

Міністерство освіти і науки України

Центральноукраїнський національний технічний університет
Факультет будівництва, транспорту та енергетики
Кафедра будівельних, дорожніх машин і будівництва

«Допустити до захисту»

Завідувач кафедри БДМБ,
кандидат технічних наук, професор

Владислав НАСТОЯЩИЙ

" ____ " _____ 2025 р.

Кваліфікаційна робота магістра

на тему: **"Дослідження геотехнічних процесів в основі існуючої
будівлі при влаштуванні підземного укриття/паркінгу"**

Виконав: здобувач освіти групи БІ-23М-1
спеціальності 192
«Будівництво та цивільна інженерія»

Давид ДУДЕНКО

" ____ " _____ 2025 р.

Керівник кваліфікаційної роботи магістра:
кандидат технічних наук, доцент

Сергій КАРПУШИН

" ____ " _____ 2025 р.

Анотація

В роботі запропонована технологія влаштування підземного паркінгу під уже існуючою будівлею торгово-офісного центру старої радянської забудови, без зупинки технологічних процесів у самій будівлі. Виконано огляд інформації щодо загальних положень з влаштування підземних споруд під діючими об'єктами та розроблено методику розрахунку несучої здатності бетонних поверхонь, що влаштовані без армування, по ґрунту і використання їх в якості перекриттів. Отримано нові експериментальні дані про несучу здатність і деформації неармованих бетонних покриттів, що початково проектувались, як підлоги по ґрунту. Розроблено рекомендації щодо необхідних конструктивних кроків та заходів для практичної реалізації проекту влаштування підземного паркінгу.

Annotation

The work proposes a technology for arranging an underground parking lot under an already existing building of a trade and office center of an old Soviet building, without stopping technological processes in the building itself. A review of information on the general provisions for the installation of underground structures under existing facilities was carried out, and a methodology was developed for calculating the bearing capacity of concrete surfaces installed without reinforcement on the ground and using them as floor coverings. New experimental data on the load-bearing capacity and deformations of non-reinforced concrete coatings, which were originally designed as floors on the ground, were obtained. Recommendations have been developed regarding the necessary constructive steps and measures for the practical implementation of the underground parking project.

Факультет будівництва, транспорту та енергетики

Кафедра будівельних, дорожніх машин і будівництва

Освітній рівень магістр

Галузь знань 19 Архітектура та будівництво

Спеціальність 192 «Будівництво та цивільна інженерія»

ЗАТВЕРДЖУЮ:

Зав. кафедри будівельних,
дорожніх машин і будівництва

_____ проф. Настоящий В.А.

"__" _____ 2024 р.

ЗАВДАННЯ
на магістерську роботу здобувачу
Дуденко Давид Олексійович

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема проекту (роботи) *Дослідження геотехнічних процесів в основі існуючої будівлі*

при влаштуванні підземного укриття/паркінгу

керівник проекту (роботи) *Карпушин Сергій Олександрович, канд. техн. наук, доцент*

затверджена наказом по університету від " 07 " серпня 2024р. № 34-13

2. Строк подання студентом проекту (роботи) *01 січня 2025 р.*

3. Вихідні дані до проекту (роботи)

1. *ТОЦ «Пасаж» чотирьохповерхова каркасна будівля. пр. Дмитра Яворницького, б. 48 м. Дніпро*

2. *Розміри в плані х м.,*

3. *Кліматичні умови м. Дніпро Дніпропетровська обл., інженерно-геологічні умови будмайданчика.*

4. *Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, що їх належить розробити)*

Вступ (Кваліфікаційні ознаки дослідження) 1. Архітектурний розділ.

2. Дослідницький розділ. 3. Організаційно-технологічний розділ.

4. Розділ з охорони праці. Висновки. Список використаної літератури. Додатки.

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

Мультимедійна презентація – 22 слайди:

Всього: 22 слайди

6. Консультанти розділів проекту (роботи)

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		Завдання видав	Завдання прийняв
Архітектурний	доцент Яцун Вол. Вол.		
Дослідницький	доцент Карпушин С.О.		
Організаційно – технологічний	доцент Скриннік І.О.		
Охорона праці	доцент Дарієнко В.В.		

7. Дата видачі завдання 07 серпня 2024 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ п/п	Назва етапів дипломного проекту (роботи)	Строк виконання Етапів проекту (роботи)	Примітка
1	Архітектурний розділ	10.08.24-10.09.24	
2	Огляд і аналіз досліджень щодо проблем при влаштуванні підземних приміщень під будівлями з каркасною системою	11.09.-28.09.24	
3	Знайомство з конструктивними і технологічними особливостями процесів влаштування підземної частини існуючих будівель без припинення їх функціонування	29.09.-12.10.24	
4	Організаційно-технологічний розділ	13.10.-09.11.24	
5	Розробка заходів з охорони праці	10.11.-30.11.24	
6	Висновки	01.12.-09.12.24	
7	Розробка графічно-демонстраційних матеріалів	10.12.-30.12.24	
8	Рецензування	01.01.-07.01.25	

Здобувач _____
(підпис) (прізвище та ініціали)

Керівник роботи _____
(підпис) (прізвище та ініціали)

Формат	Зона	Позначен	Позначення	Найменування	Кількість	Примітки
				Документація загальна		
				Знову розроблена		
A4			KMP.2319209.ПЗ	Пояснювальна записка		
				<u>Документація з</u>		
				<u>архітектурно – будівельного</u>		
				<u>розділу</u>		
				Знову розроблена		
A1			KMP.2319209.АБ01	Генеральний план (1:400)	1	
A1			KMP.2319209.АБ02	Фасад 1-17	1	
A1			KMP.2319209.АБ03	План поверхів, план даху,	1	
				елементи		
A1			KMP.2319209.АБ04	Розріз 1-1; схеми розташування	1	
				фундаментів, плит перекриття		
				<u>Документація з</u>		
				<u>Дослідницького розділу</u>		
				Знову розроблена		
A1			KMP.2319209.ДЧ01	Дослідницька частина	1	
A1			KMP.2319209.ДЧ02	Дослідницька частина	1	

[illegible]

Вступ

У відповідності до світових тенденцій розвитку людства, в тому числі і населення України можна констатувати декілька загальносвітових факторів, що сприяють розвитку підземного будівництва. Це загальна проблема – невідповідність забудови та інфраструктури центральних районів міст сучасним вимогам. Тут варто відмітити житлову забудову колишнього СРСР, що абсолютно не передбачає зручність життєдіяльності, не передбачає місць для паркування приватних автомобілів, умов для ведення малого та середнього бізнесу. Окрім того, суттєве здорожчання землі в центральних районах міст, що обумовлене в більшості потребами бізнесу, також вимагає зміни підходу до проектування або реконструкції існуючих будівельних об'єктів. Тому спостерігається тенденція щодо збільшення поверховості проєктованих будівель і перегляд підземного простору під будівлями, як резерву додаткових можливостей щодо отримання додаткових площ та можливостей.

Сучасні реалії війни, також спонукають замовників, проєктувальників та керівництво будівельною галуззю більш ґрунтовно приділяти увагу підземному простору і розглядати його ще і в ракурсі укриття для цивільного населення під час дій військового характеру.

Тому тематика даної магістерської роботи є **актуальною**, направленою на збереження людських життів, покращення зручності проживання, розвантаження проїжджої частини міста, тощо.

В роботі запропонована технологія влаштування підземного паркінгу під уже існуючою будівлею торгово-офісного центру старої радянської забудови, без зупинки технологічних процесів у самій будівлі.

Об'єктом дослідження є сумісний напружено-деформований стан несучих бетонних конструкцій та ґрунтової основи, що сприймає перерозподіл навантажень.

Предметом дослідження є геотехнічні процеси в основі існуючої будівлі при влаштуванні підземної виробки.

Метою магістерської роботи є розробка конструктивних і технологічних рішень при створенні підземного простору під існуючою будівлею.

Для реалізації поставленої мети вирішувалися наступні задачі:

1. проведення пошуку конструктивних і технологічних рішень щодо влаштування підземних приміщень в будівлях, що вже існують;
2. аналіз конструктивних і технологічних рішень щодо влаштування підземних приміщень в будівлях, що вже існують;
3. розробка методики проведення експериментальних досліджень в лабораторних і натурних умовах на прикладі конструкцій, що вже існують;
4. розробка конструктивних рішень і плану робіт при створенні підземного паркінгу на прикладі ТОЦ «Пасаж» м. Дніпро;
5. виконати інженерні розрахунки щодо міцності несучих елементів першого поверху та ґрунтової основи.

Методи досліджень.

Під час виконання магістерської роботи застосовано класичні методи досліджень, такі, як: аналіз існуючої інформації щодо питання влаштування підземних приміщень, експериментальні дослідження з бетоном в натурних і лабораторних умовах, як матеріалом майбутнього перекриття над підземним паркінгом. Розроблена методологія наукових досліджень з визначення можливості влаштування підземних приміщень під вже існуючою будівлею. На основі аналізу отриманих експериментальних даних розроблена технологічна послідовність влаштування підземного приміщення під уже

					КМР.2319209/ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докцм.	Подпись	Дата		

існуючою спорудою за умови не припинення експлуатації під час зведення підземного паркінгу.

Наукова новизна роботи полягає в наступному:

1. Розроблено методику розрахунку несучої здатності бетонних поверхонь, що влаштовані без армування, по ґрунту і використання їх в якості перекрить.

2. Отримано нові експериментальні дані про несучу здатність і деформації неармованих бетонних покриттів, що початково проектувались, як підлоги по ґрунту.

На захист виносяться:

- методологія проведення експериментальних досліджень з конструкційними матеріалами при влаштуванні під ними підземних приміщень

- результати експериментальних досліджень щодо практичного застосування технології будівництва будівель і споруд «зверху-вниз» в умовах центральних районів міст;

- результати експериментальних досліджень з конструктивними матеріалами будівель і споруд, за умов будівництва під ними підземних споруд;

- розрахункові схеми та математичні залежності, що отримані на результатах експериментальних досліджень;

- технологічна послідовність дій для влаштування підземного приміщення за принципами будівництва «зверху-вниз».

Достовірність і обґрунтованість наукових положень, висновків і рекомендацій підтверджені застосуванням відомих законів механіки твердого тіла, що деформується, механіки ґрунтів, виконанням експериментальних досліджень за допомогою відомих апробованих і повірених контрольно-вимірювальних приладів і обладнання, що забезпечують достатню точність вимірювань при випробуваннях, а також достатнє для практичних розрахунків

					КМР.2319209/ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докum.	Подпись	Дата		

сходження результатів експериментальних досліджень і розрахунків за запропонованими методами.

Практична значимість роботи полягає в науковому обґрунтуванні та практичних рекомендаціях щодо будівництва підземних парковок, укриттів, приміщень під існуючими будівлями без відселення мешканців та зупинки функціонування будівлі за її прямим призначенням.

					КМР.2319209.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докцм.	Подпись	Дата		

1. АРХІТЕКТУРНИЙ РОЗДІЛ

1.1. Адміністративно-географічне положення

З огляду на доцільність розміщення у підземному просторі стоянок автомобілів [4], як приклад, для магістерської роботи було обрано будівлю торгівельно-офісного центру «Пасаж». Будівля офісного центру "Пасаж", розташована за адресою: м. Дніпро, пр. Дмитра Яворницького, б. 48.

Це 4-х поверхова, каркасна будівля, що спочатку не мала підвального поверху, але в процесі експлуатації під частиною будівлі було виконане підвальне приміщення. На даний момент перший поверх повністю зайнятий різними комерційними магазинами. Запроектований будинок відноситься до громадсько-житлового багатоповерхового будинку.

Будівля ТОЦ «Пасаж» вже давно створює архітектурний ансамбль Центрального району м. Дніпро, розташована майже в центрі міста по проспекту Яворницького. Це правий берег р. Дніпро, поблизу розташовані ЦУМ та парк ім. Глоби, готель «Парус». Майбутній будівельний майданчик межує з наступними об'єктами:

- з півночі – вулиця Центральна, різноманітні бутіки, відділення Укрпошти 53050;
- з півдня – пр. ім. Дмитра Яворницького «Пузата хата», магазини комп'ютерних товарів, магазин «Сирне королівство»;
- із заходу – музей історії Дніпра, проспект Дмитра Яворницького, супермаркет АТБ, житлова забудова;
- зі сходу - Menorah готель, вул. Барикадна, житлова багатоповерхова забудова.

Територія передбаченого підземного будівництва розташована в умовах існуючої житлової забудови.

					КМР.2319209.ПЗ	Лист
	Лист	№ докцм.	Підпись	Дата		

Територія густозабудована, має типові проблеми центральних районів міст, де актуальними є питання паркування автомобілів, комфортного перебування на території, шуму від завантажених міських магістралей, загазованості повітря, недостатньої кількості укриттів від можливих небезпек із повітря під час воєних дій, тощо.

1.2. Конструктивні рішення будівлі.

Фундаменти вбудівлі ТОЦ «Пасаж» монолітні стовбчасті залізобетонні. Розміри підколонника: 1,2х1,5х3 м, розміри першої сходинки: 2,7х2,4х0,3 м, розміри другої сходинки: 4,2х3,6х0,3 м, величина занурення колони в підколонник 1,2 м. Колони збірні залізобетонні, перерізом 0,4х0,6 м. Ригель залізобетонний розміром 0,4х0,8х9м.

Стіни будівлі виконані з керамзитобетонних панелей і керамічної цегли. Товщина керамзитобетонних панелей 300 мм, товщина стіни з керамічної цегли 640 мм і передбачений шар облицювальної цегли на фасаді товщиною 300 мм, де присутня цегляна кладка. Сходові марші збірні залізобетонні. Покрівля плоска рубероїдна. Перекриття другого і вище поверхів виконані зі збірних залізобетонних плит розмірами 0,22х1,8х9 м.

Підлога першого поверху виконана «по ґрунту» з монолітного бетону без армування.

Кліматичні умови, геологічні, об'ємно-планувальні рішення, основні характеристики генплану, теп генплану, опис егнплану, ситуаційний план, теплотехнічні розрахунки, специфікації столярних та віконних виробів, а також особливості інженерного забезпечення для даної будівлі наведені в Додатку А.

						Аркуш
Зм.	Лист	№ докум	Підпис	Дата		

2. ДОСЛІДНИЦЬКИЙ РОЗДІЛ

2.1. Оглядова інформація за тематикою дослідження.

2.1.1. Загальні положення щодо влаштування підземних споруд.

Як правило, ще до недавнього часу при проектуванні генеральних планів розвитку міст та планів детального планування забудови їх районів не приділялося належної уваги такій проблемі, як виділення місць для зберігання особистих автомобілів.

З огляду на доцільність розміщення у підземному просторі стоянок автомобілів [4], як приклад, для магістерської роботи було обрано будівлю торгівельно-офісного центру «Пасаж». Будівля офісного центру "Пасаж", розташована за адресою: м. Дніпро, пр. Дмитра Яворницького, б. 48. Це 4-х поверхова, каркасна будівля, що спочатку не мала підвального поверху, але в процесі експлуатації під частиною будівлі було виконане підвальне приміщення. На даний момент перший поверх повністю зайнятий різними комерційними магазинами.

Одним з головних завдань дослідження під час створення підземного простору є можливість експлуатації першого поверху будівлі без зупинки робочих процесів.

Для виконання цього завдання необхідно розробити технологію, що дозволяє використати несучий кістяк бетонних підлог першого поверху без впливу на робочі процеси будівлі.

						Аркуш
Зм.	Лист	№ докум	Підпис	Дата		



Рисунок 2.1 – Головний фасад торгівельно-офісного центру «Пасаж».

Конструктивні рішення будівлі.

Фундаменти монолитні стовбчасті залізобетонні. Розміри підколонника: 1,2x1,5x3 м, розміри першої сходинки: 2,7x2,4x0,3 м, розміри другої сходинки: 4,2x3,6x0,3 м, величина занурення колони в підколонник 1,2 м. Колони збірні залізобетонні, перерізом 0,4x0,6 м. Ригель залізобетонний розміром 0,4x0,8x9м. Стіни будівлі виконані з керамзитобетонних панелей і керамічної цегли. Товщина керамзитобетонних панелей 300 мм, товщина стіни з керамічної цегли 640 мм і передбачений шар облицювальної цегли на фасаді товщиною 300 мм, де присутня цегляна кладка. Сходові марші збірні залізобетонні. Покрівля плоска рубероїдна. Перекриття другого і вище поверхів виконані зі збірних залізобетонних плит розмірами 0,22x1,8x9 м.

Підлога першого поверху виконана «по ґрунту» з монолітного бетону без армування.

Розрахунок забезпеченості паркувальних місць торгівельно-офісного центру «Пасаж».

						Аркуш
Зм.	Лист	№ докум	Підпис	Дата		

У відповідності до [5] на 40-50 м² загальної площі будівлі необхідне одне паркувальне місце.

- розміри будівлі ТОЦ «Пасаж»: 39х106 м;
- площа будівлі: 4134 м²;
- загальна площа одного поверху: $S_{o.o.p} = 4134 - 20\% = 3307 \text{ м}^2$;
- загальна площа будівлі: $S_o = 3307 * 4 = 13228 \text{ м}^2$;
- кількість необхідних паркувальних місць:

$$n_{min} = \frac{13228}{50} = 265$$

$$n_{max} = \frac{13228}{40} = 330$$

Таким чином, відповідно розрахунку, необхідна кількість паркувальних місць для ТОЦ «Пасаж» складає від 265 до 330.

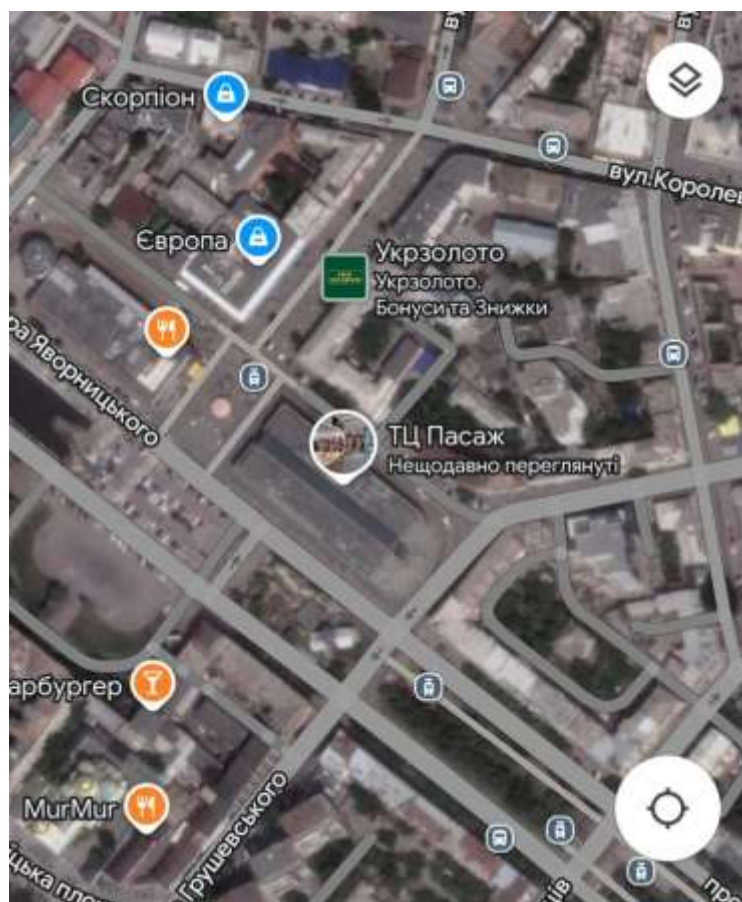


Рисунок 2.2 – Супутниковий знімок ТОЦ «Пасаж».

						Аркуш
Зм.	Лист	№ докум	Підпис	Дата		

На даний момент згідно з рис. 2.2, на якому виділена паркувальна зона для будівлі, кількість місць для паркування становить 76.

Для визначення кількості місць для паркування при створенні підземного простору був розроблений план (рис. 2.3) з розташуванням місць для паркування, урахуванням площ для технологічних приміщень і забезпеченням пожежної безпеки. Кількість паркувальних місць підземного паркінгу склала 150. Підземний паркінг суттєво компенсує нестачу паркувальних місць для ТОЦ «Пасаж», що сприятливо позначиться на прилеглий території, заощаджуючи її простір та створюючи умови для ландшафтного дизайну, більш зручного та комфортного перебування людей в цьому районі і, зокрема навколо даної будівлі.

						Аркуш
Зм.	Лист	№ докум	Підпис	Дата		

						Архшт
Зм.	Лист	№ докум	Підпис	Дата		

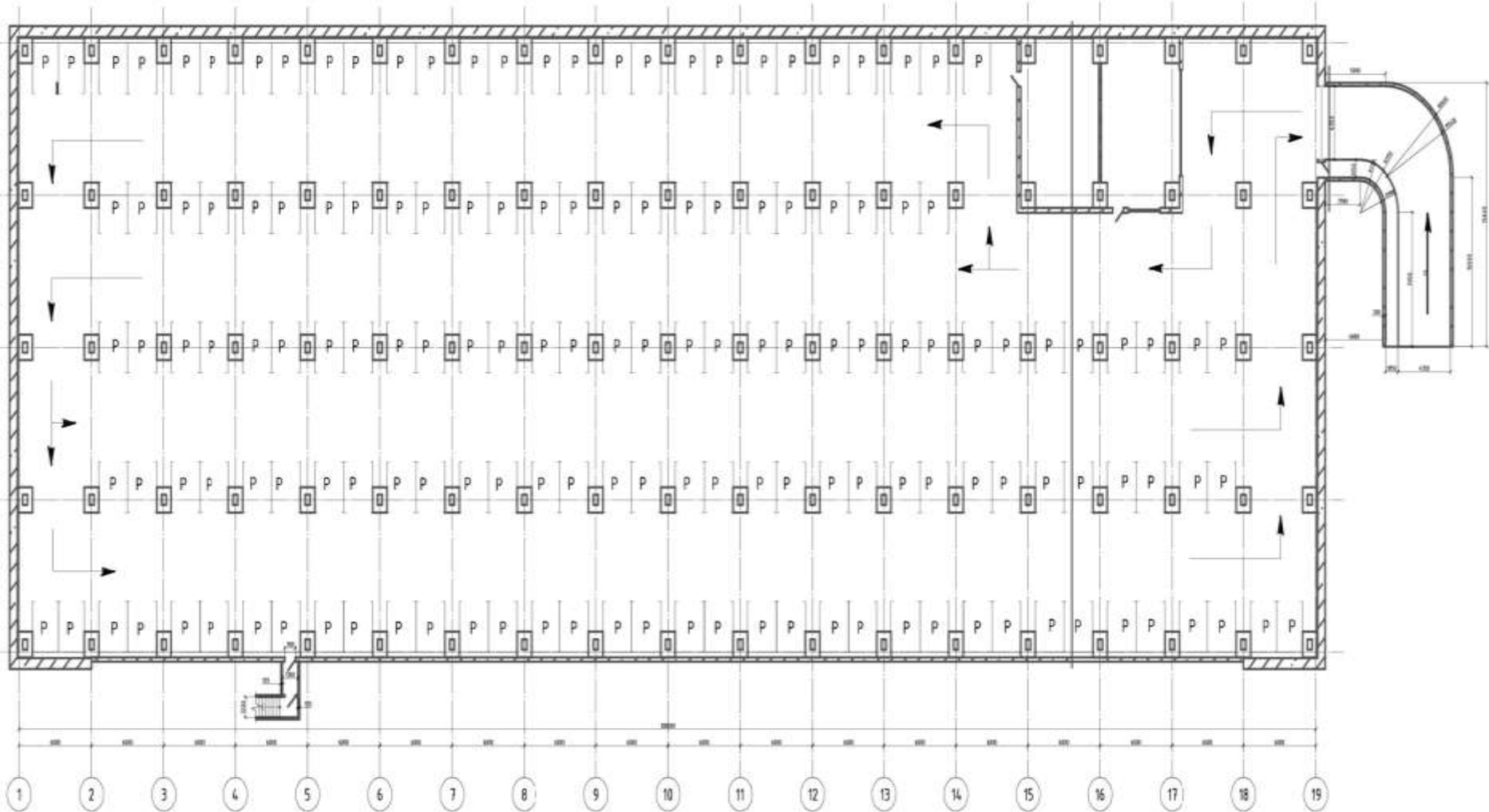


Рисунок 2.3 – Схема підземного паркінгу.

2.1.2 Огляд наукової літератури по темі магістерської роботи.

В результаті проведеного аналізу інформаційних джерел були вибрані наступні показові джерела інформації з даної тематики та наведено короткий узагальнений їх зміст.

Даний аналіз наведено у вигляді табл. 2.1.

Таблиця 2.1 – Узагальнення аналізу джерел інформації, що відповідають тематиці досліджень.

№пп	Назва джерела інформації	Короткий зміст
1	Челюканова К.Е., Горбунова В.С. Підземний паростір як резерв додаткової корисної площі. Журнал «Перспективи науки і освіти» 2013р.	У поданій статті розглядається питання необхідності використання підземного простору як резерву додаткової корисної площі. Вирішується проблема нестачі вільних міських земель, а також вирішується питання організації різнорівневого, безпечного та зручного руху як пішохідних потоків, так і транспортних. Розглядаються варіанти реорганізації житлових та громадських територій за допомогою освоєння підземного простору.
2	Петренко Е.В. Петренко І.Е. Методологія проєктування підземних споруд. Журнал «Горний інформаційноаналітичний бюлетень	Ідея доповіді про сутність методології проєктування підземних споруд у тому, що до сьогодення вже є методи, принципи та підходи,

	(науково-технічний журнал)» 2013р.	застосування яких забезпечує підвищення якості проектів підземних споруд і тим самим, є великим вкладом у розвиток методології проектування підземних споруд, як складову частину теорії проектування освоєння надр з метою забезпечення перспектив подальшого освоєння підземного простору, екологічно безпечного використання надр як елемента середовища виживання людини
3	Макішин В.М. Рациональное використання підземного простору в господарчих цілях. Журнал «Східноєвропейський науковий вісник». 2005р.	Розглянуто приклади використання підземного простору у господарських цілях. Пропонуються основні типи підземних споруд, які доцільно створювати у містах із гірським рельєфом місцевості. Показано перспективи підземного будівництва для умов Харкова
4	Абрамов М.М. Епімахов Ю.А. Геофізичний контроль стану підземних споруд. Журнал «Гірничий інформаційноаналітичний бюлетень	Розглянуто питання, пов'язані з геофізичним контролем стану підземних споруд. На прикладі вироблень Придніпровської ГЕС, що експлуатуються протягом 45 років, підземного

	(науково-технічний журнал)» 2011р.	розміщення, схильних до впливу постійних вібронавантажень, встановлено послаблення тріщинних контактів порід масиву по межах структурних блоків. Рекомендовано режимний контроль стану приконтурного масиву підземних споруд.
5	Куликова Є.Ю. Методи оцінки осадки ґрунтів і будівель в радіусі впливу міських підземних споруд. Журнал «Гірничий інформаційноаналітичний бюлетень, науково-технічний журнал». 2004р.	У статті розглядається вплив геомеханічних процесів в результаті освоєння підземного простору, види захисту підземних об'єктів від осадів ґрунтів та впливу будов, що знаходяться в радіусі впливу підземних споруд.
6	Лернер В.Г. Петренко Є.В. Петренко І.Є. Освоєння підземного простору великих міст. Журнал «Гірничий інформаційноаналітичний бюлетень, науково-технічний журнал» 2000р.	У цій доповіді розглянуто конкретні приклади реконструкції споруд із використанням підземного простору, торкнуться процесу організації освоєння, його особливості, основні тенденції та напрямки.
7	Пустовойтенко В.П. Гавриш О.Р. Організація комплексного освоєння підземного простору мегаполісов. Журнал «Наука і прогрес транспорту. Вісник	Розглянуто проблему прогнозу тенденцій урбанізації, основних факторів, що впливають на сучасні способи організації освоєння

	Дніпропетровського національного університету залізничного транспорту» 2010р.	підземного будівництва мегаполісів, при обґрунтуванні галузі комплексного використання та складу організаційно-технологічних схем освоєння підземного простору.
8	Стетюха В.А. Підвищення енергоефективності підземних споруджень на основі оптимізації теплоізоляції. Журнал «Нвуковий вісник» 2016р.	Підземний простір активно використовується об'єктах різного призначення. З урахуванням зміни клімату на планеті теплоізоляція споруд набуває все більшої актуальності. Проекти підземних споруд мають задовольняти вимоги енергетичної ефективності. У цьому випадку обмін теплової енергії між підземними спорудами та зовнішнім середовищем має бути мінімальним. Застосування теплоізоляції дозволяє вирішити цю проблему. Метою дослідження є встановлення оптимальних параметрів теплоізоляції.
9	Левченко О.М. доктор технических наук. Дисертація Обґрунтування методології і розробка іноваційних	Обґрунтування методології та розробка інноваційних технічних рішень на основі

	технічних рішень освоєння підземного простору мегаполісів. М. 2009р.	встановлення закономірностей формування інфраструктури підземного простору мегаполісів, статичної роботи та надійності елементів нових конструкцій обробок, аналізу ризикобезпеки технологічних та організаційних процесів будівництва комунальних тунелів для підвищення експлуатаційних якостей підземних споруд, зниження матеріальних та трудових. Важливе значення розвитку економіки міського господарства і прискоренні науково технічного прогресу при освоєнні підземного простору мегаполісів.
10	Рудяк М.С. Рациональное використання міського підземного простору для громадських об'єктів – Д.: Видавництво національної гірничої академії, 2003. – 235 с.	Дано аналіз досвіду використання підземного простору у цивільних цілях для вирішення проблем великих міст, а також економічної оцінки та регулювання даних процесів. Наведено методологію оцінки використання міського підземного простору для розміщення цивільних об'єктів

		з урахуванням економічних, екологічних, соціальних та інших факторів. Викладено розроблений та випробуваний в умовах Дніпра економічний механізм раціонального використання міського підземного простору для розміщення цивільних об'єктів.
11	Вартанов А.З. Физикотехнический контроль и мониторинг при освоении подземного пространства городов: Учебник для вузов. – М.: Издательство «Горная книга», 2013. – 548 с.: ил.(СТРОЙТЕХИЗДАТ)	Наведено основні цілі та завдання, які вирішуються фізико-технічними методами контролю та моніторингу при будівництві та експлуатації підземних споруд в умовах великих міст та мегаполісів. Розглянуто основні геофізичні методи для вивчення структури, властивостей та стану геологічного середовища у зоні будівництва, описано методи та засоби контролю та моніторингу відповідних технологічних процесів, а також експлуатаційний контроль підземних споруд. Викладено базові відомості про методи та засоби екологічного контролю при освоєнні підземного простору міст.

12	Козлов П.Г., Федюк Р.С., Лисейцев Ю.Л. Формування інфраструктури сучасних міст з використанням підземного простору. Журнал «Сучасні наукові дослідження і інновації» 2018, номер 2(82) 52 с.	Ця стаття присвячена огляду засобів використання міського підземного простору. Проведене дослідження доводить, що правильна організація використання міського простору допомагає розкрити внутрішні можливості, покращити показники ефективності розміщення споруд. Використання підземного простору для розміщення міських споруд дозволить значно розвантажити автомобільні дороги міста від пробок та дасть можливість розміщувати основні об'єкти інфраструктури в транспортній доступності від місць компактного проживання населення міста.
13	Храбатіна Н.В., Пусний Л.А., Дубіно А.М. Освоєння підземного простору мегаполісів. Журнал «Вістник ДНАБтаА» 2018р.	Стаття присвячена актуальній та маловивченій проблемі освоєння підземного простору мегаполісів. У статті чітко визначено роль використання підземного простору у вирішенні нагальних проблем розвитку великих міст. Також

		розглянуто приклади використання підземних просторів мегаполісів. Обґрунтовано можливість та доцільність будівництва тунелів. Показано перспективи підземного будівництва. Розглядаються пропозиції щодо використання підземного простору великих міст та заходи щодо освоєння підземного простору та розвитку підземної урбанізації.
14	Денисова Ю.В. До питання необхідності освоєння підземного простору міст / Ю.В. Денисова, Г.В. Кноренькова // Вісник ХНУБА. - 2016. - №11. - С. 99 -103.	Нині у зв'язку з високим рівнем урбанізації відбувається активне освоєння підземного простору міст. Інтенсивне підземне будівництво притаманно великих міст. Розглянуто актуальну проблему містобудівного освоєння підземного простору найбільших міст в Європі. Виявлено причини необхідного зростання обсягів та масштабів підземного будівництва у великих містах пов'язані з безперервно зростаючою концентрацією міського населення та зростанням

		чисельності автомобільного парку. За підсумками порівняльного аналізу світового досвіду показано відставання Українських міст у розвитку підземної урбаністики. Для виправлення ситуації потрібна комплексна забудова підземного простору. Визначено важливі аспекти використання підземного простору, виявлено основні причини, що стримують розвиток підземного будівництва в Україні.
15	Куликова Е. Ю. Технологічні і екологічні проблеми освоєння підземного простору мегаполісів. Гірничий інформаційноаналітичний бюллетень (науково-технічний журнал) (Дніпро), 2016	Описано особливості освоєння підземного простору у мегаполісах. Лана оцінка факторів, що ускладнюють будівництво підземних споруд у місті, серед яких основне місце посідають такі аспекти, як складність та неоднозначність інженерно-геологічних умов багатьох ділянок будівництва; наявність щільної міської забудови, незадовільна оснащеність вишукувальних, проектних та будівельних організацій

		сучасним обладнанням та технологіями, недостатній досвід та кваліфікація виконавців, слабка взаємодія учасників будівельного процесу. Показано умови формування геологічного, екологічного та технологічного ризиків. Проведено комплексний системний аналіз гірничотехнічних умов будівництва, що зумовлює вибір та обґрунтування технології будівництва підземних споруд. Основними етапами такого аналізу є технічні та технологічні рішення на період будівництва та експлуатації підземної споруди, інженерно-геологічні та гідрогеологічні характеристики породного масиву, кліматичні фактори, соціально-екологічні умови розміщення підземного об'єкта, економічні умови будівництва, стан матеріально-технічної бази будівельної організації. Запропоновано механізм управління ризиками під час
--	--	--

		будівництва підземних споруд. Вироблено загальну концепцію безпеки під час освоєння підземного простору великих міст.
16	Мангушев Р. А., Осокін А. І., Левінская П. Г. Перспективи влаштування підземних паркінгів в умовах стисненої забудови центру Санкт-Петербургу Питання проектування і влаштування надземних і підземних конструкцій будівель і споруд. Міжвузівський тематичний збірник праць. СанктПетербург, 2018 Видавництво: СанктПетербургский государственный архитектурно-строительный университет (СанктПетербург)	У статті проаналізовано інженерно-геологічні та планувальні умови, технологічні можливості влаштування підземних паркінгів в історичній забудованій частині міста на прикладі конкретних об'єктів Центрального адміністративного району Санкт-Петербурга. На підставі геотехнічного обґрунтування розглянуто умови забезпечення безпеки виконання будівельних робіт при створенні одного, дво- чи багаторівневого підземних паркінгів. Проведені дослідження дозволили оцінити економічну ефективність улаштування підземного паркінгу під час реставрації об'єкта в історичному центрі міста.
17	Борисевич К.Г. Можливості і перспективи будівництва підземних	У статті розглядається тема будівництва підземних

	паркінгів при реконструкції будівель в умовах Санкт-Петербурга ЖУРНАЛ "Іноваційна наука", 2016	паркінгів, що є одним із найактуальніших питань містобудівної галузі СанктПетербурга. Проаналізовано проблеми розвитку підземної урбаністики та шляхи їх вирішення.
18	Агарков А.В., Муляр Р.С., Кавера А.Л. Забезпечення безпеки праці в підземному містобудуванні Джерело: іноваційні перспективи Донбаса, Матеріали 3-й Міжнародної науково-практичної конференції. 2017 Видавництво: Донецький національний технічний університет (Донецьк)	Розглянуто та оцінено можливості, а також основні функції підземного містобудування для реалізації різних геотехнологій та використання з максимальним ефектом ресурсного потенціалу надр Землі. Розглянуто характерні проблеми комплексного освоєння підземного простору. Позначено основні аспекти та надано системні пропозиції щодо забезпечення безпечного ведення робіт у галузі підземної урбаністики. Систематизовано та викладено питання правильної експлуатації підземних споруд.
19	Лебедев І.О., Кірілов А.І., Чугунов А.С. Технологія "top down" – сучасне технологічне рішення в будівництві; Журнал: Вісник	Необхідність зведення будівель в умовах щільної забудови комунікацій, що примикають до будівельного об'єкта, стала

	студентської наукової спільноти Видавництво: СанктПетербургский государственный аграрный университет (СанктПетербург)	причиною появи нових технологій. Ще одним приводом народження нових технологій стали сучасні вимоги до офісних та житлових будівель. У їхніх проектах передбачено наявність підземних паркувань, виконаних у кількох рівнях. Сьогодні розроблені будівельні технології, завдяки яким будівельники мають можливість зведення підземних об'єктів у найскладніших умовах.
20	Broere, W. (2016) Urban Underground Space: Solving the Problems of Today's Cities. Tunnelling and Underground Space Technology, 55, 245- 248.	Загальносвітова тенденція посилення урбанізації створює проблеми як для міст, що розширюються, так і для нових міст. Збільшення чисельності населення призводить до збільшення попиту на надійну інфраструктуру, що нині поєднується з необхідністю підвищення енергоефективності та підвищення екологічної обізнаності населення. Використання підземного простору може допомогти

		містам задовольнити ці вимоги, залишаючись при цьому компактними, або знайти простір, необхідний для включення нових функцій у існуючий міський ландшафт. У багатьох випадках підземні вирішення міських проблем розглядаються лише в тому випадку, якщо вичерпано всі інші (надземні) варіанти. Коли підземні рішення будуть розглянуті та оцінені починаючи з планування або початкових стадій проекту, стануть можливими більш оптимальні рішення.
21	Pei Zhang. Japanese Ways of Developing Urban Underground Recreation Space JOURNAL NAME: World Journal of Engineering and Technology, Vol.6 No.2, May 31, 2018	У цій статті спочатку визначається поняття міського рекреаційного простору, а потім наголошується на шести аспектах досвіду інфункціональної орієнтації, спільного розвитку, бізнес-планування, проектування навколишнього середовища, проектування рекреаційних маршрутів, експлуатації та управління на основі розгляду процесу розвитку підземної

		вулиці в міському рекреаційному просторі Японії. Отримані результати показують, що загальне планування та детальне проектування міського рекреаційного простору в Японії заслуговує на вивчення та отримання уроків для всіх країн світу.
22	Li Xiao Zhaoa, Li Congcong, Parriaux Aurèle, Wu Wenbo, Li HuanQing, Sun Liping, Liu Chaoa Multiple resources and their sustainable development in Urban Underground Space Tunnelling and Underground Space Technology Volume 55, May 2016, Pages 59-66	Пробки на дорогах та нестача земельних площ збільшують необхідність пошуку більшого простору в міських підземних районах. Планування «низхідного» міського підземного простору, орієнтоване на попит, поширене в усьому світі. Як природний ресурс, внесок міського підземного простору різний у різних регіонах. Облік ресурсів UUS, які можна назвати «висхідним» мисленням, має бути інтегрований у планування. У статті наведено метод оцінки ресурсу міського підземного простору та результати досліджень у типових

		випадках. Для міського розвитку важливо використовувати підземний простір. Тим часом ми також повинні знати, що в міському метро існує безліч цінних ресурсів. Крім космосу, є також вода, енергія та геоматеріали. У документі обговорюватиметься, як враховувати ці різні ресурси у розвитку міста. Можливі конфлікти між розробками різних міських підземних ресурсів. У статті досліджено взаємодію між цими подіями, виявлено деякі серйозні наслідки та типові конфліктні режими. Виявлення конфліктів є основою для координації та взаємодії цих подій. Для сталого розвитку міста необхідно зрозуміти та науково оцінити численні міські підземні ресурси, а потім цілісно планувати та керувати розвитком. Структура та властивості міського підземного геологічного тіла визначають інженерні умови та
--	--	--

		ресурсні атрибути міського метрополітену. З 2003 року Китай здійснює пілотні проекти програм урбаністичних досліджень у деяких великих містах. У документі також буде показано, як враховувати вплив геологічних умов на оцінку підземних міських ресурсів та планування міського підземного простору.
23	Development and Utilization of Urban Underground Space Quan Zhen Published 1 March 2019 • Published under licence by IOP Publishing Ltd IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, Volume 242, Issue 5	Оскільки людське суспільство постійно розвивається, люди почали вивчати розвиток та використання міського підземного простору. Порівняно з минулим, у сучасну епоху відбулися великі зміни, коли йдеться про використання ресурсів у міському підземному просторі та пов'язаних із ним технологій. Розвиток міського підземного простору схильний до багатьох чинників, а не виправдане використання призводить до серйозних наслідків. Активне освоєння міського підземного простору є дуже важливим

		критерієм вимірювання рівня міської модернізації, а й неминучою тенденцією розвитку міст. У цій статті аналізується поточний розвиток та використання міського підземного простору, описується важливість розробки та використання, а також досліджуються проблеми розробки та використання міського підземного простору та відповідних контрзаходів.
24	Solutions to the Urban Problems by Using of Underground Space Olga Gamayunova; Eliza Gumerova Procedia Engineering Volume 165, 2016, Pages 1637-1642	Питаннями розвитку підземного простору та транспортної інфраструктури російських міст нехтували кілька десятиліть. Наслідки відсутності послідовної міської політики не забаряться, і сьогодні рівень комфорту проживання в Росії нижчий, ніж у великих містах розвинених країн. У статті представлені основні проблеми, що виникають при будівництві у російських містах, та шляхи їх вирішення з використанням підземного

		простору. Особливу увагу приділено особливостям міської політики Санкт-Петербурга.
25	Г.В. Сопегін, Д.М. Сурсанов Перспективи застосування технології будівництва методом «top-down» в умовах міста Перм Журнал "Основания и фундаменты. Геотехника территорий" 2016 г.	У статті описано принцип технології «Top-Down» та схематично подано порядок виконання робіт, розглянуто основні переваги та недоліки даного методу. Наведено перспективи застосування технології «Top-Down» в інженерно-геологічних умовах міста Пермі.
26	Я.Е. Язев, О.В. Петренцова Освоєння підземного простору під будівлею, що підлягає реконструкції. Аналіз публікацій і патентні дослідження Сучасні технології в будівництві. Теорія і практика (2017) с.330-343 Видавництво: Пермський національний дослідницький політехнічний університет (м. Пермь)	У статті ставиться завдання проведення аналізу технологій з улаштування та заглиблення підземної частини будівель, що реконструюються, а також виявляється первинна можливість застосування розглянутих технологій на прикладі будівлі будинку культури за адресою вул. Окулова, 14, м. Пермь. Проведено детальне ознайомлення з науково-технічною та патентною інформацією з досліджуваної теми: були використані наукова

		та навчальна література, статті у періодичних виданнях Російської Федерації та України, а також дисертації та автореферат, матеріали вебінарів; у процесі патентного пошуку відібрали близько десяти патентів РФ. Актуальність проблеми обумовлена нестачею території під забудову, що включає дефіцит вільних площ для паркування автомобілів, і складністю освоєння територій зі складними інженерно-геологічними умовами.
27	Шашкин А.Г. Модифікація методу top-down для умов реставрації і реконструкції історичної будівлі // Житлове будівництво. Підземне будівництво: Научно-технический и производственный журнал – 2009. – № 2. – С. 25–30.	Наведено технологію влаштування підземного простору під будівлею історичного Кам'янострівського театру в Санкт-Петербурзі. Будівництво підземної споруди за методом TOPDOWN передбачає роботу з тиксотропними ґрунтами у стиснених умовах під розпірними конструкціями за допомогою малогабаритної техніки. Вперше проведено відкопування ґрунту на

		глибину близько 6 м під існуючими історичними конструкціями будівлі, пересадженими на буроін'єкційні палі.
28	В.А. Дементьева, А.Г. Шашкин, В.С. Рахманов, В.Л. Бурыгин «Каменноостровский театр. Синтез достижений реставрации и геотехники» - СПб.: Издательство института «Геореконструкция». 2014. 272с.	Книжка присвячена створенню підземного простору під пам'яткою історії та культури ХІХ ст. Кам'янострівського театру в Санкт-Петербурзі. Головним завданням було збереження унікальності дерев'яної будови та одночасно розширення її площі, пристосування під використання відповідно до сучасних вимог. Було прийнято ризикований проект: під існуючою дерев'яною будівлею організувати підземний простір, де розмістяться вхідна група та технологічні приміщення. Самі дерев'яні конструкції підлягали безумовній реставрації зі збереженням всіх елементів. Роботи велися одночасно. Реставрувався театр, пересаджений на палі, і заглиблювався підземний

		простір. Все це в умовах складної геотехнічної обстановки та слабкості ґрунтів.
29	Р. Катценбах, д-р техн.наук, Технический Университет (Дармштадт, Германия); Р.А. Дунаевский; Д.Л. Муляр; К.О. Дьяченко. «Инженерное бюро профессора Катценбаха и партнеры - Украина», Киев СТРОИТЕЛЬСТВО ВЫСОТНЫХ ЗДАНИЙ МЕТОДОМ «СВЕРХУ ВНИЗ» («TOP=DOWN») http://www.ntinbuilding.ndibv.org.ua/archive/2010/20/20_2010.pdf	Стаття присвячена питанням звільнення суперечливості структур під час створення приміщень. Розглянуто підходи до того, щоб створювати підземні будівельні структури під час експлуатації існуючої надземної частини будівлі. Запропоновано метод медичної реконструкції структури в енергетичній діяльності, що має бути підготовлений, заснований на моделюванні процесу реконструкції структури зі змінами у структурних системах та геометричних та фізичних ефектах нелінійності.

							Аркуш
Зм.	Лист	№ докум	Підпис	Дата			

2 Експериментальні методи досліджень.

2.1. Проведення випробувань вимощення зі створенням підземного приміщення.

В якості об'єкту для експерименту було обрано перевірку можливості виїмки ґрунту під існуючими бетонними підлогами будівлі, вимірювання деформацій бетону при навантаженні ділянки рівномірно розподіленим навантаженням на величину, що перевищує нормативне значення. Ділянкою обстеження стало бетонне вимощення будівлі шириною 1,5 м.



Рисунок 2.4 – Бетонне вимощення навколо будівлі до початку робіт.

Між будівлею та вимощенням видно тріщину (компенсаційний шов) шириною від 1 до 3 мм, що йде по всьому периметру будівлі і до фундаменту.



Рисунок 2.5 – Тріщина між будівлею та вимощенням.

На глибину до 90 см. і до фундаменту будівлі було вибрано ґрунт. Ширина приямка становить 1,66 м.



Рисунок 2.6 – Приямок із вкладеними лежнями.

На будівлю та влаштовану металеву балку встановлені індикатори годинникового типу, для вимірювання деформацій на опорі. Індикатори зафіксовані на металевих стрижнях, заглиблених у вимощення мінімум на 5 см.



Рисунок 2.7 – Індикатори годинникового типу, зафіксовані на вимощенні та стіні будівлі ТОЦ.

У приямок були встановлені та зафіксовані клинами елементи штольні, що складаються з дерев'яних елементів: балки, стійок та лежня.



Рисунок 2.8 – Збірка елементів штольні.



Рисунок 2.9 – Прямок із встановленими елементами модельованого підземного паркінгу до початку завантаження.

Як рівномірно розподілене навантаження, вкладалися вантажі масою 3кг, 4кг та застосовувалася ємність об'ємом 1м³ відповідних розмірів, що надалі наповнювалася водою.



Рисунок 2.10 – Перша «ступінь» завантаження вантажами масою 3 кг.



Рисунок 2.11 – Друга «ступінь» завантаження вантажами масою 4 кг.



Рисунок 2.12 – Встановлення ємності об'ємом 1 м.

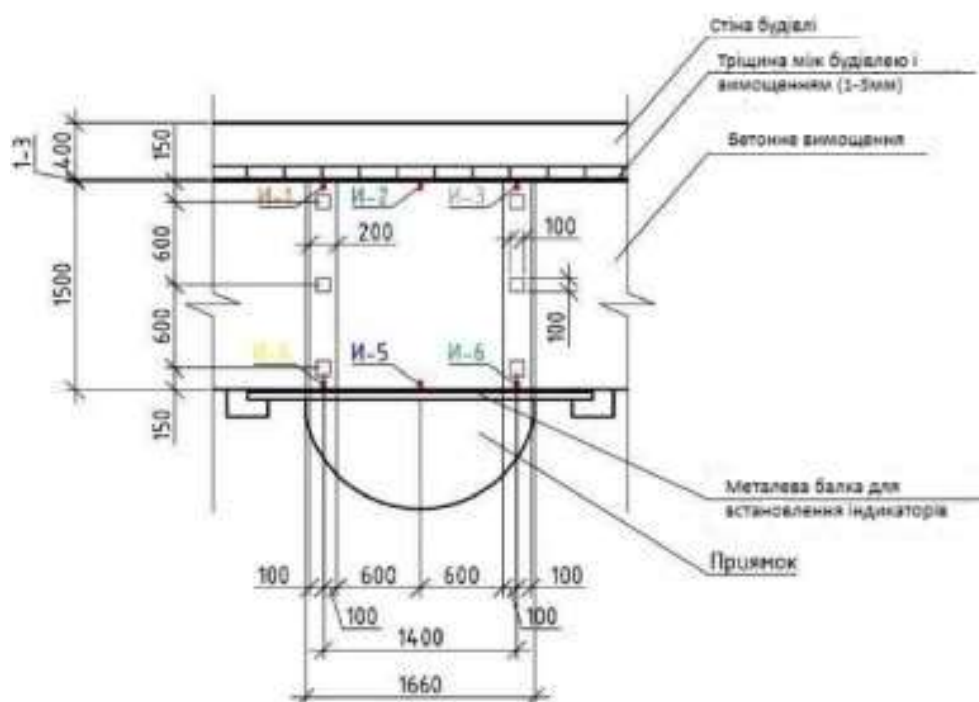


Рисунок 2.13 – План підземного приміщення.

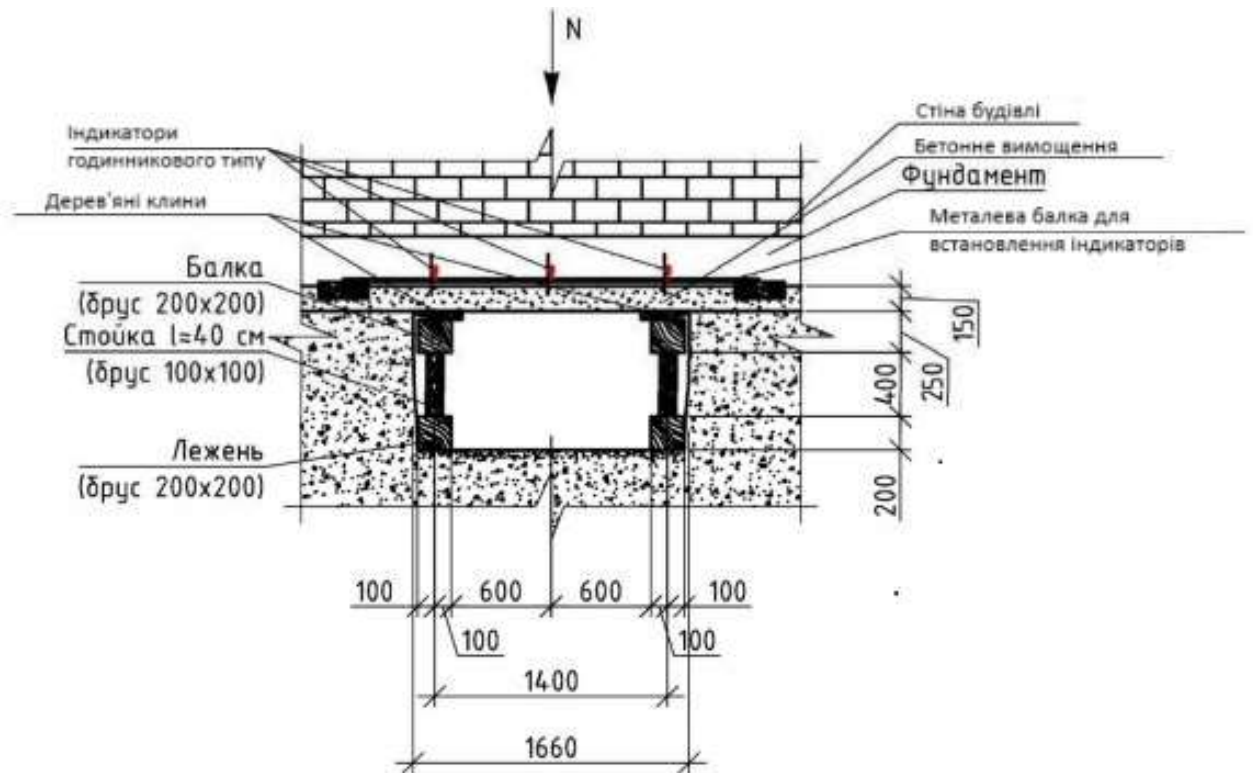


Рисунок 2.14 – Розріз штовльні.

Завантаження велося поступово, виміри індикаторів представлені в табл. 2.2. Максимальна зафіксована деформація становила 0,99 мм (індикатор И-4).

Таблиця 2.2 – Покази індикаторів зі збільшенням навантаження

Навантаження q , кг/м ²	Показання індикатора годинникового типу					
	И-1	И-2	И-3	И-4	И-5	И-6
0	0	0	0	0	0	0
75	0,01	0,02	0,02	0,02	0,02	0,01
150	0,01	0,022	0,02	0,02	0,02	0,01
281	0,05	0,05	0,02	0,02	0,02	0,015
422	0,065	0,39	0,02	0,045	0,04	0,02
476	0,065	0,398	0,02	0,045	0,04	0,02
623	0,1	0,43	0,05	0,99	0,98	0,95
716	0,111	0,439	0,052	0,95	0,92	0,9
809	0,115	0,448	0,08	0,92	0,9	0,86
902	0,13	0,458	0,09	0,86	0,9	0,81
995	0,14	0,469	0,1	0,83	0,9	0,76
1088	0,15	0,475	0,11	0,81	0,9	0,73
1181	0,16	0,485	0,12	0,79	0,9	0,7
1274	0,17	0,495	0,13	0,88	0,9	0,69
1367	0,183	0,51	0,14	0,88	0,9	0,67
1460	0,198	0,52	0,152	0,78	0,9	0,67

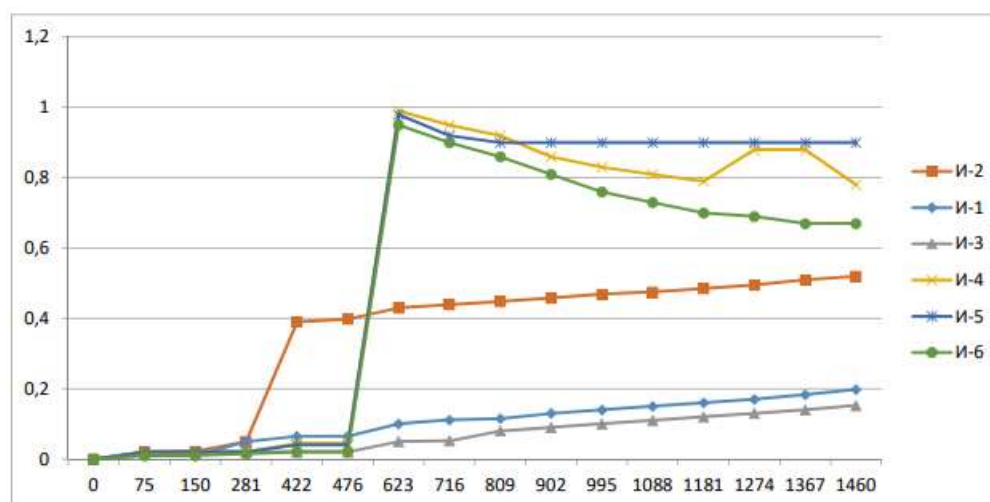


Рисунок 2.15 – Графік показів індикаторів.

Обладнання, що використовується в експерименті:

- Дискова пила;
- КШМ Hitachi;
- Рулетка металева довжиною 5,0 м для вимірювання лінійних розмірів;
- Кутник повірочний 90°;
- Вантажі масою 3, 4 кг;
- Бак для води вертикальний V-1000л. поліпропіленовий;
- Індикатори годинникового типу (6 шт.);
- Сталеві куточки для кріплення дерев'яних конструкцій;
- шуруповерт hitachi.

Висновок: експеримент показав, що навантажена ділянка вимощення при завантаженні рівномірно розподіленим навантаженням 1460 кг/м^2 деформувався на 0,99 мм. Це означає, що відстань між елементами штольні в 1,2 метра при виробленні ґрунту з-під бетонної підлоги будівлі не порушить цілісність конструкції. Також слід враховувати, що ґрунт під лежнями не був достатньо ущільнений і ймовірно максимальна відстань деформації в 0,99 мм на індикаторі, що стояв над опорою, було отримано в наслідок осідання ґрунту під лежнем.

2.2 Визначення міцності бетону вимощення.

Для визначення міцності бетону по "ДСТУ Б В.2.7-214:2009 Будівельні матеріали. Бетони. Методи визначення міцності за контрольними зразками" необхідно вибрати з вимощення декілька зразків і подальшому провести випробування. Обладнання, що використовується в експерименті:

- Рулетка металева довжиною 5,0 м. по ГОСТ 7502-89 [11] для вимірювання лінійних розмірів;
- Кутник повірочний 90° по ГОСТ 3749-77;
- Бензопила STIHL-700 по бетону, асфальту;

- Перфоратор електричний Makita;
- КШМ Hitachi з диском по бетону
- Випробувальний стенд для визначення міцності (прес).



Рисунок 2.16 – Попередня розмітка вимощення для виїмки зразків.



Рисунок 2.17 – Пропилювання бетонного масиву



Рисунок 2.18 – Процес демонтажу бетонного масиву.

З демонтованого бетонного масиву зовнішнього вимощення були вирізані і геометрично оброблено 2 зразки з наступними характеристиками: О-1 з довжинами ребер 140 мм, та О-2 з довжинами ребер 135 мм.



Рисунок 2.19 – Загальний вигляд зразків для подальших випробувань на міцність.



Рисунок 2.20 – Вирівнювання геометрії зразків.

У ході демонтажних робіт у вимощенні була виявлена кладочна металева сітка з дроту 3мм та вічком 150мм. Сітка розташована на глибині від поверхні бетону 100мм.



Рисунок 2.21 – Загальний вигляд армування шару бетону кладочною сіткою 3мм.

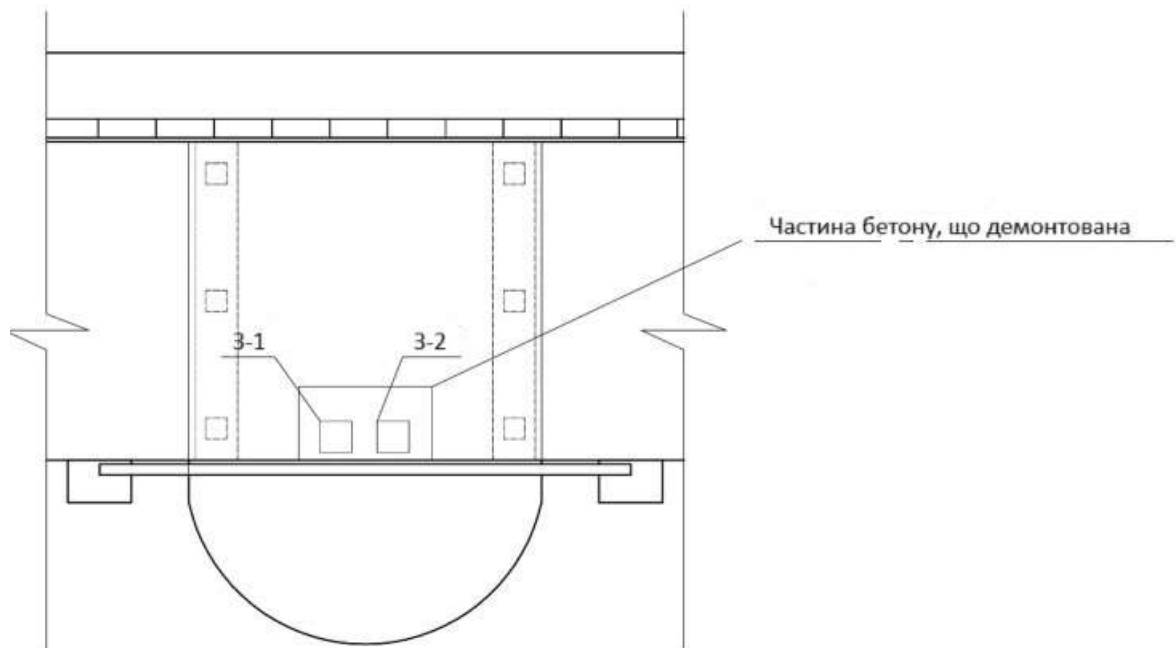


Рисунок 2.22 – Схема місця виїмки зразків з бетонного масиву, що утворював покриття над підземним приміщенням.

Отримані в процесі демонтажу дослідні зразки бетону, з метою встановлення його міцності, були досліджені стискальним навантаженням на гідравлічному пресі в лабораторії ЦНТУ.



Рисунок 2.23 – Експериментальне встановлення міцності на стиск експериментального зразка бетону: кубика 3-1 шляхом руйнування на гідравлічному пресі (значення зусилля руйнування = 45000 кгс).



Рисунок 2.24 – Експериментальне встановлення міцності на стиск експериментального зразка бетону: кубика 3-2 шляхом руйнування на гідравлічному пресі (Зразок не зруйнувався при досягненні максимального значення зусилля стискання пресу = 60000 кгс).

Отримано такі результати:

1. Куб 3-1 був зруйнований при навантаженні = 45000 кгс;
2. Куб 3-2 не був зруйнований при навантаженні = 60000 кгс.

Визначення міцності на стиск R за формулою 8.1 [2]:

$$R = \alpha * \frac{F}{A} * K_w,$$

де F - навантаження, Н;

A – площа робочого перерізу зразка, мм²;

α – масштабний коефіцієнт для приведення міцності бетону до міцності бетону у зразках базових розміру та форми;

K_w - поправочний коефіцієнт для пористого бетону, що враховує вологість зразків у момент випробування

У цьому експерименті $\alpha = 1$ (табл. 4 [2]);

$K_w = 1$, оскільки бетон не є ніздрюватим (табл. 5 [2]);

$$A_1 = 140 * 140 = 19600 \text{ мм}^2;$$

$$A_2 = 135 * 135 = 18225 \text{ мм}^2;$$

$$F_{0-1} = 45000 \text{ кгс} = 441299,25 \text{ Н};$$

$$F_{0-2} = 60000 \text{ кгс} = 588399 \text{ Н}$$

$$R_1 = 1 * \frac{441299,25}{19600} * 1 = 22,5 \text{ Мпа}$$

$$R_2 = 1 * \frac{588399}{18225} * 1 = 32,3 \text{ Мпа}$$

Міцність бетону в серії з двох зразків визначають як середньоарифметичне значення міцності випробуваних зразків у серії:

$$R = \frac{22,5 + 32,3}{2} = 27,4 \text{ Мпа} = 279,4 \text{ кгс/см}^2$$

Висновок: експеримент показав, що міцність бетону вимощення складає 279,4 кгс/см, що відповідає класу бетону за міцністю на стиск В20 (Табл. 6 [1]).

3. РОЗРАХУНКОВИЙ РОЗДІЛ

3.1 Розрахунок підвального перекриття

3.1.1 Розрахунок плити перекриття

Плита перекриття є монолітною бетонною плитою без армування, залитою «по ґрунту».

Збір навантаження на плиту перекриття

Збір навантаження на плиту перекриття наведено у табл. 3.1.

Таблиця 3.1 – Збір навантажень на 1 м² плити перекриття.

Навантаження	Нормативне навантаження, кН/м ²	Коефіцієнт надійності по навантаженню,	Розрахункове навантаження, кН/м ²
	$\delta \cdot \rho$	$\gamma_{fn} \geq 1$	$Q_n \cdot \gamma_{fn}$
1. Постійне: від власної ваги: плити, $\delta = 200$ мм; $\rho = 25$ кН/м ³ ; шару цементного розчину з мармуровою мозаїкою, $\delta = 10$ мм; $\rho = 22$ кН/м ³ ;	$0,2 \cdot 25 = 5$	1,1	5,5
	$0,01 \cdot 22 = 0,22$	1,3	0,286
Усього постійне навантаження	5,22	-	5,786
2. Тимчасове	4	1,2	4,8
Всього	9,22	-	10,586

Розрахункові характеристики матеріалів

За допомогою приладу ИПС-МГ4.01 було виявлено, що підлога першого поверху виконана з бетону класу В20. Відповідно до ДБНУ [], нормативні характеристики бетону класу В15 занесені до табл.3.2.

					Аркуш
Зм.	Лист	№ докум	Підпис	Дата	

Таблиця 3.2 – Міцнісні характеристики бетону класу В15

Клас бетону	Вид бетону	Міцнісні характеристики				Eb, МПа
		R _b	R _{bt}	R _b *γ _{b2}	R _{bt} *γ _{b2}	
В15	Важкий	8,5	0,75	8,5*0,9=7,65	0,75*0,9=0,675	24000

3.1.2 Розрахунок балкової клітки підвального перекриття

Розрахунок другорядних балок

Крок другорядних балок

Необхідно визначити крок другорядних балок, що підтримують перекриття першого поверху. Представимо балочну плиту як однопрогонову шарнірно-оперту балку, на випадок, якщо в підлозі є тріщини і вона не працюватиме як багатопролітна нерозрізна балка.

З формули моменту в балці:

$$M = \frac{q_p * l^2}{8},$$

Осьовий момент опору при згинанні:

$$W = \frac{b * h^2}{6},$$

Умови:

$$\frac{M}{W} < R_{bt}$$

Отримаємо:

$$\frac{q_p * l^2}{8} / \frac{b * h^2}{6} = R_{bt}.$$

З рівняння, що вийшло, необхідно виразити l , це і буде нашим кроком другорядних балок.

$$l = \sqrt{\frac{2 * R_{bt} * b * h^2}{q_p}} \text{ м},$$

$$l = \sqrt{\frac{1,33 \cdot 0,675 \cdot 10^3 \cdot 1 \cdot 0,2^2}{10,6}} = 1,8 \text{ м.}$$

З міркувань зменшення навантаження на кожен другорядну балку приймаємо крок 1 м. Також, перевіримо балку за поперечною силою:

$$Q_{max} = \frac{q_p \cdot l}{2},$$

$$Q_{max} = \frac{10,6 \cdot 1}{2} = 5,3 \text{ кН.}$$

Перевіримо умову на дію поперечної сили для забезпечення міцності по похилій тріщині:

$$Q_{max} \leq \frac{\varphi_{b4} \cdot (1 + \varphi_n) \cdot R_{bt} \cdot b \cdot h_0^2}{c} \text{ кН,}$$

де: $\varphi_{b4} = 1,5$ (для важкого бетону);

$$c = \sqrt{\frac{M_b}{q_p}} = \sqrt{\frac{54}{10,6}} = 2,3 \text{ м;}$$

$$M_b = \varphi_{b2} \cdot (1 + \varphi_f + \varphi_n) \cdot R_{bt} \cdot b \cdot h_0^2 = 2 \cdot (1 + 0 + 0) \cdot 0,675 \cdot 10^3 \cdot 1 \cdot 0,2^2 = 54 \text{ кН} \cdot \text{м;}$$

$$\varphi_{b2} = 2;$$

$$\varphi_f = 0.$$

$$Q_{max} \leq \frac{1,5 \cdot (1 + 0) \cdot 0,675 \cdot 1 \cdot 0,2^2}{2,3} = 17,6 \text{ кН}$$

При цьому вираз $\frac{\varphi_{b4} \cdot (1 + \varphi_n) \cdot R_{bt} \cdot b \cdot h_0^2}{c}$ має бути не менше $\varphi_{b3} \cdot (1 + \varphi_n) \cdot R_{bt} \cdot b \cdot h_0 = 0,6 \cdot (1 + 0) \cdot 675 \cdot 1 \cdot 0,2 = 81 \text{ кН} \nless 17,6 \text{ кН;}$

Значить $Q_{max} \leq 81 \text{ кН, } 9,8 \text{ кН} \leq 81 \text{ кН}$ – умова виконується.

Розрахунок армування другорядної балки/

Зберемо навантаження на 1 м¹ другорядної балки:

$$q_{вб} = q_p \cdot l,$$

$$q_{вб} = 10,6 \cdot 1 = 10,6 \text{ кН/м.}$$

Призначимо розміри другорядної балки.

Висота перерізу:

$$h = \left(\frac{1}{10} \dots \frac{1}{12} \right) \cdot l,$$

$$h = \left(\frac{1}{10} \dots \frac{1}{12} \right) \cdot 6000 = 498 \dots 600 \text{ мм};$$

h кратно 50 мм. Приймаємо $h = 600 \text{ мм}$.

Ширина перерізу:

$$b = (0,3 \dots 0,4) \cdot h,$$

$$b = (0,3 \dots 0,4) \cdot 600 = 180 \dots 240 \text{ мм};$$

b кратно 50 мм. Приймаємо $b = 250 \text{ мм}$.

Підібравши перетин балки, знайдемо повне навантаження балки.

$$q_{пвб} = q_{вб} + (\gamma_{бет} \cdot b \cdot h \cdot \gamma_f),$$

$$q_{пвб} = 10,6 + (25,1 \cdot 0,25 \cdot 0,6 \cdot 1,1) = 14,74 \text{ кН/м};$$

де: $\gamma_{бет}$ – питома маса залізобетонного виробу, кН/м^3 ;

γ_f – коефіцієнт надійності за навантаженням, рівний 1,1.

За допомогою програми SCAD Office було розраховано армування другорядної балки. Розрахунок виконано відповідно до нормативів ДБНУ[1].

Конструктивне рішення:

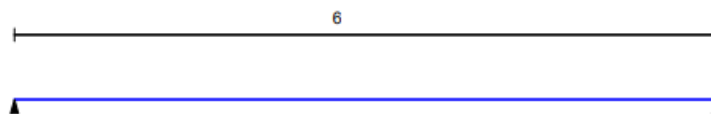
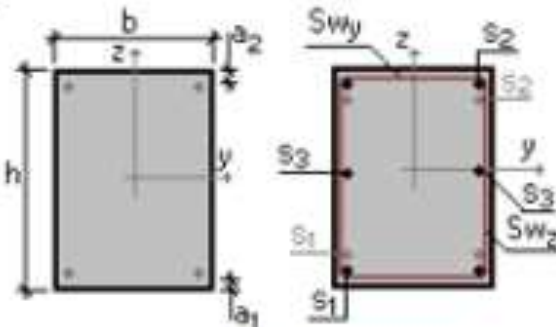


Рисунок 3.1 – Розрахункова схема.

Січення

Таблиця 3.3 – Січення.

 $b = 250 \text{ мм}$ $h = 600 \text{ мм}$ $a_1 = 20 \text{ мм}$ $a_2 = 20 \text{ мм}$				
Арматура	Клас		Коефіцієнт умов роботи	
Повздовжня	A500		1	
Поперечна	A240		1	

Задане армування

Таблиця 3.4 - Задане армування.

Ділянка	Довжина	Арматура	Січення
1	6	S1-3Ø16, Другий ряд 3Ø16. Відстань в світлі між рядами 30мм. S1-3Ø16, Другий ряд 3Ø16. Відстань в світлі уздовж осі Z 3Ø10, крок поперечної арматури 150мм.	

Бетон

Вид бетону: - важкий; Клас бетону: В20; Щільність бетону 24,525 кН/м³.

Таблиця 3.5

Коефіцієнти умов роботи для бетону		
φ_{b1}	Коефіцієнт, що враховує період навантаження	0,9
φ_{b2}	Врахування характеру руйнування	1
φ_{b3}	Врахування вертикального положення при бетонуванні	1
φ_{b4}	Врахування заморожуванн/відтавання і відємних температур	1

Вологість – 40...75%.

Тріщиностійкість.

Обмежена ширина розкриття тріщин.

Вимоги до ширини розкриття тріщин приймаються за умови безпеки арматури.

Навантаження: рівномірно-розподілене 14,74 кН/м;

Коефіцієнт надійності по навантаженню: 1,1

Коефіцієнт, що враховує тривалість прикладання навантаження: 1

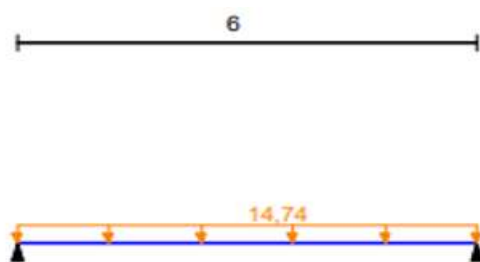


Рисунок 3.2 – Розрахункова схема в середовищі SCAD Office.

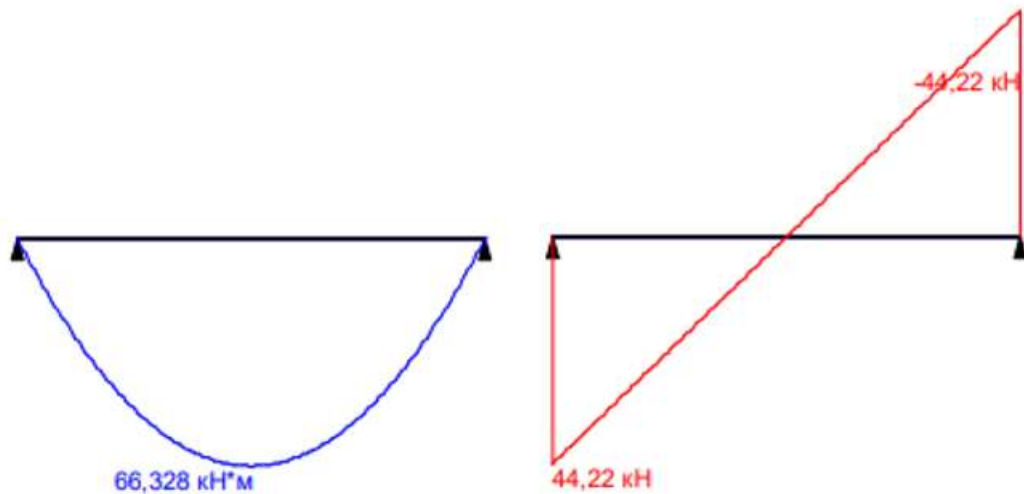


Рисунок 3.3 – Епюри максимального згинаючого моменту та перерізуючої сили у перерізі, що відповідає максимальному значенню згинаючого моменту для розрахункових значень навантажень.

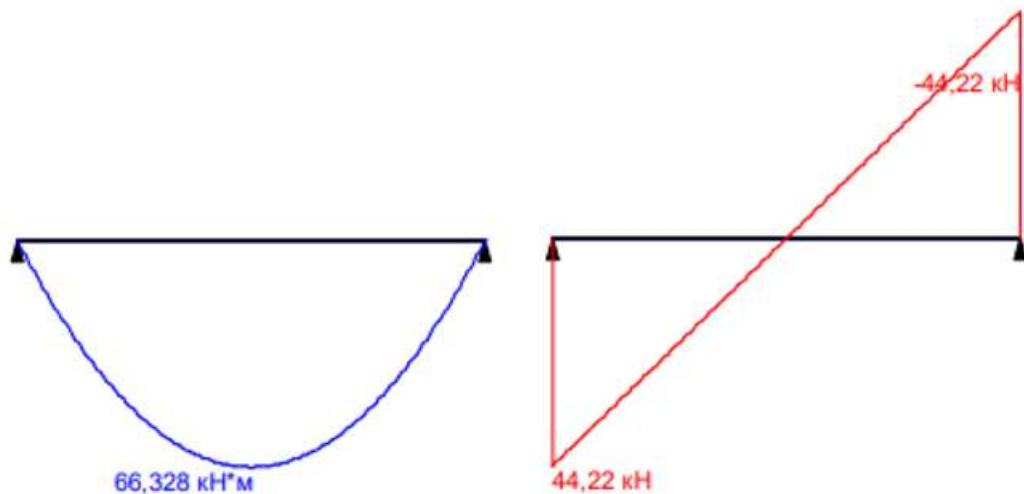


Рисунок 3.4 – Епюри мінімального згинаючого моменту та перерізуючої сили у перерізі, що відповідає мінімальному значенню згинаючого моменту для розрахункових значень навантажень.

Для нормативних значень величин навантажень M_{max} , Q_{max} та M_{min} , Q_{min} .

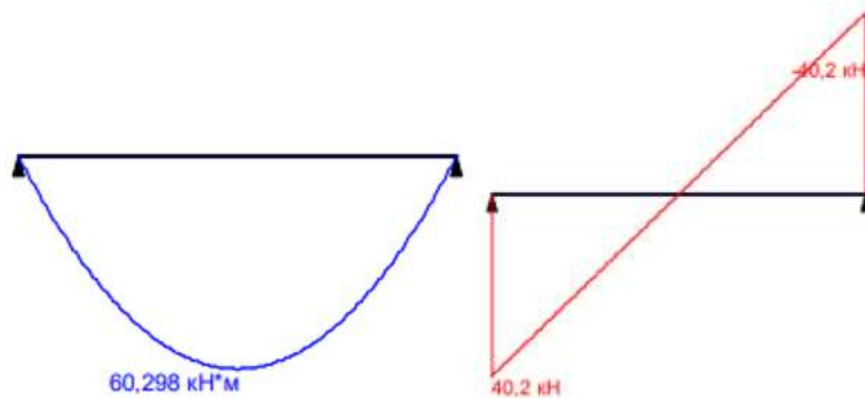


Рисунок 3.5 - Епюри максимального згинаючого моменту та перерізуючої сили у перерізі, що відповідає максимальному значенню згинаючого моменту для випадку нормативних значень навантажень.

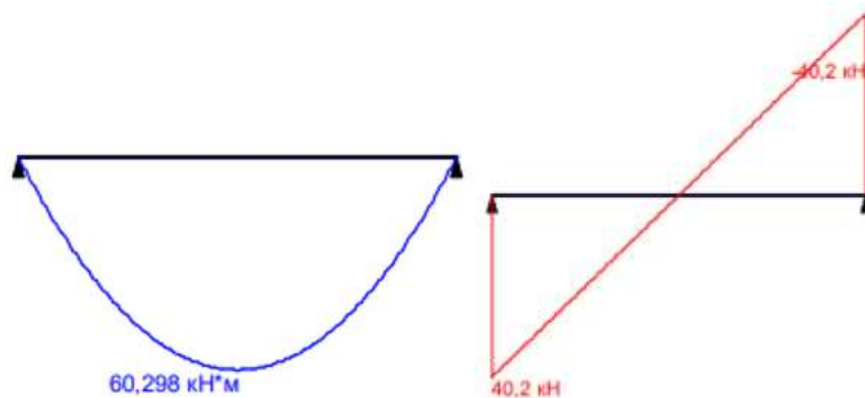


Рисунок 3.6 – Епюри мінімального згинаючого моменту та перерізуючої сили у перерізі, що відповідає мінімальному значенню згинаючого моменту для випадку нормативних значень навантажень.

Результати розрахунків зводжу до табличної форми (табл. 3.6)

			Опорні реакції	
			Зусилля в опорі 1, кН	Зусилля в опорі 2, кН
Для випадку $M_{\max}$			44,22	44,22
Для випадку $M_{\min}$			44,22	44,22
Для випадку $Q_{\max}$			44,22	44,22
Для випадку $Q_{\min}$			44,22	44,22
Результати розрахунку				
Ділянка	Коефіцієнт використання	Перевірка		
1	0,248	Міцність по граничному моменту січення		
	0,124	Деформація в стисненому бетоні		
	0,024	Деформація в розтягнутій арматурі		
	0,332	Ширина розкриття тріщин (короткочасна)		
	0,443	Ширина розкриття тріщин (довготривала)		
	0,102	Міцність по бетонній смузі між похилими січеннями		
	0,161	Міцність по похилому січенню		

Висновки.

1. В результаті аналізу оглядової інформації з даного питання встановлено, що питання влаштування підземних приміщень під існуючими будівлями має досвід практичного вирішення. Розроблено ряд технологій щодо влаштування підземних приміщень, серед них технологія «Top down».
2. Розроблена валсна методологія проведення наукових досліджень, зокрема постановка експериментальної частини, що передбачала натурні експерименти з бетонним вимощенням, влаштуванням під ним штольні, що моделює підземне приміщення та визначення деформацій прогину неармованого бетонного масиву під модельованим навантаженням.
3. Експериментально, під час геотехнічного моніторингу, визначіні фізико-механічні та будівельні властивості ґрунтової основи.
4. Експериментально встановлена марка бетону підлог, виконано демонтаж зразків неармованого бетону підлоги, виконано відбір зразків та встановлені міцнісні характеристики бетону майбутнього перекриття.
5. Запроектована залізобетонна клітка перекриття над майбутнім підземним приміщенням та виконані в середовищі Skad проектні розрахунки, обґрунтування армування балок клітки, міцнісні розрахунки.

Conclusions.

1. As a result of the analysis of survey information on this issue, it was established that the issue of arranging underground premises under existing buildings has practical solution experience. A number of technologies have been developed for arranging underground premises, among them the "Top down" technology.

2. A rolling methodology for conducting scientific research was developed, in particular, the setting up of the experimental part, which involved full-scale experiments with concrete paving, the arrangement of tunnels under it, simulating an underground room, and determining the deflection deformations of an unreinforced concrete massif under a simulated load.

3. Experimentally, during geotechnical monitoring, physical-mechanical and construction properties of the soil base are determined.

4. The brand of floor concrete was experimentally established, samples of non-reinforced floor concrete were dismantled, samples were selected and the strength characteristics of the concrete of the future floor were determined.

5. The reinforced concrete cage of the floor over the future underground room was designed and the design calculations, the justification of the reinforcement of the cage beams, and the strength calculations were performed in the Skad environment.

Список використаної літератури

1. Безлюбченко О. С. Урбаністика: навч. посібник для студентів напряму підготовки «Будівництво» / О. С. Безлюбченко, О. В. Завальний. – Харків: ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2015. – 274 с.
2. Білятинський О.А., Старовойда В.П. Проектування капітального ремонту і реконструкції доріг. –К.: Вища освіта, 2003. – 343 с.
3. Woodard D. The Kansas City underground experience. Proceedings of on Subsurface space, environment protection, low cost storage, energy savings (Rockstore'80). International Symposium, Stockholm, 1980. pp. 63-75.
4. Богацький Г. Ф. Проектирование и строительство подземных транспортных сооружений // Строительство и архитектура – К., 1975.
5. Боровик Е. М. Использование городского подземного пространства при размещении гаражем и автостоянок // XXX научная техническая конференция.
6. Волочай О. К. Подземные дороги // Строительство и реконструкция – 2002 - №11 – с 38-39.
7. Голубев Г. Е. Подземная урбанистика: Градостроительные особенности развития систем подземных сооружений. – М.: Стройиздат, 1979 – 231с.
8. Голубев Г. Е. Использование подземного пространства в крупных городах. М., ЦНТИ, 2010.
9. Гайко Г.І. Проблеми системного планування підземного простору великих міст // Вісник НТУУ «КПІ». Серія «Гірництво». Вип. 25. – Київ: НТУУ «КПІ», 2014. – С. 35 – 40.
10. ДБН В.2.2-12:2019 Планування і забудова територій – К., 2019.
11. ДБН Б.1-2--95. Система містобудівної документації. Склад, зміст, порядок розроблення, погодження і затвердження комплексних схем транспорту для міст України. – К., 1996. – 16 с.

12. ДБН В.2.3-5:2018 Вулиці і дороги населених пунктів. – К.: Держбуд України, 2018. – 51 с.
13. ДБН Б.2.2-5:2011 Благоустрій територій – К.: Держбуд України, 2011. – 51 с.
14. Етапи розвитку підземної урбаністики / Л. М. Коркушко, А. М. Плешкановська // Містобудування та територіальне планування. - 2010. - Вип. 37. - С. 227-234.
15. Заворицький В.Й. Транспорт і шляхи сполучення: Навчальний посібник. – К., 1996.
16. Коновалова Е. А. Многофункциональное использование подземного пространства города // Жилое строительство – 1991 - №11 – с 21.
17. Кудрявцев О. К. Город и транспорт. – М., Знание, 1975 – 48 с
18. Маковский Л. В. Городские подземные транспортные сооружения – М., Стройиздат, 1979 – 472с
19. Маковский Л. В. Подземные транспортные сооружения в крупных городах за рубежом: Проблемы больших городов – М., ГОСИНТИ, 1972.
20. Прогрессивные решения городских подземных сооружений. Сост. И. П. Спектор. – М, 2007
21. Солуха Б. В. Фукс Г. Б. Міська екологія. – К., КНУБА, 2004 – 338с
22. Цимбал С.Й. Підземне будівництво. – К.: КНУБА, 2004

ДОДАТКИ