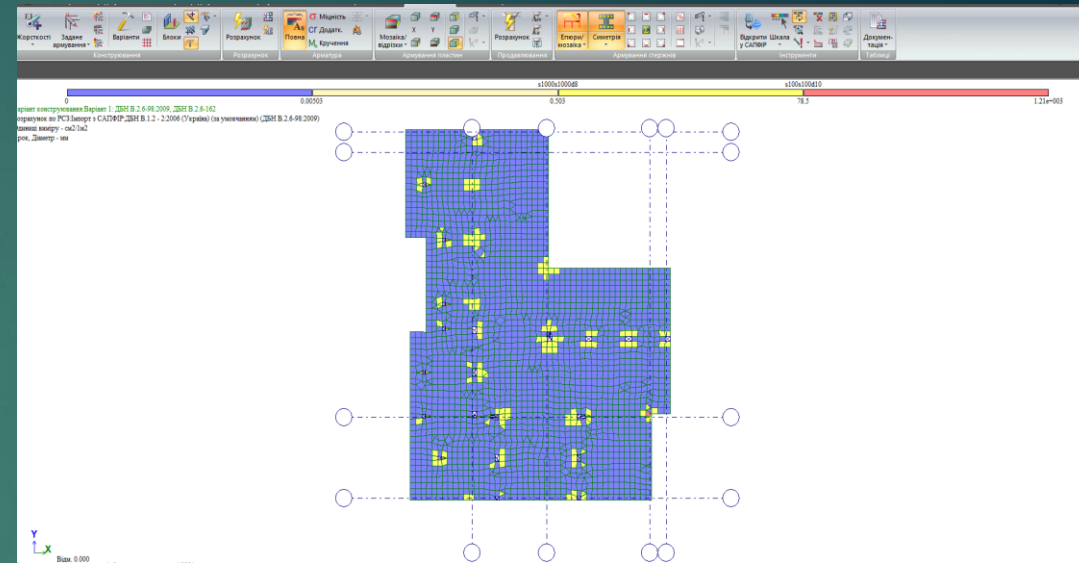


Паркінг з укриттям без навантажень від ударної хвилі

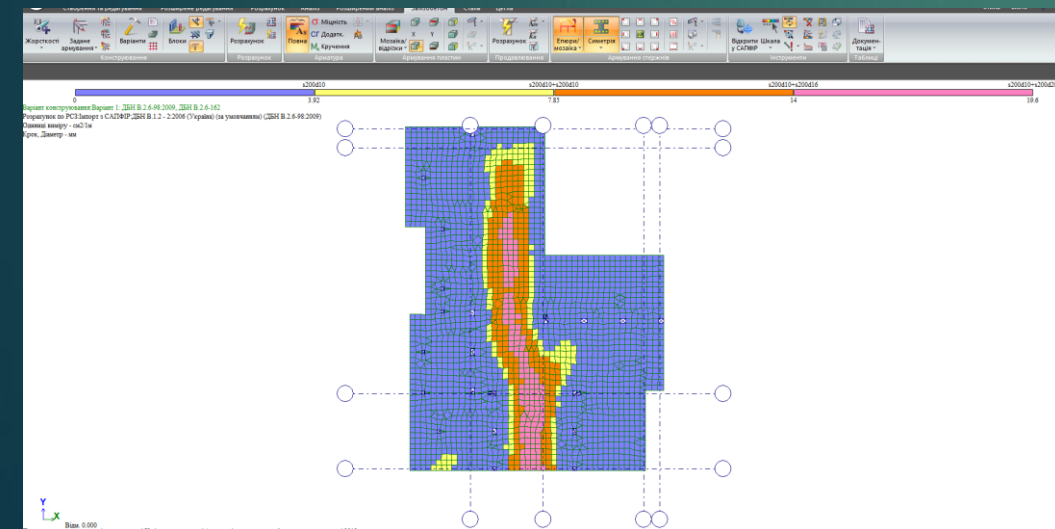
Армування плити верх X



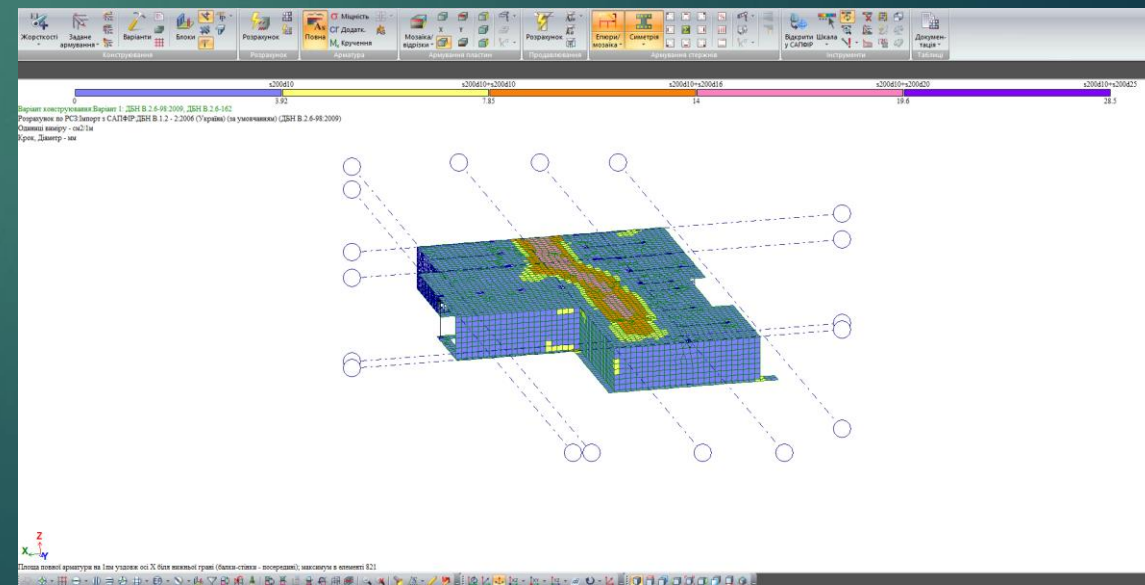
Поперечне армування



Армування плити низ X



Стіни X



Висновки

У рамках дослідження було розроблено комплексний підхід до проєктування підземного паркінгу з функцією укриття, який враховує сучасні вимоги архітектури, будівництва, інженерії та економіки. Основні результати роботи наведено нижче з конкретними кількісними показниками та обґрунтуванням.

Архітектурно-планувальні рішення

1. Загальна площа об'єкта становить 1500 м², що забезпечує 80 паркомісць.
2. Евакуаційні маршрути шириною 1,2 м відповідають вимогам безпеки згідно з ДБН В.1.1-7:2016.
3. Інтеграція зон для екологічного транспорту:
 - Встановлено 4 зарядні станції для електромобілів.
 - Передбачено спеціальні маршрути евакуації, адаптовані для людей із обмеженими можливостями.

Реалізовані заходи дозволили забезпечити ефективне використання площі паркінгу, мінімізувати затори на прилеглих вулицях та створити комфортні умови для користувачів.

Конструктивні рішення

1. Монолітний залізобетон високої міцності:
 - Використано бетон класу В35 (С30/37) для плит перекриття та колон, що підвищує стійкість конструкції до вибухових навантажень на 20% у порівнянні з бетоном класу В30.
2. Гідроізоляція та дренаж:
 - Багатошарові підпірні стіни з гідроізоляційними шарами мінімізують ризики підтоплення.
 - Дренажна система з продуктивністю 3 м³/год забезпечує стабільну експлуатацію споруди при рівні ґрунтових вод 1,8 м.
3. Стійкість до вибухових навантажень:
 - Використання фібробетону з міцністю на стиск 60 МПа зменшило пошкодження конструкції на 25% при дії вибухової хвилі.

Технічне оснащення

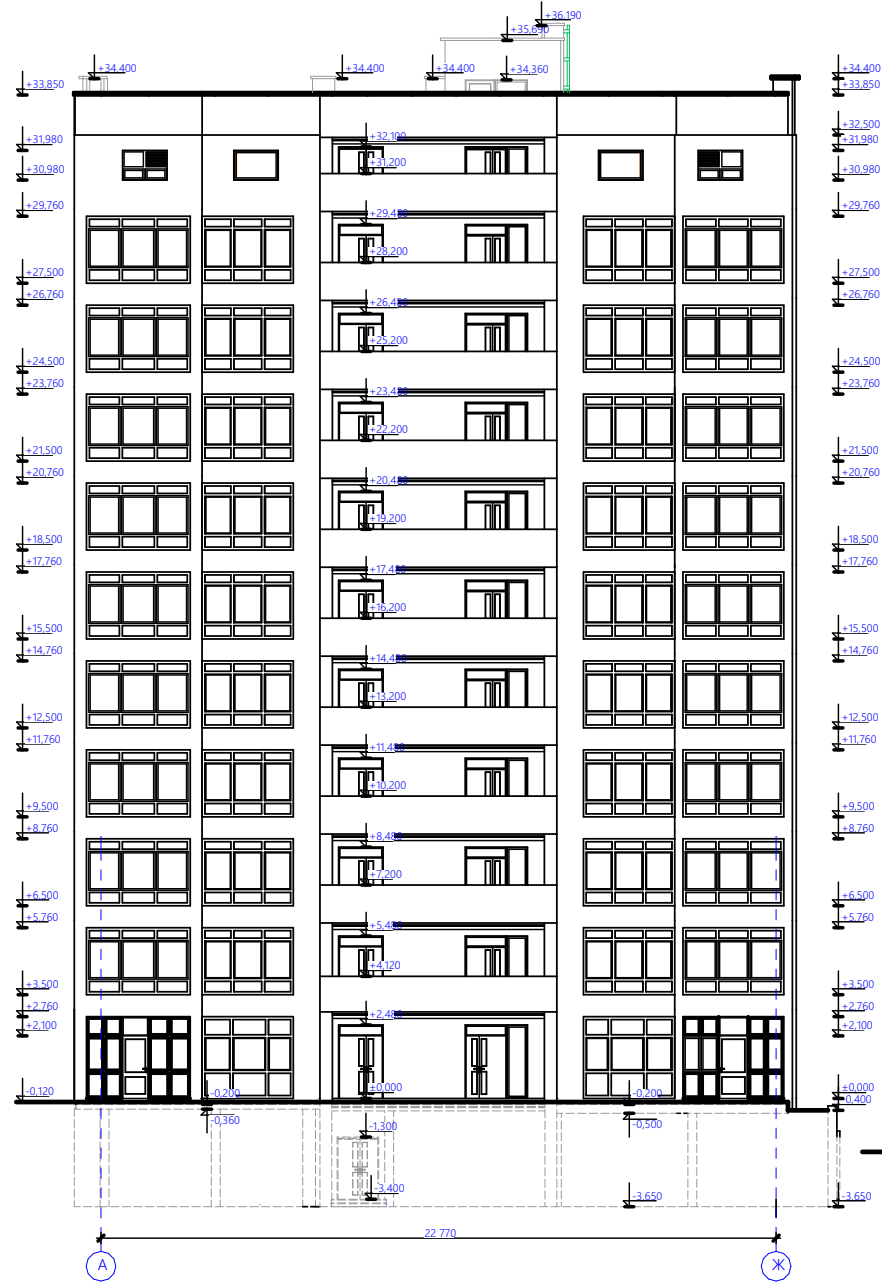
1. Система вентиляції:
 - Забезпечує кратність повітрообміну 5 разів на годину, відповідаючи нормам ДБН В.2.5-67:2022.
2. Протипожежний захист:
 - Автоматизована спринклерна система покриває 100% площі паркінгу.
3. Електропостачання:
 - Дизель-генераторна установка потужністю 50 кВт гарантує автономну роботу в умовах надзвичайних ситуацій.
4. Автоматизація:
 - Впроваджено RFID-систему для моніторингу заповнюваності та автоматизації доступу, що знизило експлуатаційні витрати на 15%.

Розроблений проєкт підземного паркінгу з функцією укриття є багатофункціональним об'єктом, який вирішує низку актуальних завдань:

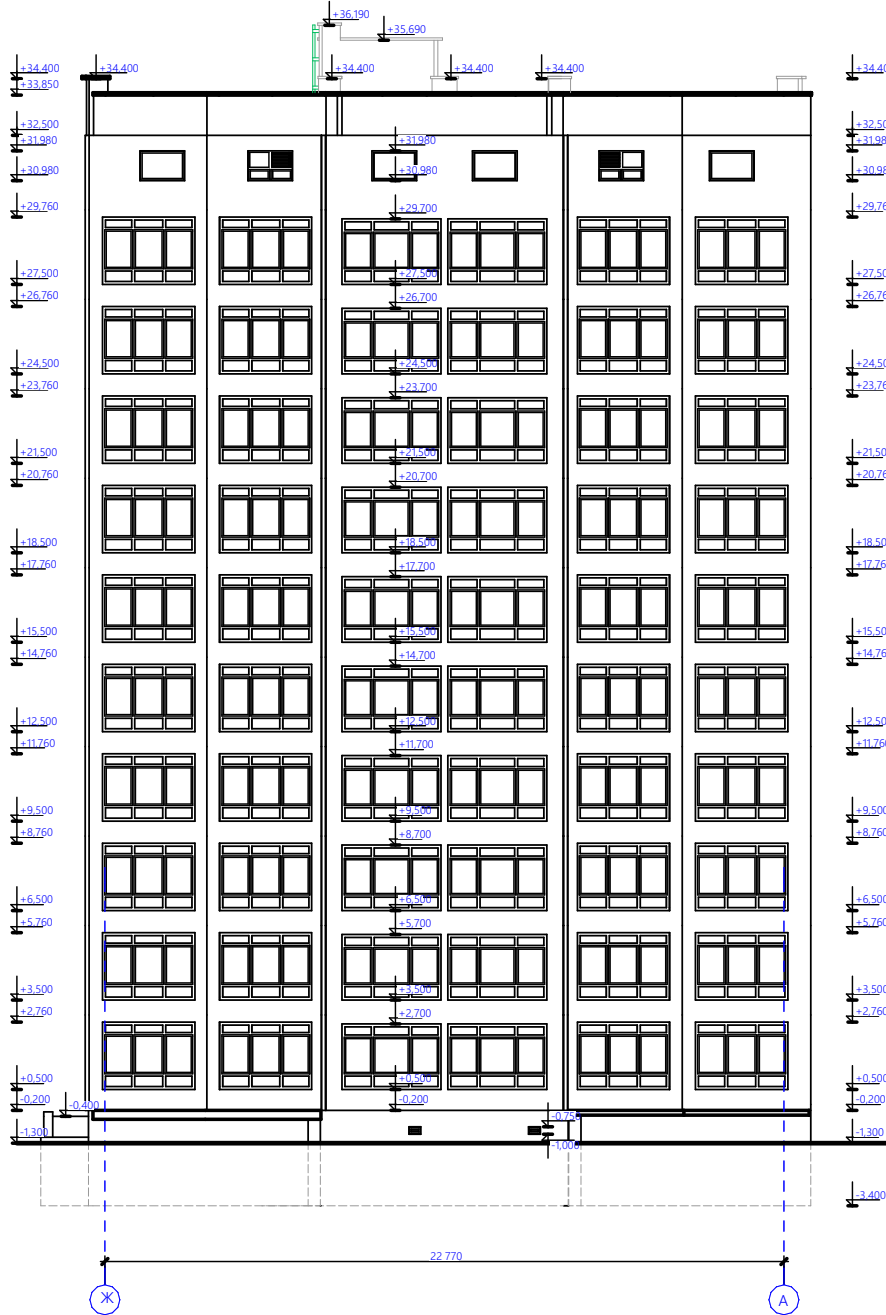
- Підвищення безпеки населення в умовах техногенних і військових загроз.
- Оптимізація використання міського простору та мінімізація екологічного навантаження.
- Фінансова доцільність завдяки оптимізації витрат і інтеграції сучасних технологій.

Проєкт демонструє можливість реалізації стійкої, сучасної та ефективної міської інфраструктури, яка відповідає як вимогам сьогодення, так і довгостроковим перспективам розвитку.

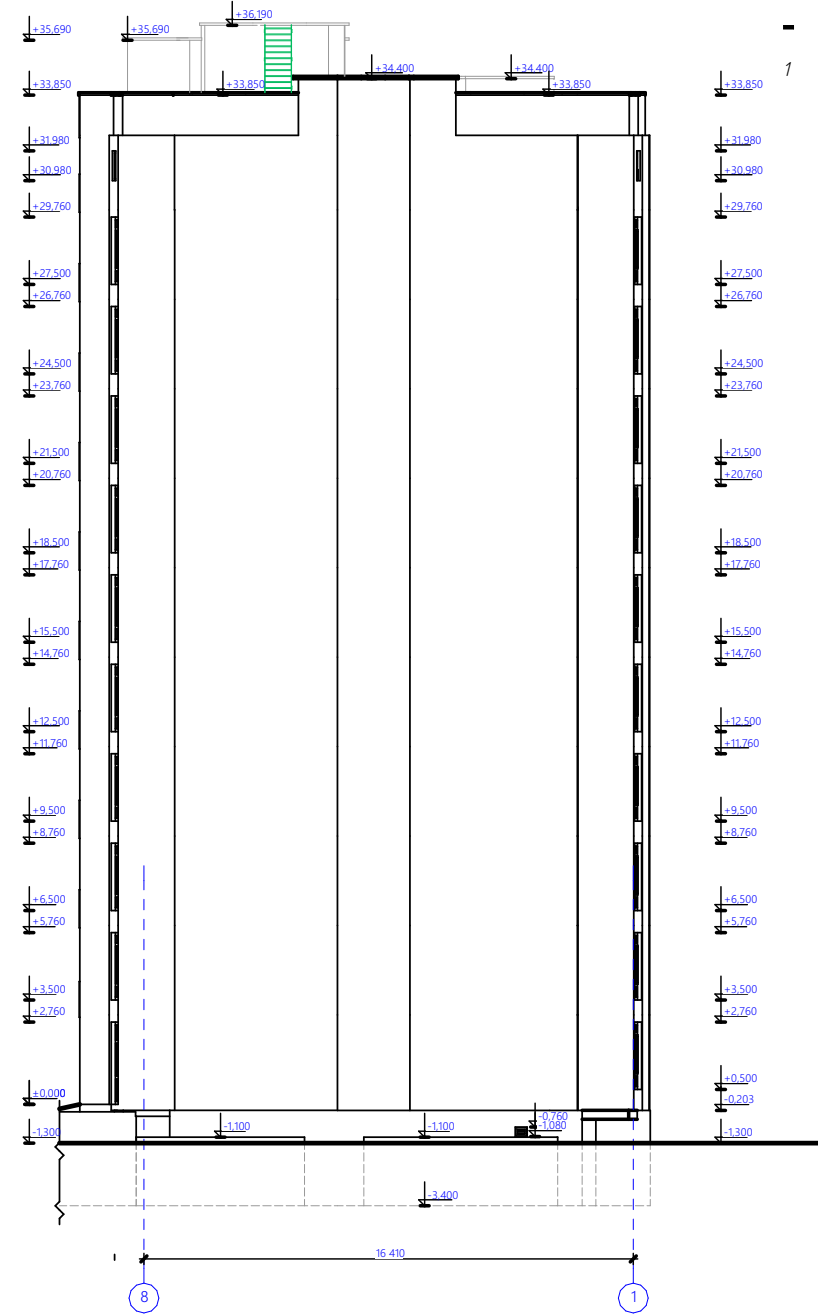
Фасад в осях А-Ж



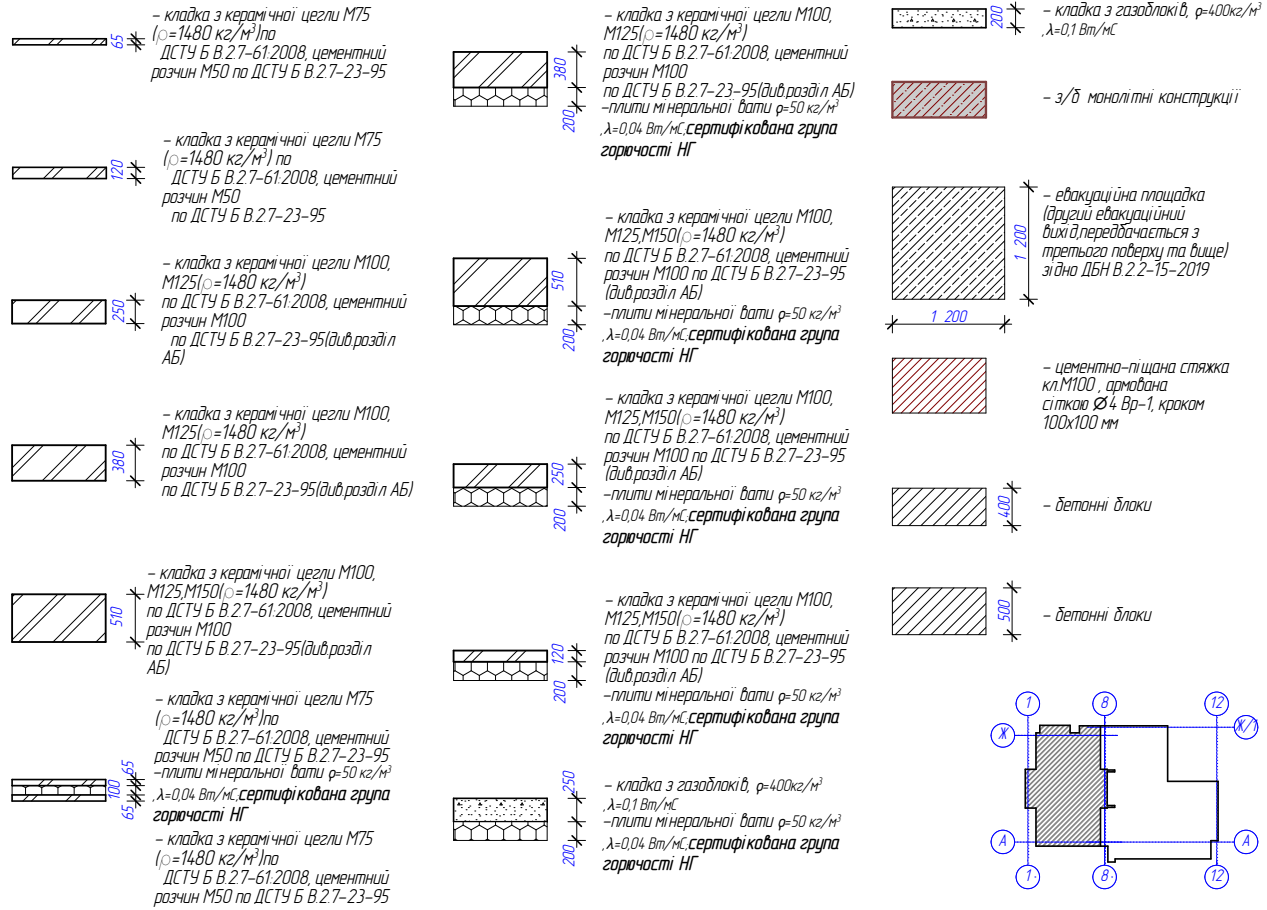
Фасад в осях Ж-А



Фасад в осях 8-1



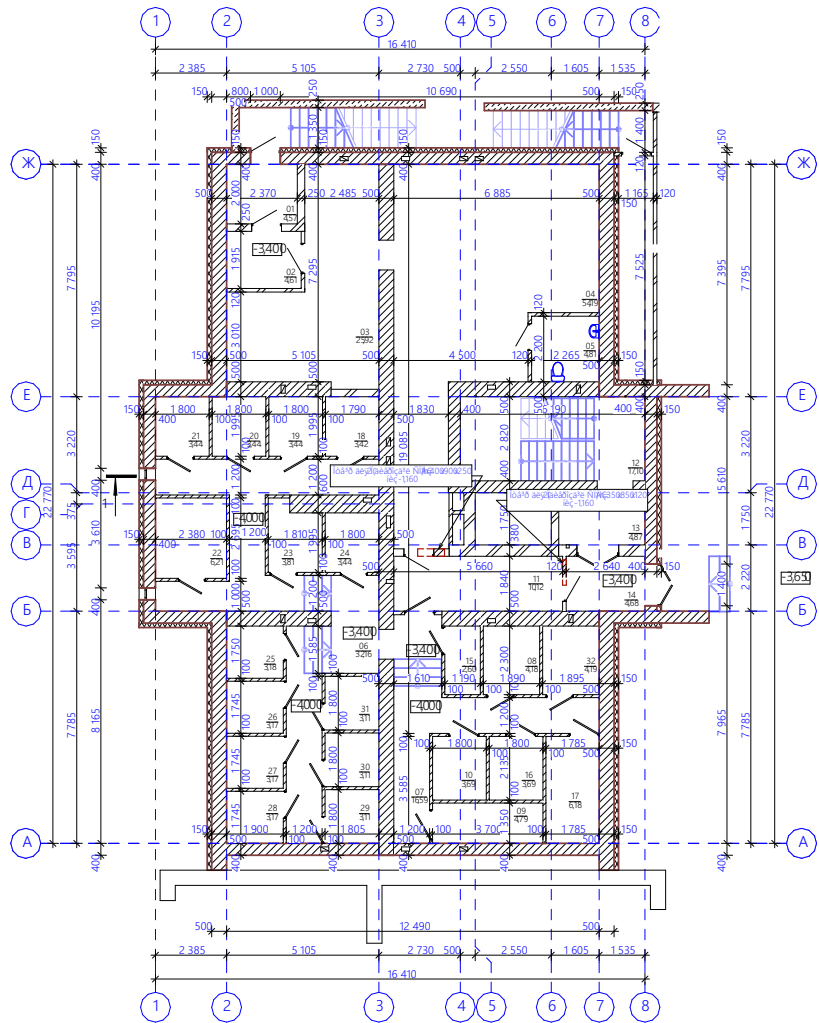
Умовні позначення



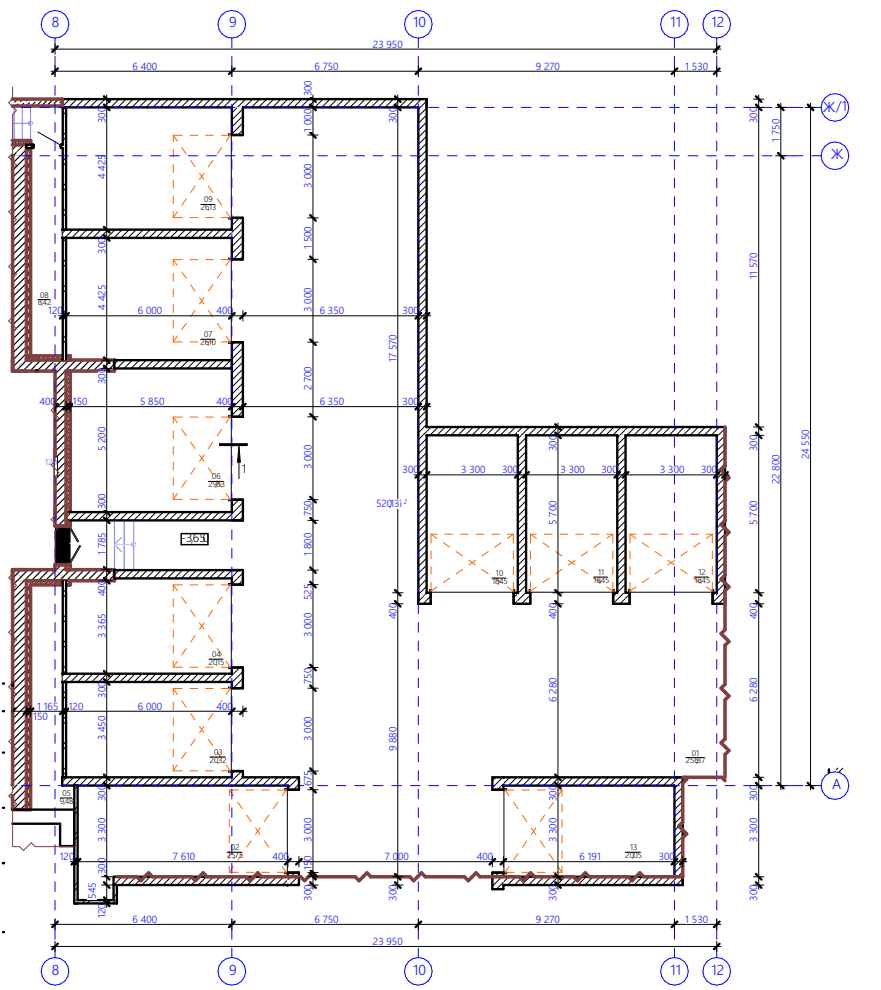
Відомість документів, на які посилаються та які додаються

Позначення	Найменування	Примітки
Документи, на які посилаються		
ДБН В.2.2-15:2019	Житлові будинки. Основні положення	
ДБН Б.2.2-12:2019	Планування і забудова територій	
ДБН В.2.6-31:2021	Теплодіагностика будівель	
ДБН В.1.17-2016	Пожарна безпека об'єктів будівництва	
ДСТУ Б.В.27-38-95	Матеріали і виробні будівельні теплоізоляційні	
ДСТУ Б.В.27-101-2000	Матеріали покрівельні та гідроізоляційні	
ДСТУ Б.В.26-24-2001	Блоки віконні зі склопакетами	
ДСТУ Б.В.26-15-99	Вікна та двері полівинілхлоридні	
ДСТУ Б.В.26-11-97	Двері підвішені металеві	
ДСТУ Б.В.26-77:2009	Двері металеві, протипожежні	

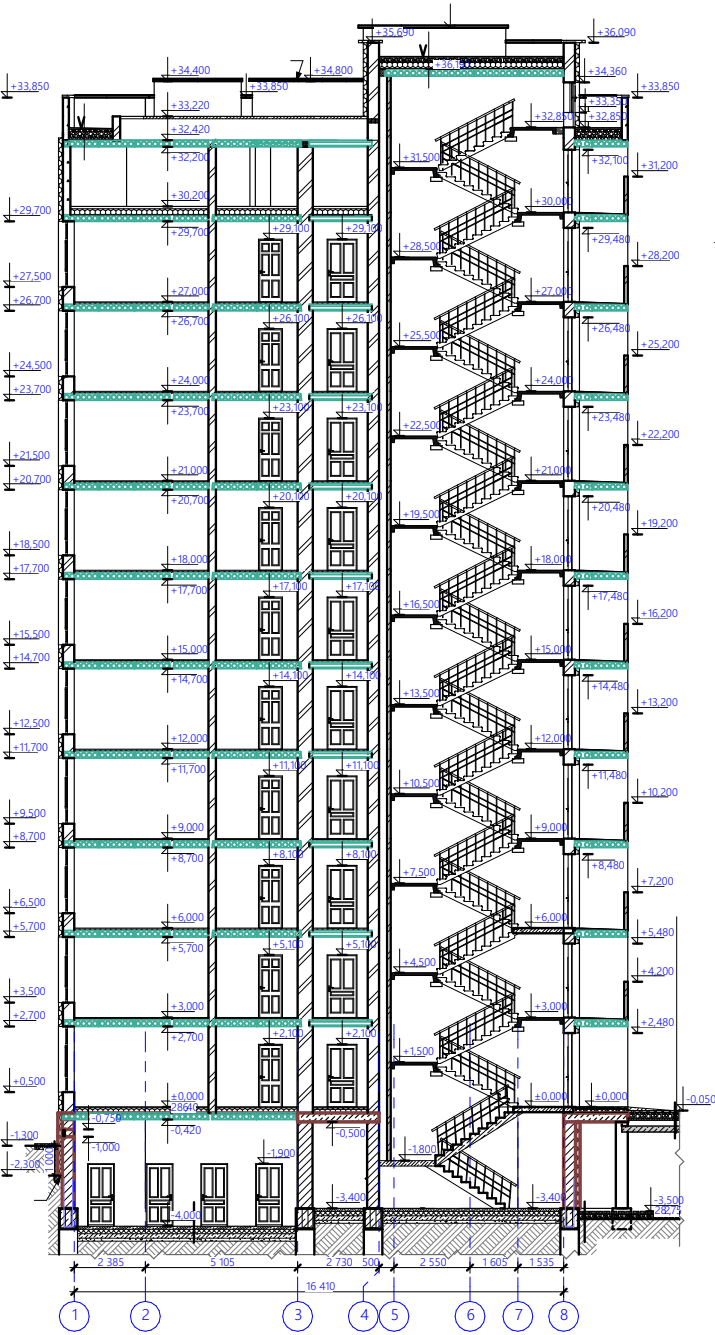
План техпідпілля на відм.-3,400...-4,000



План поверху на відм.-3,650



Розріз 1.1



Експлікація приміщень поверху на відм. -3,400...-4,000

№ прим.	Найменування	Площа, м2	Категорія приміщень	№ прим.	Найменування	Площа, м2	Категорія приміщень
01	Тандур	4,57	СПП	18	Нежитлове приміщення	3,42	
02	Тандур-шляз	4,61	СПП	19	Нежитлове приміщення	3,44	
03	Приміщення для населення яке переходить	25,92	СПП	20	Нежитлове приміщення	3,44	
04	Приміщення для населення яке переходить	54,19	СПП	21	Нежитлове приміщення	3,44	
05	Універсальна кабіна	4,81	СПП	22	Нежитлове приміщення	6,21	
06	Коридор	32,76		23	Нежитлове приміщення	3,81	
07	Коридор	16,59		24	Нежитлове приміщення	3,44	
08	Нежитлове приміщення	4,18		25	Нежитлове приміщення	3,18	
09	Нежитлове приміщення	4,79		26	Нежитлове приміщення	3,17	
10	Нежитлове приміщення	3,69		27	Нежитлове приміщення	3,17	
11	Тандур-шляз	10,12	СПП	28	Нежитлове приміщення	3,17	
12	Спальня клітка	17,10		29	Нежитлове приміщення	3,11	
13	Коридор	4,87		30	Нежитлове приміщення	3,11	
14	Тандур	4,68	СПП	31	Нежитлове приміщення	3,11	
15	Електрошлюз	2,60		32	Нежитлове приміщення	4,19	
16	Нежитлове приміщення	3,69				258,16 м²	
17	Нежитлове приміщення	6,18					

*СПП передбачає приміщення для захисту населення за можливості дії засобів масового знищення, їх вторинних вражальних чинників, а також характеру і масштабу можливих аварій і катастроф техногенного характеру

0,000 = 254.750

08-11.МКР.007 - АР					
Змін.	Кільк.	Арк.	Ндлж.	Підпис	Дата
Розробив	Гуменний С.А.				
Перевірив	Білоус Ю.С.				
Керівник	Білоус Ю.С.				
Норм. контроль	Мавська І.В.				
Опонує					
Затвердив	Шваць В.В.				
Нове будівництво багатоквартирного житлового будинку з вбудованим паркінгом та приміщеннями громадського призначення в м.Хмельницький					
Розробка раціонального конструктивного рішення паркінгу з функцією укриття					Старія
Фасади в осях "А"-Ж", "Ж"-А", "8"-1", розріз 1-1, план поверху на відм.-3,650, План техпідпілля на відм.-3,400...-4,000					Архуш
					Архушів
					П
					1
					3
					ВНТУ, гр. Б-23м

План фундаментних подушок низ на відм. -4,100.

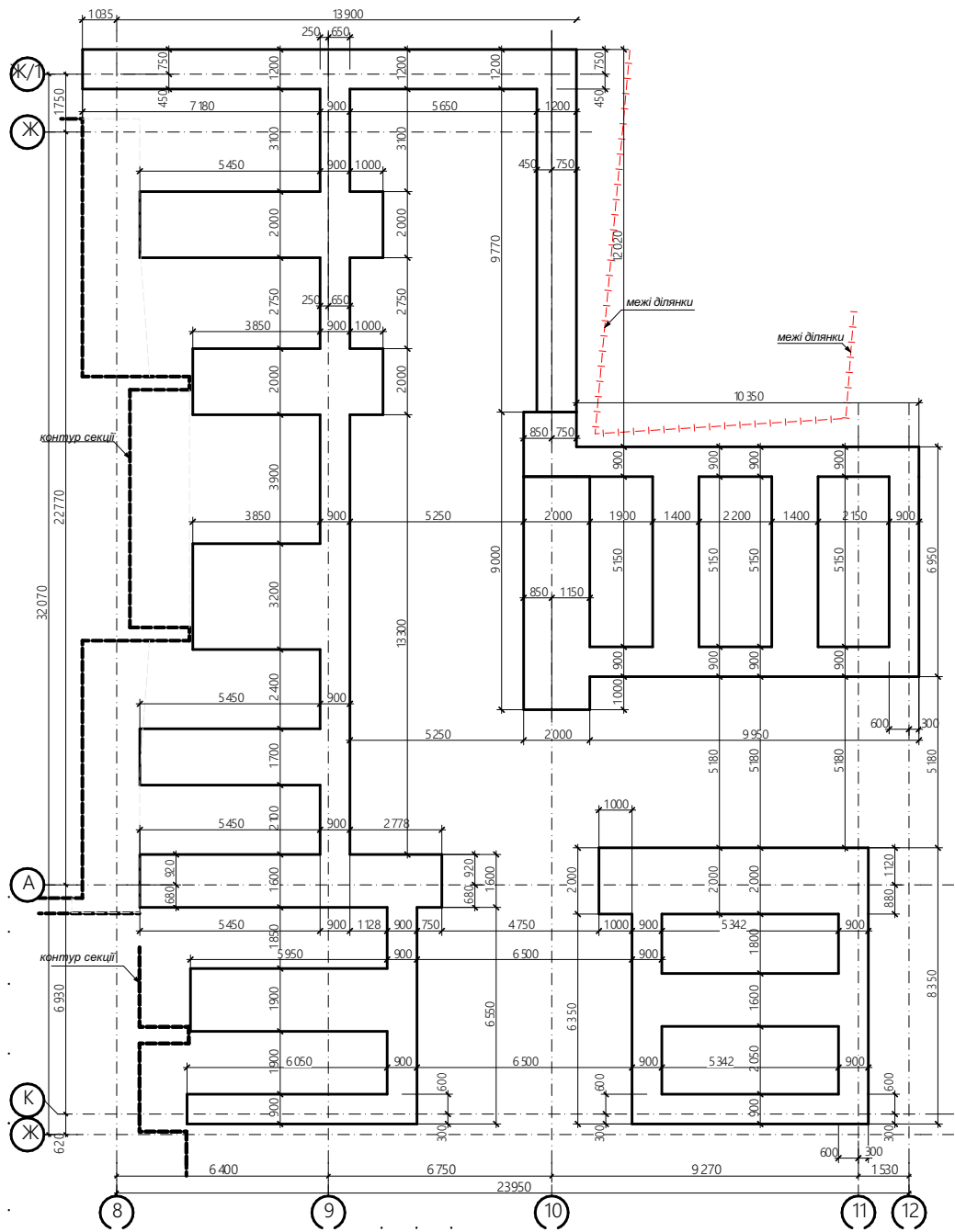


Схема додаткового армування нижньої зони вздовж цифрових осей

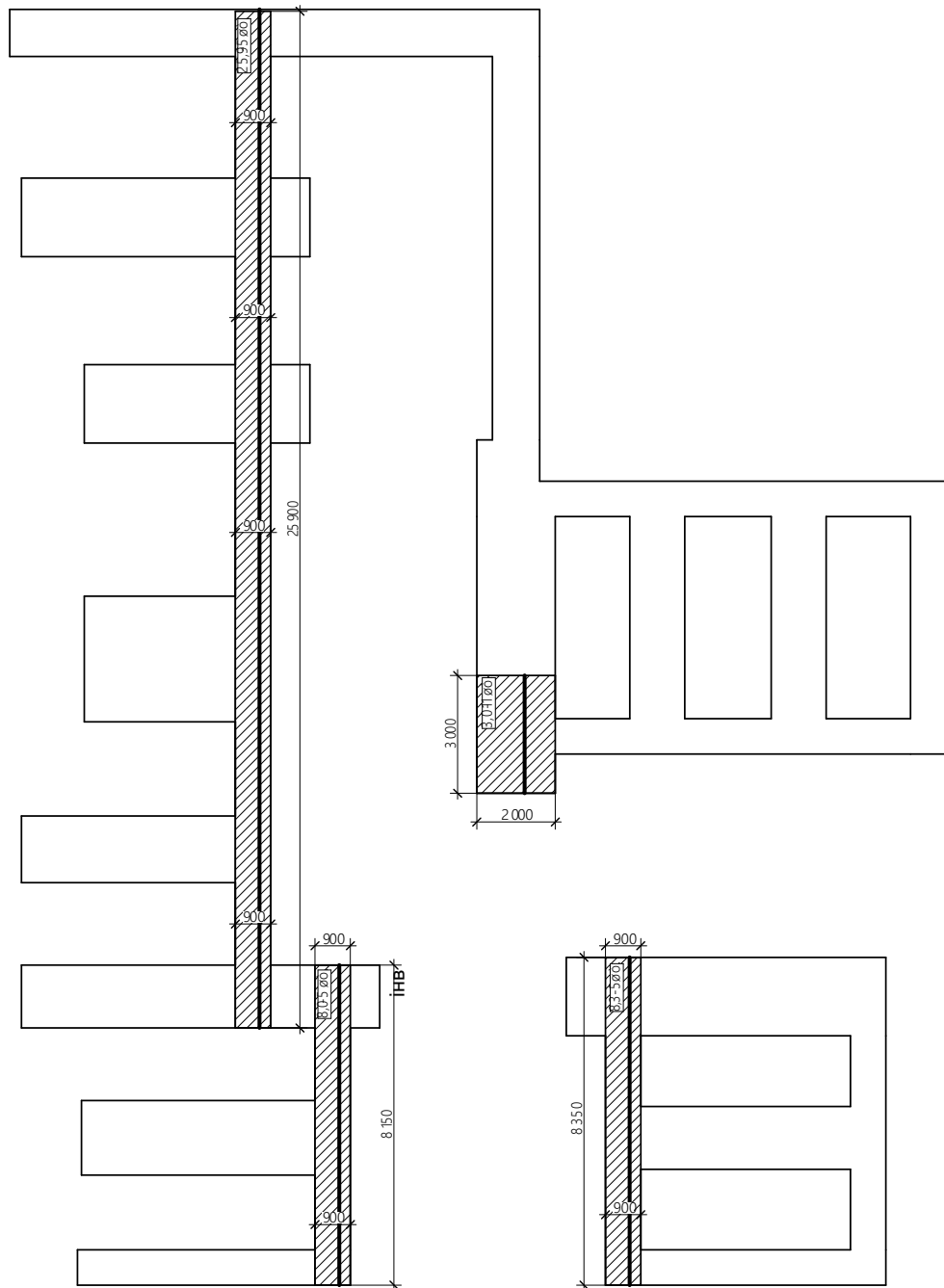
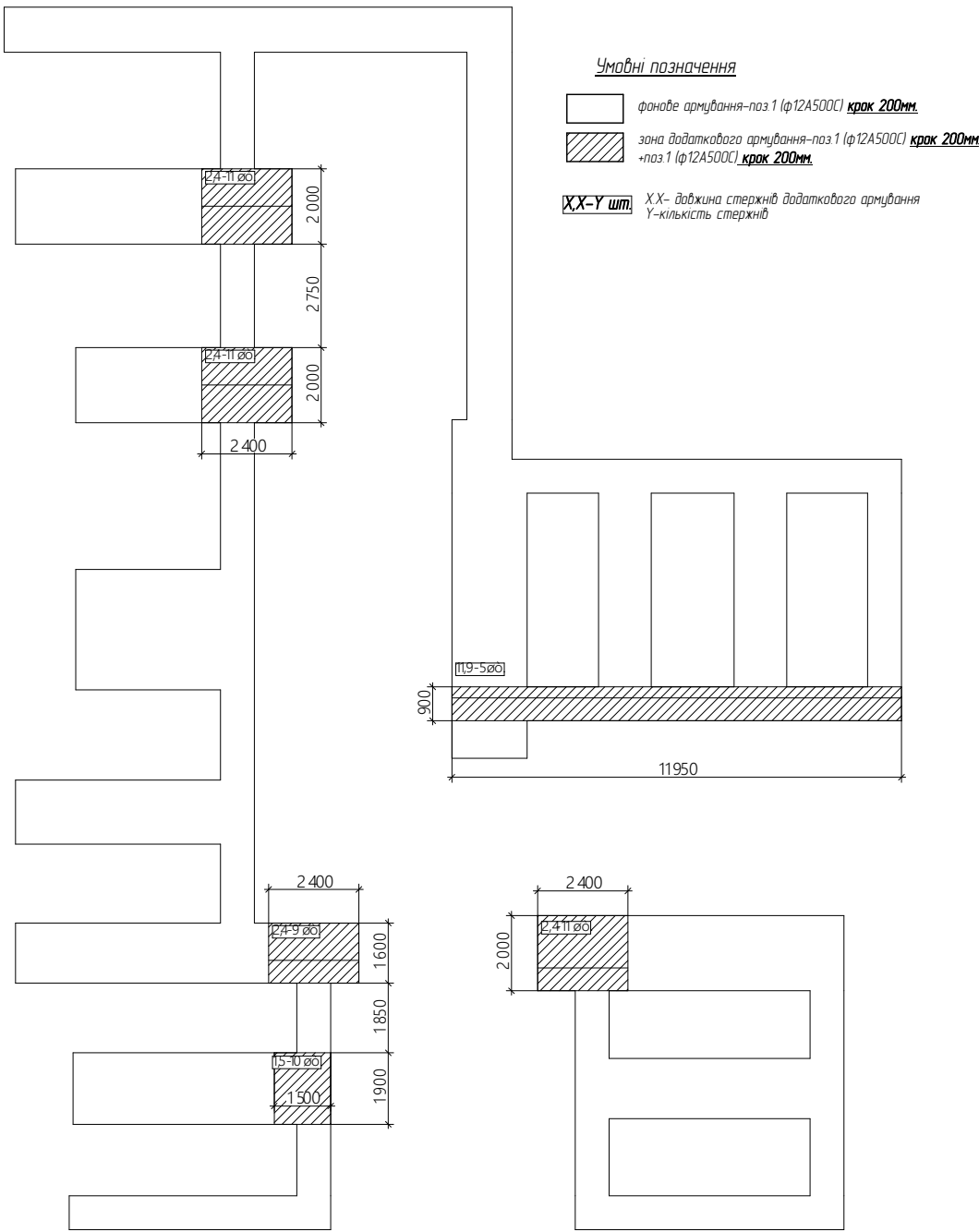
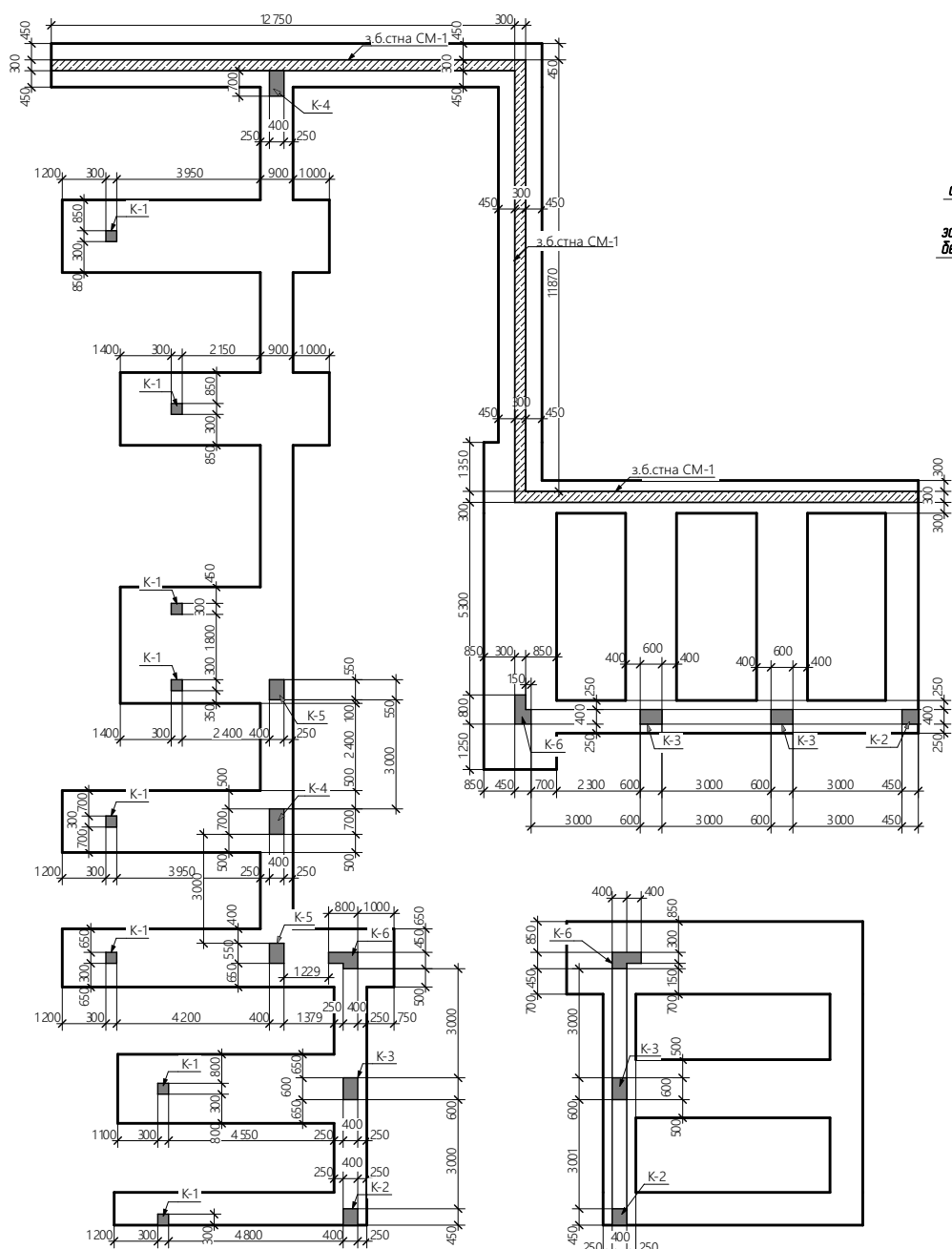


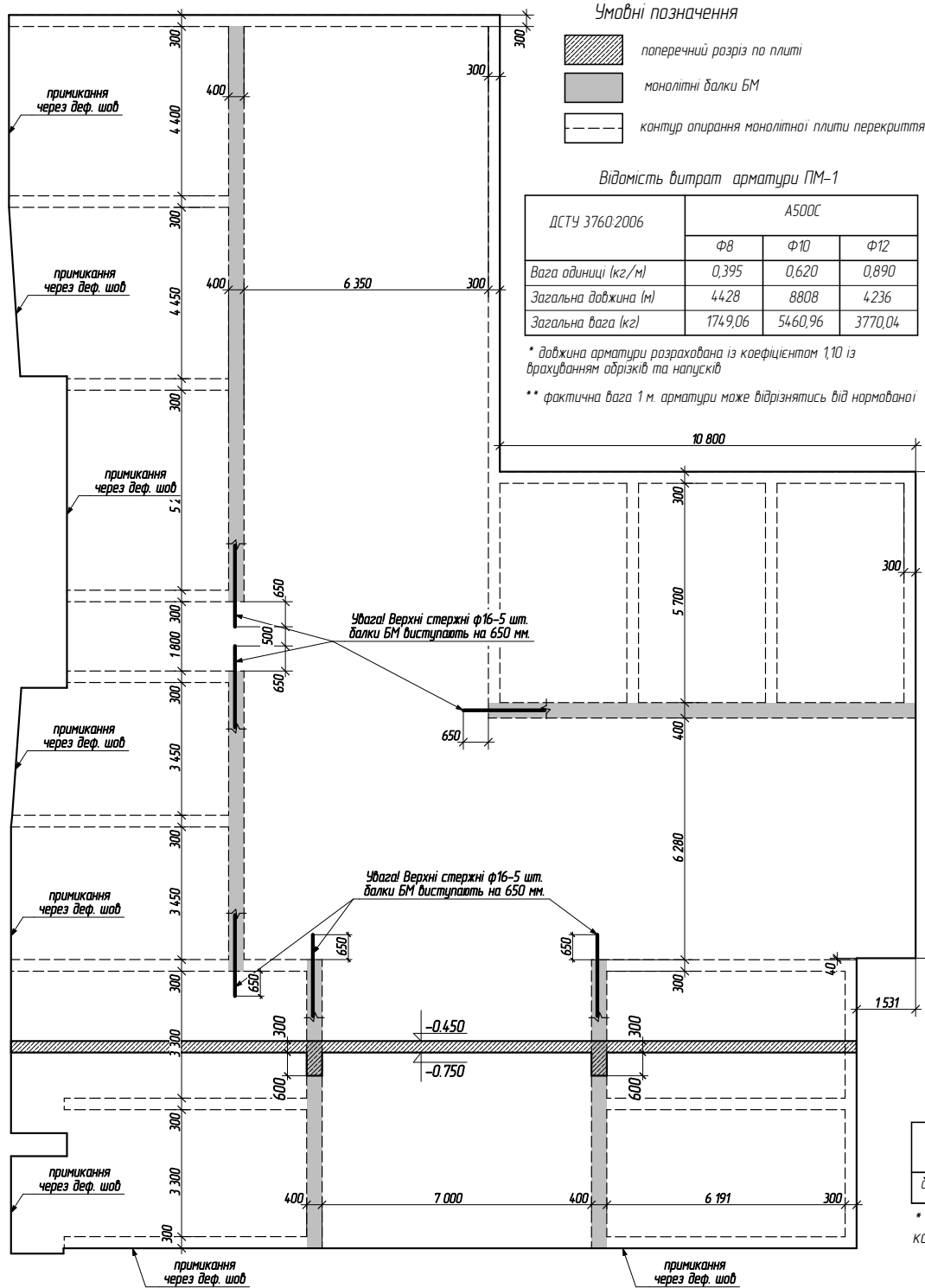
Схема додаткового армування нижньої зони вздовж буквених осей



План з.б колон та з.б стін



Опалубочне креслення монолітної плити ПМ-1



Умовні позначення			
	поперечний розріз по плиті		
	монолітні балки БМ		
	контур опирання монолітної плити перекриття		

Відомість витрат арматури ПМ-1			
ДСТУ 3760:2006	A500C		
	Ф8	Ф10	Ф12
Вага одиниці (кг/м)	0,395	0,620	0,890
Загальна довжина (м)	4428	8808	4236
Загальна вага (кг)	1749,06	5460,96	3770,04

* довжина арматури розрахована із коефіцієнтом 1,10 із врахуванням обрізків та напусків
** фактична вага 1 м арматури може відрізнятися від нормованої

Найменування	Кільк.
Бетон класу В30	180,00 м³

* об'єм бетону розрахований без коефіцієнта ущільнення

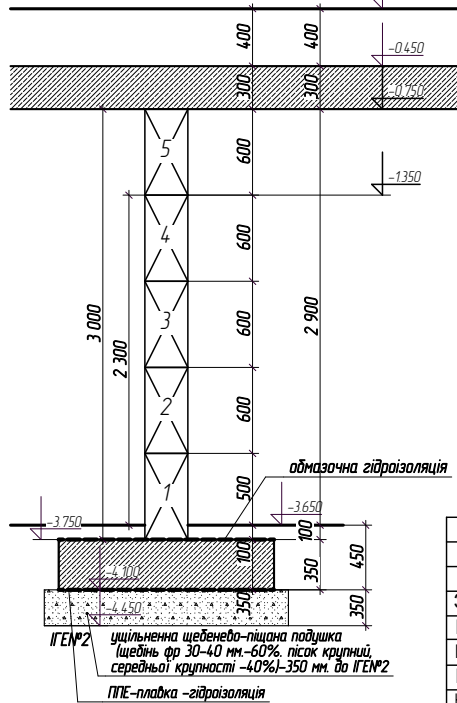
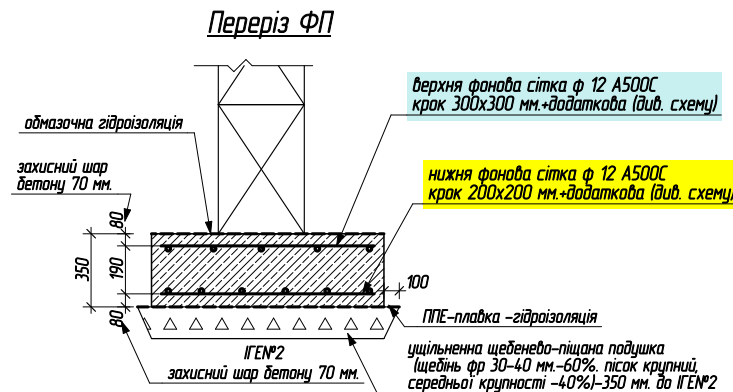
Специфікація фундаментних подушок низ на відм. -4,100

Марка поз.	Позначення	Найменування	Кільк.	Маса од.кг	Примітка
1	ДСТУ 3760:2006	Ф12 А500С довж.5000 м		0,89	4450,00
		Бетон класу В25			80,0 м³

Деталь стики поз. 1 (Ф12 А500 С)



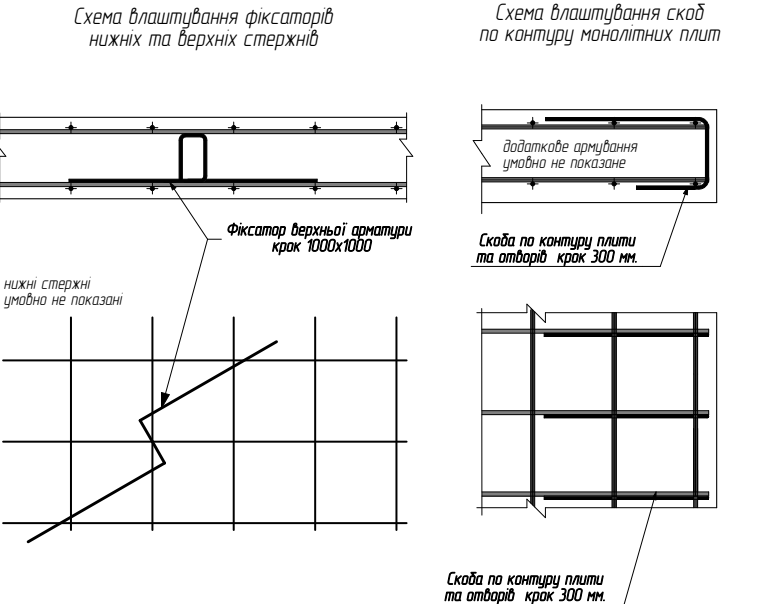
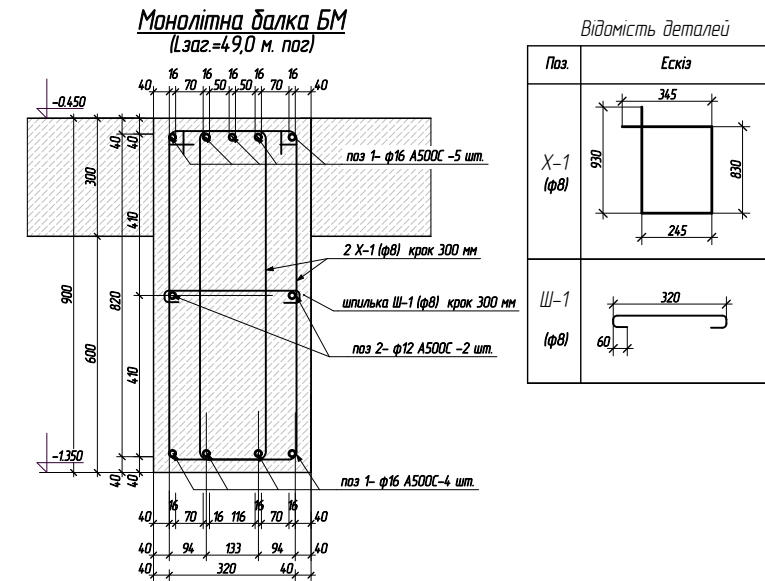
Арматуру в'язати, стики подбавляти арматури перепускати не менше 4дв вразбавку (не менше 72д)



- За умовку відмітку 0,000 прийнято рівень чистої підлоги першого поверху
- Фундаменти подушки під перек. прийняті монолітні стіни
- За даними інженерно-геологічних досліджень виконаних ТзОВ «Житломісбудування» у 2019 р. визначено несучий шар ґрунту **ГЕМ2 - Суглинок тугопlastичний, з з'ядами та прошарками піску і дрібним обломаним ракушк. зодол-бури** із розрахованими характеристиками R=0,27/10 t=19,3 кН/м³, C=16 кПа, E=16 МПа, віднобність ґрунту основи визначити інженерно-геологу на місці
- Запасний шар бетону 70 мм
- Арматурні стики в'язати. Перебіжжя кожного пересічення нижні ділянки. Зварку заборонено
- При виконанні фундаментних подушок збернути увагу на неперервність подбавляти робочої арматури
- Арматуру в'язати стики подбавляти арматури перепускати не менше 4дв вразбавку (не менше 72д)
- Останні 20-30 см ґрунту котловану, зачищати вручну, некаювані способ не використовувати, щоб не порушити основу
- Зварити засилку газу, проводити несучий ґрунту, шаром 20 см із шаровим трамбуванням при оптимальній вологості до однієї маси скелету=16 т/м куб.

0,000 = 254.750

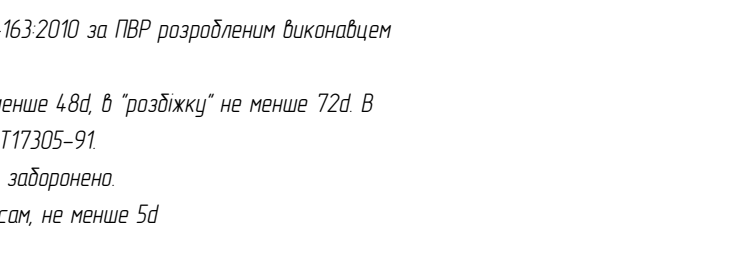
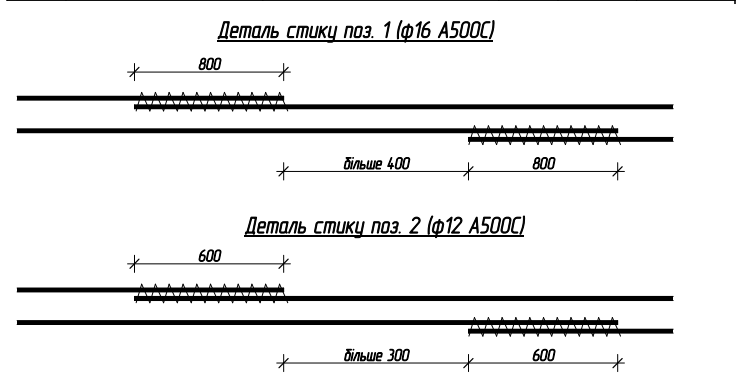
08-11.МКР.007 - АР					
Змін.	Кільк.	Арк.	Ндож.	Підпис.	Дата
Розробив	Григоренко С.А.				
Перевірив	Білоус Ю.С.				
Керівник	Білоус Ю.С.				
Норм. контроль	Мавська І.В.				
Опонуєнт					
Затвердив	Шваць В.В.				
Нове будівництво багатоквартирного житлового будинку з вбудованим паркінгом та приміщеннями громадського призначення в м.Хмельницький					
Розробка раціонального конструктивного рішення паркінгу з функцією укриття			Стадія	Архив	Архив
План фундаментних подушок низ на відм. -4,100			П	2	3
Схема додаткового армування нижньої зони вздовж буквених та цифрових осей, План з.б колон та з.б стін.			ВНТУ, гр. Б-23м		
Опалубочне креслення монолітної плити ПМ-1, переріз ФП					



- Балки заливати сумісно із плитою перекриття
- Захисний шар бетону 40 мм
- Арматурні та бетонні роботи виконувати в відповідності з вимогами ДБН В.2.6-163:2010 за ПВР розробленим виконавцем робіт із обов'язковим технічним і авторським наглядом
- Робоча арматура повина бути неперервною, стики арматури перепускати не менше 48d, в "розбіжку" не менше 72d. В місцях перетину арматурних стержнів перев'язувати арматурним дротом ф15 ГОСТ177305-91
- Арматурні сітки в'язати. Перев'язка кожного пересічення м'яким дротом. Зварку заборонено
- Гнуття арматури А500С виконувати лише в холодному стіні по вказаних радіусам, не менше 5d (d-діаметр арматурного стержня)

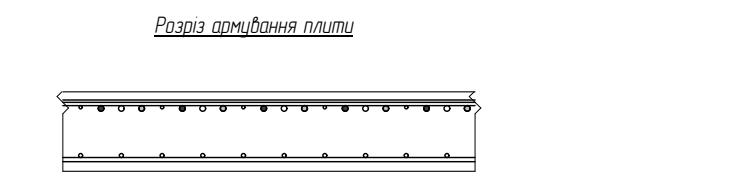
Специфікація БМ (49,00 м. поз.)

Марка поз.	Позначення	Найменування	Кільк.	Маса од.кг	Вага виробу
1	ДСТУ 3760:2006	Ф16 А500С Ізаг-492,0 м	-	158	777,32
2	ДСТУ 3760:2006	Ф12 А500С Ізаг-108,0 м	-	0,89	96,12
Х-1	ДСТУ 3760:2006	Ф8 А500С І-2400 мм	330	0,950	313,50
Ш-1	ДСТУ 3760:2006	Ф8 А500С І-600 мм детон класу В30	160	0,240	38,40



Специфікація додаткових елементів ПМ-1 (600 м²)

Марка поз.	Позначення	Найменування	Кільк.	Маса од.кг	При-мітка
		Скоба			
	ДСТУ 3760:2006	Ф10 А500С І-4800 мм	450	0,50	225,00
		Фіксатор верхньої арматури			
	ДСТУ 3760:2006	Ф10 А500С І-1200 мм	600	0,75	450,00

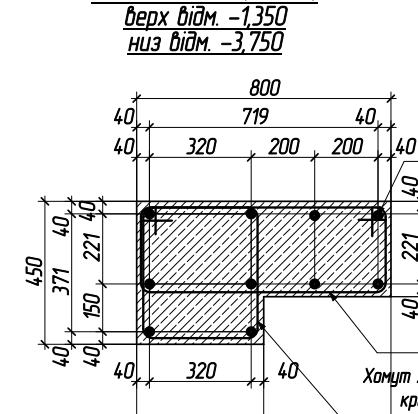
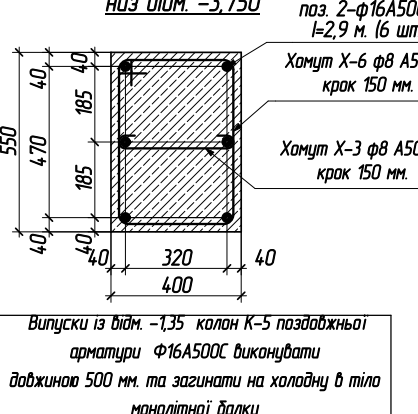
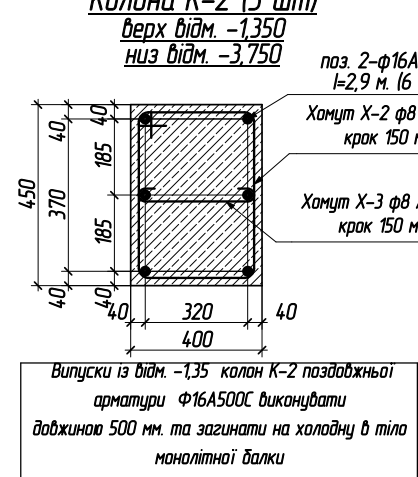
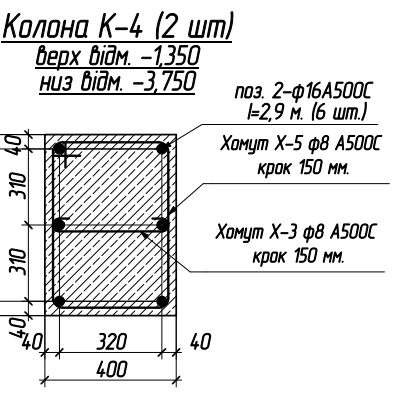
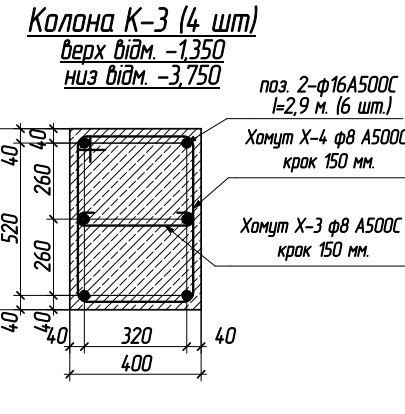
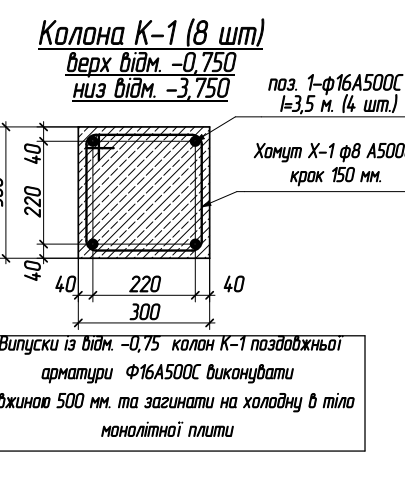
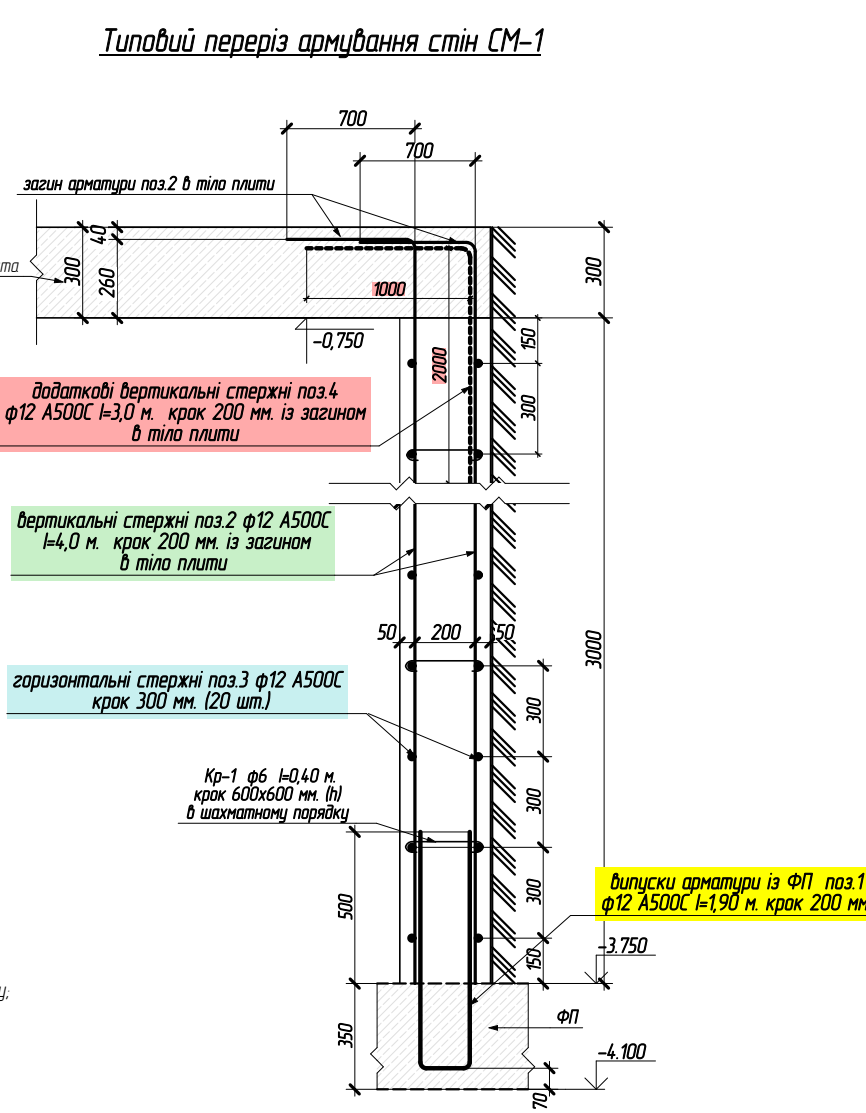


Специфікація збірних зб. виробів 1-5

Марка поз.	Позначення	Найменування	Кільк.	Маса	При-мітка
1	ДСТУ Б В.2.6-108:2010	ФБС 24.3.6-т	119	0,98	
2	ДСТУ Б В.2.6-108:2010	ФБС 12.3.6-т	38	0,48	
3	ДСТУ Б В.2.6-108:2010	ФБС 9.3.6-т	91	0,36	
4	ДСТУ Б В.2.6-108:2010	ФБС 24.4.6-т	2	1,31	
5	ДСТУ Б В.2.6-108:2010	ФБС 12.4.6-т	6	0,64	
6	ДСТУ Б В.2.6-108:2010	ФБС 9.4.6-т	4	0,48	

Загальні витрати на монолітні ділянки (без врахування колон) бетону кл. В25 -6,50 м³
Загальнон-к-сть ФВ4500С І-10 м-280 шт.

- Фундаменти виконуються із бетонних блоків класу В10 на цп. М100 по ДСТУ Б В.2.7-23-95 Товщина горизонтальних швів не більше 2 см
- Горизонтальна гідроізоляція ГГ по фундаментній подушці виконуються в один шар полімерного гідроізоляції.
- Зворотну засипку проводити місцевим ґрунтом, шаром 20 см. із пошаровим трамбуванням при оптимальній вологості до однієї маси скелету-16 т/м. куб. загін ПВР
- Монолітні ділянки виконати із бетону В25.
- По 2 стержні ФВ4500С І-10 м. закладається із кожної сторони монолітних колон по бетонним блокам в горизонтальних швах
- Розміщення та геометричні розміри сантехнічних та електротехнічних отворів узгодити із розділами 08, ВК, ЕО.



Відомість деталей

Поз.	Ескіз
Х-1 Ф8	
Х-2 Ф8	
Х-3 Ф8	
Х-4 Ф8	
Х-5 Ф8	
Випуски Ф16	
Х-3 Ф8	
Х-2 Ф8	
Х-6 Ф8	
Х-7 Ф8	
Поз.	Ескіз
поз.1 Ф12	
Кр-1 Ф6	
поз.4 Ф12	

Специфікація колон К 1-6

Марка поз.	Позначення	Найменування	Кільк.	Маса од.кг	Вага виробу
Колона К-1 (8 шт.)					
1	ДСТУ 3760:2019	Ф16 А500С І-3500 мм	32	5,53	176,96
Х-1	ДСТУ 3760:2019	Ф8 А500С І-1100 мм	168	0,440	73,92
		детон класу В25 (М350)			2,20 м³
Колона К-2 (3 шт.)					
2	ДСТУ 3760:2019	Ф16 А500С І-2900 мм	18	4,60	82,80
Х-2	ДСТУ 3760:2019	Ф8 А500С І-1600 мм	51	0,632	32,25
Х-3	ДСТУ 3760:2019	Ф8 А500С І-450 мм	51	0,180	9,18
		детон класу В25 (М350)			1,30 м³
Колона К-3 (4 шт.)					
2	ДСТУ 3760:2019	Ф16 А500С І-2900 мм	24	4,60	110,40
Х-3	ДСТУ 3760:2019	Ф8 А500С І-450 мм	68	0,180	12,24
Х-4	ДСТУ 3760:2019	Ф8 А500С І-1900 мм	68	0,751	51,07
		детон класу В25 (М350)			2,31 м³
Колона К-4 (2 шт.)					
2	ДСТУ 3760:2019	Ф16 А500С І-2900 мм	12	4,60	55,20
Х-3	ДСТУ 3760:2019	Ф8 А500С І-450 мм	34	0,180	6,12
Х-5	ДСТУ 3760:2019	Ф8 А500С І-2100 мм	34	0,830	28,22
		детон класу В25 (М350)			1,35 м³
Випуски із ФП під колони К 1-4					
Випуски із ФП	ДСТУ 3760:2019	Ф16 А500С І-1200 мм	86	1,90	163,40
Колона К-5 (2 шт.)					
2	ДСТУ 3760:2019	Ф16 А500С І-2900 мм	12	4,60	55,20
Х-3	ДСТУ 3760:2019	Ф8 А500С І-450 мм	34	0,180	6,12
Х-6	ДСТУ 3760:2019	Ф8 А500С І-1800 мм	34	0,711	24,18
		детон класу В25 (М350)			1,06 м³
Колона К-6 (3 шт.)					
1	ДСТУ 3760:2019	Ф16 А500С І-3500 мм	30	5,53	165,90
Х-2	ДСТУ 3760:2019	Ф8 А500С І-1600 мм	51	0,632	32,25
Х-7	ДСТУ 3760:2019	Ф8 А500С І-2100 мм	51	0,830	42,33
		детон класу В25 (М350)			2,16 м³
Випуски із ФП під колони К 5, 6					
Випуски із ФП	ДСТУ 3760:2019	Ф16 А500С І-1200 мм	42	1,90	79,80

Специфікація стін СМ-1 (31,0 м. поз.)

Марка поз.	Позначення	Найменування	Кільк.	Маса од.кг	Вага виробу
		Випуски із розтерка крок 200 мм.			
1	ДСТУ 3760:2014	Ф12 А500С І-1900 мм	155	1,70	263,50
		вертикальні стержні крок 200 мм.			
2	ДСТУ 3760:2014	Ф12 А500С І-4000 мм	310	3,560	1103,60
		горизонтальні стержні крок 300 мм.			
3	ДСТУ 3760:2014	Ф12 А500С Ізаг-684 м.поз	-	0,89	608,76
		Додаткові верт. стержні крок 200 мм.			
4	ДСТУ 3760:2014	Ф12 А500С І-3000 мм	155	2,67	413,85
Кр-1	ДСТУ 3760:2014	Ф6 А240С І-0,40 м.	270	0,09	24,30
		бетон класу В30, (М400)			28,00 м³

- Роботи по влаштуванню плити виконувати за ПВР розробленим виконавцем робіт із обов'язковим технічним і авторським наглядом.
- Захисний шар бетону 50 мм.
- Захід арматури Ф12А500С в тіло плити не менше 400 мм
- Отвори в стінах виконати перед початком бетонування узгодити із основними кресленнями 08, ВК, ЕТР
- Робоча арматура повина бути неперервною, стики арматури перепускати не менше 48d, в "розбіжку" не менше 72d. В місцях перетину арматурних стержнів перев'язувати арматурним дротом ф15
- Гнуття арматури А500С виконувати лише в холодному стіні по вказаних радіусам, не менше 3d (d-діаметр

08-11.МКР.007 - КБ

Змін.	Кільк.	Арк.	Ндоп.	Підпис.	Дата	Нове будівництво багатоквартирного житлового будинку з вбудованим паркінгом та приміщеннями громадського призначення в м.Хмельницький		
Розробив	Гуменний С.А.							
Перевірив	Бікс Ю.С.							
Керівник	Бікс Ю.С.					Розробка раціонального конструктивного рішення паркінгу з функцією укриття		
Норм. контроль	Маєвська І. В.							
Опонент						Специфікація колон "К1"-К6" (БМ 49,00 м.поз., СМ-1(31,0 м.поз.), збірних зб. виробів 1-5, додаткових елементів ПМ-1		
Затвердив	Шваць В. В.					ВНТУ, гр. Б-23м		

0,000 = 254.750

ВІДГУК
керівника магістерської кваліфікаційної роботи
студента Гуменного Сергія Андрійовича
(прізвище, ім'я, по батькові)
на тему: Розробка раціонального конструктивного рішення підземного паркінгу з функцією укриття

Робота магістра Гуменного Сергія Андрійовича присвячена вирішенню важливої науково-практичної задачі – спробі комплексно врахувати об'ємно-планувальні, технологічні інженерні та конструктивні вимоги що висуваються до проектування споруд подвійного призначення за ДБН В.2.2-5:2023 «Захисні споруди цивільного захисту» в розрізі вибору раціонального конструктивного рішення для технічного об'єкту підземного паркінгу з урахуванням динамічного навантаження від особливого впливу.

Робота є актуальною, цілком відповідає поставленому завданню. Робота складається з шістьох основних розділів.

Перший розділ присвячено огляду літератури та публікацій щодо тенденцій проектування паркінгів, висвітлено актуальність теми досліджень, наведено функціональні особливості проектування подібного класу споруд, що дозволяє більш широко розглядати проблему вибору об'ємно-планувальних рішень, матеріалу, вимог для даного типу об'єктів, вибору систем життєзабезпечення. Магістром проведено дослідження щодо ключових вимог, які висуваються для зведення та проектування такого типу споруд.

У другому розділі магістром проаналізовано сучасні вимоги та типи конструктивних рішень для влаштування огорожувальних конструкцій паркінгів, досліджено ключові аспекти щодо влаштування енергозабезпечення, питання вентиляції та кондиціонування повітря та компромісні варіанти комбінування підземного паркінгу з функцією тимчасового укриття. Наведений аналіз використаний для вирішення прикладних задач досліджень у даній роботі. На основі аналізу літературних джерел обрано основні критерії для проведення чисельного моделювання плити паркінгу з урахуванням особливого впливу від динамічного навантаження.

Третій розділ роботи присвячено комплексному врахуванню інженерно-геологічних, естетичних, містобудівних вимог що мають бути враховані для інтеграції даного класу споруд в існуючій щільній міській забудові при сучасному рівні технологічних та конструктивних рішень у галузі проектування подібних об'єктів в реаліях нашої держави. В результаті проведеного аналізу виявлено найкращий, в контексті окреслених вимог, варіант рішень для проектування об'єкту технічної частини.

Четвертий розділ присвячено опису технічної частини об'єкту досліджень, зокрема наведено архітектурно-будівельні рішення, аналіз конструктивних рішень щодо армування плити паркінгу, вузлів примикання до плити, виявився найкращим, в контексті зазначених критеріїв, на основі технічного об'єкту.

П'ятий розділ роботи присвячено розрахунку вартості земляних робіт та влаштування плити паркінгу для двох типів: звичайного (без урахування динамічного впливу) та підсиленого (з урахуванням динамічного впливу).

За час виконання магістерської роботи Гуменний С. А. продемонстрував самостійність у опрацюванні рекомендованої літератури, проведенні змістовного

аналізу отриманих результатів та у проведенні числового моделювання фрагменту технічного об'єкту у ПК ЛІРА з прикладанням еквіваленту динамічного навантаження на плиту паркінгу, змістовному аналізі результатів та пропонуванні комплексу заходів що раціоналізації деяких технологічних особливостей зведення розглядуваної конструкції. Основні вимоги щодо проєктування таких споруд тезисно апробовано на конференції ВНТУ.

Недоліком роботи можна назвати:
обмежене використання сучасних програмних продуктів для моделювання особливого динамічного впливу на будівлю в цілому;
обмежене посилення та аналіз даних щодо зведення подібних об'єктів на Україні після початку повномасштабного вторгнення.

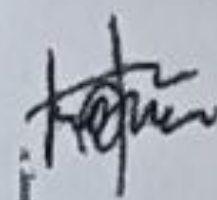
Необхідно зазначити, що висвітлені зауваження мають рекомендаційний характер, не знижують загальної позитивної оцінки магістерської кваліфікаційної роботи і не зменшують ступеня обґрунтованості та достовірності основних результатів і висновків.

За актуальністю теми, обсягом виконаних досліджень, новизною, теоретичною і практичною цінністю результатів магістерська кваліфікаційна робота Гуменного Сергія Андрійовича «Розробка раціонального конструктивного рішення підземного паркінгу з функцією укриття» є завершеною науковою роботою, відповідає вимогам до кваліфікаційних робіт на здобуття наукового ступеня магістра зі спеціальності 192 – Будівництво та цивільна інженерія за освітньо-професійною програмою підготовки «Промислове та цивільне будівництво», а її автор заслуговує на оцінку «В» – добре.

Керівник магістерської
кваліфікаційної роботи

Доцент, к.т.н., доцент

(посада, науковий ступінь, вчене звання)



(підпис)

Бікс Ю. С.

(ініціали, прізвище)

Рецензія опонента на магістерську кваліфікаційну роботи

Магістерська робота Гуменного Сергія Андрійовича на тему «Розробка раціонального конструктивного рішення підземного паркінгу з функцією укриття» спрямована на вирішення важливої науково-практичної проблеми: комплексний підхід до врахування об'ємно-планувальних, технологічних, інженерних та конструктивних вимог у проектуванні споруд подвійного призначення. Дослідження базується на нормах ДБН В.2.2-5:2023 «Захисні споруди цивільного захисту» та має на меті обрати оптимальне конструктивне рішення для підземного паркінгу з урахуванням динамічних навантажень особливого характеру.

Робота є актуальною і відповідає поставленим завданням. Її структура включає п'ять основних розділів.

Перший розділ присвячений аналізу літератури та огляду тенденцій проектування паркінгів. У ньому висвітлено актуальність теми, наведено функціональні особливості споруд цього класу, а також вимоги до матеріалів, об'ємно-планувальних рішень та систем життєзабезпечення. Автор дослідив ключові вимоги до проектування і будівництва подібних об'єктів.

У другому розділі проведено аналіз сучасних конструктивних рішень огорожувальних конструкцій паркінгів. Розглянуто аспекти енергозабезпечення, вентиляції, кондиціонування повітря та можливості поєднання паркінгу з функцією тимчасового укриття. На основі цього аналізу визначено критерії для чисельного моделювання плити паркінгу з урахуванням динамічних навантажень.

Третій розділ зосереджений на врахуванні інженерно-геологічних, естетичних та містобудівних вимог для інтеграції споруд такого типу в густо забудовану міську територію. Визначено найоптимальніші рішення для проектування технічного об'єкта в реаліях України.

Четвертий розділ присвячено детальному опису технічної частини дослідження. Розглянуто архітектурно-будівельні рішення, конструктивні елементи плити паркінгу, а також вузли примикання.

У п'ятому розділі виконано економічні розрахунки вартості земляних робіт і спорудження плити паркінгу. Порівняно дві конструктивні моделі: звичайну (без врахування динамічного впливу) і посилену (з урахуванням динамічного впливу).

Автор продемонстрував самостійність у роботі з літературними джерелами, проведенні аналізу результатів, виконанні числового моделювання конструктивних елементів у програмному комплексі ЛІРА та оцінці динамічних навантажень на плиту паркінгу. Також магістр запропонував заходи для вдосконалення технологічних аспектів будівництва. Основні положення дослідження були апробовані на конференції ВНТУ.

Серед недоліків роботи зазначено:

- обмежене використання сучасного програмного забезпечення для моделювання динамічного впливу на будівлю загалом;
- недостатню кількість посилань на джерела, які стосуються будівництва подібних споруд в Україні після початку повномасштабного вторгнення.

Ці зауваження мають рекомендаційний характер і не впливають на загальну позитивну оцінку роботи.

Магістерська кваліфікаційна робота Гуменного Сергія Андрійовича «Розробка раціонального конструктивного рішення підземного паркінгу з функцією укриття» відповідає вимогам до кваліфікаційних робіт за спеціальністю 192 – Будівництво та цивільна інженерія за програмою «Промислове та цивільне будівництво». За актуальністю, новизною, теоретичною і практичною цінністю її результати заслуговують на оцінку «В» – добре

Опонент

проф. каф. ІСБ, к.т.н.
(посада, науковий ступінь, вчене звання)



Коц І. В.
(ініціали, прізвище)