

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ ІМЕНІ ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»

Міщенко Олександр Сергійович

УДК 624.1

**ОБҐРУНТУВАННЯ ПАРАМЕТРІВ МОНОЛІТНИХ ЗАЛІЗОБЕТОННИХ
КОНСТРУКЦІЙ В СКЛАДНИХ ІНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГІЧНИХ УМОВАХ**

Спеціальність 184 Гірництво (Геоінженерія мегаполіса)

Автореферат
магістерської дисертації (за професійним спрямуванням)

Київ 2019

Дисертація є рукопис.

Робота виконана на кафедрі геоінженерії Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського» Міністерства освіти і науки України.

Науковий керівник кандидат технічних наук
Вапнічна Вікторія
Вікторівна,
Національний технічний
університет України
«Київський політехнічний
інститут імені Ігоря
Сікорського», доцент кафедри
геоінженерії

Захист відбудеться «17» грудня 2019 року о 14 годині на засіданні ЕК кафедри геоінженерії у «КПІ ім Ігоря Сікорського» за адресою: 03056, м. Київ-56, вул Борщагівська, 115, ауд.511.

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність теми. На сьогоднішній день підземне будівництво є поширеним рішенням в галузі будівництва, особливо у великих містах. Підземне будівництво дає змогу раціонально використовувати територію, звільнюючи поверхню для інших об'єктів. Ці дозволяють зберегти комфортабельність земної поверхні, надати змогу будівництва споруд цивільного призначення та зберегти історичні та ландшафтні пам'ятки. Особливістю підземного будівництва в великих містах є перенесення більшості споруд, комунікацій та громадського транспорту під землю. Проте підземне будівництво є досить складним процесом, який потребує ретельного вивчення, різноманітності конструктивних рішень та безпосередньо врахування умов, в яких виконується будівництво. Не дивлячись на те, що навіть серед підземних конструкцій існує багато типових проектів, в більшості випадків вони потребують додаткових рішень та змін на стадії проектування внаслідок різноманітності та складності умов будівництва. Інженерно-геологічні умови є основним критерієм за рахунок якого розробляється проект підземного будівництва. При складних інженерно-геологічних умовах слідувати типовим проектам будівництва досить складно, тому як правило розробляються технологічні рішення, що не тільки забезпечать надійність та довговічність конструкції, але й будуть економічно-обґрунтовані. Створення технологій щодо захисту конструкції в складних інженерно-геологічних умовах є **актуальним** завданням на сьогоднішній день та постає однією з важливіших інженерних задач.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Дисертаційну роботу виконано на кафедрі геоінженерії «КПІ ім. Ігоря Сікорського» відповідно до «Загальнодержавної програми розвитку мінерально-сировинної бази України на період до 2030 року» (Закон України від 21 квітня 2011 року № 3268-VI), а також наукових досліджень кафедри і є складовою частиною НДР: «Наукові основи ресурсозберігаючих технологій гірництва та геотехнічного будівництва (№ ДР 0115U005398), в яких автор брав участь як виконавець.

Мета та задачі дослідження.

Метою роботи є забезпечення стійкості та надійності підземної конструкції на період будівництва та експлуатації в складних інженерно-геологічних умовах.

Для досягнення поставленої мети роботи вирішуються наступні задачі:

- проведення аналізу інженерно-геологічних умов, в яких залягає підземна конструкція;

- проведення аналізу обраних способів захисту конструкції від «спливання» під дією гідростатичного тиску та інших впливів ґрунтового масиву;

- вибір оптимальної технології для забезпечення надійної утримуючої сили для конструкції для протидії виштовхувальній силі гідростатичного тиску;

Об'єкт дослідження - конструкція вентиляційного вузла, що споруджується відкритим способом у міжколійному просторі перегінного тунелю метрополітену в умовах щільного обводнення.

Предмет дослідження - захист конструкції від впливів інженерно-геологічних умов, в особливості дії вертикального гідростатичного тиску води на нижню частину конструкції.

Методи дослідження. При вирішенні поставлених в роботі завдань використано наступні методи досліджень: метод аналізу відомих способів проектування та спорудження підземних конструкцій відкритим способом, метод розрахунку підземної конструкції на «спливання» під дією гідростатичного тиску, метод моделювання напружень в конструкції під дією впливу ґрунтового масиву, техніко-економічне обґрунтування доцільності обраних технологічних рішень та обґрунтування їх впровадження.

Практичне значення отриманих результатів полягає в наступному:

- обґрунтовані обрані заходи щодо захисту конструкції, що споруджується відкритим способом за допомогою попередньо спорудженого котловану, в залежності від інженерно-геологічних умов .
- обрано раціональне технологічне рішення щодо захисту від впливу навантажень та «спливання» конструкції під впливом гідростатичного тиску.
- надано рекомендації щодо реалізації на основі техніко-економічного обґрунтування.

Особистий внесок здобувача. Основні результати та положення дисертаційної магістерської роботи, які виносяться на захист, отримані автором самостійно: [1] – проведено аналіз інженерно-геологічних умов місцевості будівництва; [2] – проведення моніторингу основних проблем, що виникають на стадії проектування об'єкту дослідження.

Апробація результатів дисертаційної роботи. Основні положення магістерської дисертації доповідалися на науково-технічних конференціях: міжнародна науково-технічна конференція «Проблеми геоінженерії та підземної урбаністики» (м. Київ, 2019) та на другій науково-технічній конференції магістрантів ІЕЕ присвяченій пам'яті професора Василя Миколайовича Винославського (за результатами дисертаційних досліджень магістрантів) (м. Київ, 21-22 листопада 2019 р.).

Структура і обсяг дисертації.

Магістерська дисертація складається із вступу, чотирьох розділів, висновків, списку використаних джерел, який містить 37 найменувань. Основний текст викладено на 97 сторінках друкованого тексту, містить 38 рисунків та 3 таблиці.

ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

У вступі обґрунтовано актуальність обраної теми, висунуто основні проблеми, на базі яких сформульована мета завдання, об'єкт і предмет досліджень, наведено методику досліджень та вишукувань, наведення приклади їх вирішення, проведений стислий аналіз основних відомостей роботи та сучасної проблематики в цілому.

У першому розділі проведено аналіз та класифікацію притунельних споруд, їх призначення та застосування. Також розглянуто основні способи будівництва підземних конструкцій відкритим способом та доцільність їх використання в залежності від умов.

Наведена основна проблематика впливу інженерно-геологічних умов на підземні конструкції в цілому. Розглянуто види навантажень, що враховуються під час будівництва та загальні нормативні документи для їх вивчення та розрахунку.

Представлено аналіз заходів, що забезпечують захист підземної конструкції від впливу ґрунтових вод та обґрунтовано доцільність кожного із них. Розглянуті переваги та недоліки технологічних рішень щодо використання заходів.

Розглянуті три основні способи спорудження підземних конструкцій відкритим способом та проведений загальний опис раціональності їх використання. В якості прикладів були розглянуті способи:

- спосіб спорудження підземних конструкцій за допомогою котлованів;
- спосіб спорудження конструкцій за допомогою траншей;
- спосіб спорудження за допомогою тимчасового пересувного кріплення;
- сучасний спосіб спорудження котловану, який передбачає застосування анкерного кріплення замість розстрілів.

Були проаналізовані загальні нормативні вимоги щодо спорудження об'єкту дослідження, який включає в себе норми і правила спорудження метрополітенів; нормативні вимоги щодо спорудження залізобетонних конструкцій; вимоги щодо розрахунку навантаження і впливів; а також розрахунків, на базі яких обираються заходи щодо забезпечення надійності та довговічності конструкцій; загальні вимоги щодо пожежної безпеки; вимоги з техніки безпеки працюючого персоналу та охорони праці; норми будівництва за типом сейсмічної зони та безпосередньо нормативні вимоги щодо складу та оформлення проектної документації в проектах організації будівництва. Був наданий стислий опис кожного нормативного документа та, орієнтуючись на них, висунуті основні положення щодо спорудження об'єкту дослідження з виконанням всіх необхідних вимог, яких він повинен дотримуватися під час проектування та виконання будівельних робіт.

Загальні нормативні вимоги будівництва опираються на ДБН В.2.3-7-2010 «Споруди транспорту. Метрополітени».

У другому розділі був проведений аналіз інженерно-геологічних умов будівництва та зроблено опис проблем, пов'язаних з ними.

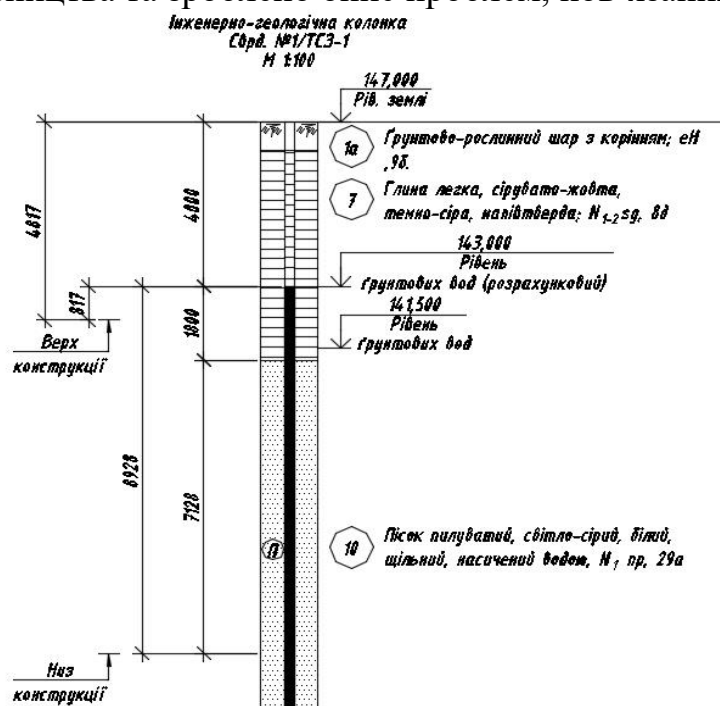


Рисунок 1 - Інженерно-геологічна колонка з характеристиками ґрунтів місцевості будівництва

В результаті вишукувань виявлено, що ґрунтовий масив складається із трьох шарів ґрунту, першим з яких виступає ґрунтово-рослинний шар з корінням, що підлягає екскавації, легка глина та насичений водою пілуватий пісок. Рівень ґрунтових вод знаходиться на невеликій від поверхні глибині, а розрахунковий рівень ґрунтових вод приймається на 1,5 м вище від фактичного, для урахування перепадів сезонних впливів. Вентиляційний вузол, що є об'єктом дослідження, знаходиться нижче рівня ґрунтових вод, тому спорудження буде відбуватися в умовах щільного обводнення. Було наведено загальні кліматичні умови території будівництва, надано загальні дані щодо сейсмічної активності в місті Київ, описано загальний спосіб проектування як конструкції, так і її будівництва. Всі конструктивні рішення та технології були обрані з дотриманням нормативних вимог.

Вентиляційний вузол споруджується у яру, по тальвегу якого протікає струмок під назвою Брод. Перед початком робіт зі спорудження будмайданчику приймається рішення щодо відведення струмка від території будівництва, змінивши його русло за допомогою трубопроводів великого діаметру. Після цього безпосередньо починають спорудження котловану. На проектну ширину, з урахуванням відхилення від проектного положення споруджується «стіна в ґрунті», яка в подальшому буде нести роль несучих конструкцій. Конструкція котловану передбачає собою розробку ґрунту в три яруси, в яких в якості тимчасового кріплення монтуються ростверки та відкоси із металевих труб. Також передбачається спорудження поясів кріплення. Розробка котловану до проектної відмітки включає спряження робіт від розробки котловану, до демонтажу блоків тунелю, що був споруджений за окремим проектом і споруджувався щитовим способом.

Наведено загальні дані щодо підготовчого етапу робіт, в якому передбачається підготовка місцевості до будівництва, спорудження будівельного майданчику, допоміжних та обслуговуючих об'єктів на будівництві, тощо.

Розглянуто одне із основних технологічних рішень щодо проектування конструкції, а саме рішення щодо заходу проти «спливання». Для спорудження конструкції за цією технологією, лоткова плита конструкції розширюється, утворюючи пазухи між «стіною в ґрунті» та стінами вентиляційного вузла. Ця технологія дозволяє збільшити масу конструкції, що в теорії повинна створити утримуючу силу в якості протидії гідростатичного тиску.

Підраховано строки будівництва конструкції на основі нормативних документів, в яких вказані теоретичні строки виконання будівельних робіт.

Також було надано детальний опис технології спорудження, надані схеми виймання блоків оправ перегінних тунелів, проаналізовано виконання робіт по етапам бетонування та завершенню будівельних робіт.

Було надано опис гідроізоляції конструкції, правила її виконання та захисту від фізичних пошкоджень.

Третій розділ включає в себе технологічні рішення щодо спорудження вентиляційного вузла на основі математичних розрахунків та моделювання напружень у конструкції за допомогою програмного забезпечення SCAD. Виконується наступний перелік завдань:

- розрахунок тимчасових та постійних навантажень, що діють на конструкцію;
- моделювання напружень під впливом навантажень ґрунтового масиву та власної ваги конструкції за допомогою програмного забезпечення SCAD;

- Підбір арматури для забезпечення сприймання навантаження за допомогою програмного забезпечення SCAD;
- розрахунок конструкції на «спливання» за обраною технологією заходу збільшення протидії гідростатичному тиску конструкції;
- розрахунок утримуючої сили конструкції за технологією спорудження бетонних шпонок;
- розрахунок утримуючої сили конструкції за технологією застосування анкерного кріплення;
- вибір більш оптимальної технології на основі отриманих результатів.

Моделювання у програмному забезпеченні SCAD виконувалося для розрахунку навантажень, що діють на конструкцію, створення моделі деформацій та розрахунку для підбору необхідної арматури.

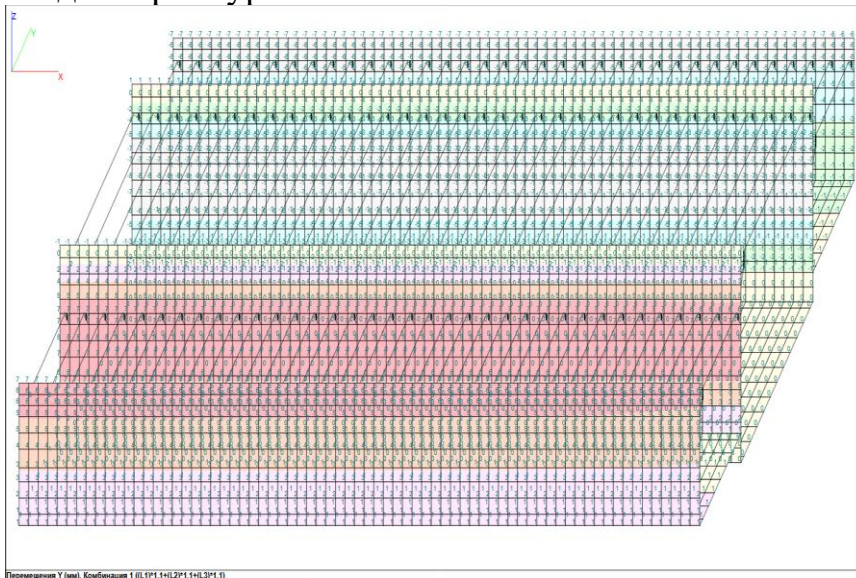


Рисунок 2 – Розрахункова схема деформацій конструкції по осі Y

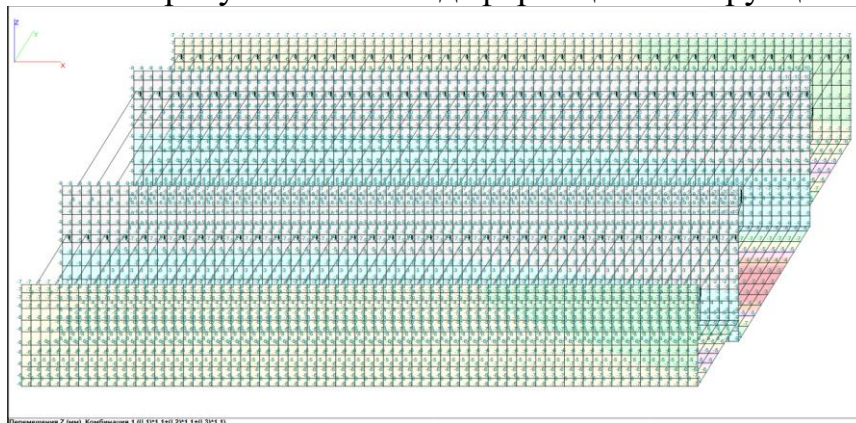


Рисунок 3 – Розрахункова схема деформацій конструкції по осі Z

У четвертому розділі наведені основні фактори доцільності використання технології спорудження заходу проти «спливання» на анкерному кріпленні, його переваги і недоліки, а також сфера застосування в майбутніх проектах будівництва.

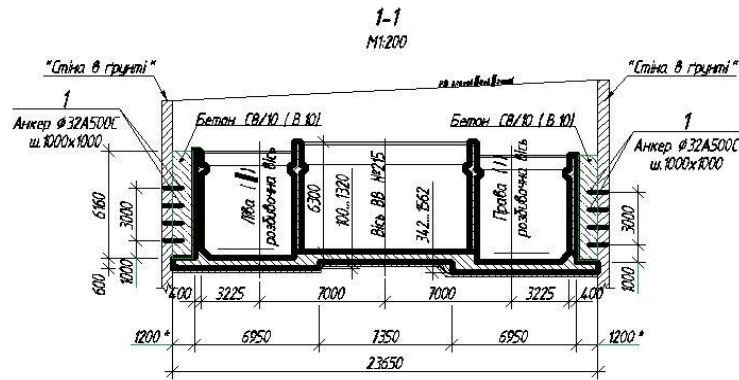


Рисунок 3 - Схема поперечного перерізу вентиляційного вузла із обраним заходом проти «спливання»

Якщо говорити про конкретні заходи проти «спливання» конструкції в цілому, то в більшості випадків вони обираються в залежності від умов будівництва і не є типовими проектами. В цілому це є комплекс робіт щодо збільшення ваги та площі конструкції. Рішення може мати різний характер – збільшення товщин зовнішніх граней елементів конструкції, в особливості лоткової плити, влаштування залізобетонних паль в підшву конструкції, посилення залізобетонних, використання спеціальних фундаментів тощо. Всі ці заходи впливають з техніко-економічного обґрунтування та мають базуватися не тільки на корисних характеристиках, але і безпосередньо обґрунтовувати своє застосування в тих чи інших конструкціях.

Суть технології заходу проти спливання за рахунок створення пазух між конструкцією та влаштування в них бетону на анкерному кріпленні полягає в тому, що заповнені пазухи між «стіною в ґрунті» та стінами конструкції збільшують об'ємну масу конструкції. Так як бетон в пазухах не має порот, то маса конструкції збільшиться пропорційно об'ємній масі бетону. Однак, виходячи з розрахунків з'ясувалося, що збільшення маси методом заповнення пазух недостатня, тому було вирішено використати анкерне кріплення, для з'єднання всієї конструкції зі «стіною в ґрунті». За рахунок цього, обидві конструкції починають приймати навантаження як єдина конструкція. Розрахунок показав, що за такого рішення умова виконується і утримуюча сила тепер є більша, ніж відштовхувальна.

Також в розділі розглядається техніко-економічне обґрунтування стартап-проекту, яке в першу чергу ставить питання кошторисної вартості технології.

Таблиця 1 - Результати розрахунку вартості будівництва

	Кошторисна вартість, грн.	Термін виконання, діб.	Кошти на матеріали, грн
Вартість проекту без врахування технології проти спливання	21893866,8	510	19682002,0
Вартість проекту з технологією проти спливання	22113465,0	533	15452,5

Результати, наведені в таблиці, дозволяють зробити наступні висновки:

- застосування технології заходу проти «спливання» в даному випадку займає лише приблизно 1% від всієї вартості будівництва, що має свою економічну доцільність у цьому випадку;
- термін виконання робіт збільшується, адже основною причиною є не процес заповнення пазух бетоном, а термін набирання ним необхідної міцності;
- на відміну від способу утворення шпонок, є менш трудомістким процесом, так як буріння шпурів під анкери проходить швидше ніж штрубування «стіни в ґрунті».
- технічно вигідний спосіб, на відміну від утворення шпонок, так як штрубування, хоча і не серйозно, але порушує фізичні властивості «стіни в ґрунті», що може спричинити мікротріщини в подальшому.

В інженерній практиці як правило намагаються уникати штрубування залізобетонних конструкцій, що є ще однією перевагою на користь методики анкерування.

Опираючись на інженерно-геологічні умови будівництва, в особливості на характеристики ґрунтів та вплив ґрунтових вод, можна сказати, що в даному випадку технічне рішення має найбільш раціональне використання і може бути застосовується в майбутньому для захисту від «спливання» споруд інших проектів.

ВИСНОВКИ

Магістерська дисертація є завершеною інженерно-дослідною роботою, в якій на основі вихідних даних про інженерно-геологічні та гідрогеологічні умови, характеристику умов будівництва та конструктивні рішення було обрано найбільш оптимізований та економічно-вигідний в рамках будівництва спосіб захисту конструкції від впливу гідростатичного тиску.

Основні практичні результати роботи:

- під впливом гідростатичного тиску може відбутися деформація та навіть зміщення конструкції за рахунок виштовхувальної сили.

- за результатами розрахунку конструкції на «спливання» було обране найбільш оптимальне рішення, що являє собою захід проти «спливання» методом заповнення пазух бетоном з анкерним кріпленням;
- за даних об'ємів будівництва, дана технологія не несе за собою великого економічного навантаження, проте може дорого коштувати менш масштабним проектам.

СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

1. Міщенко О.С. Огляд способів спорудження тунелів в умовах високого рівня ґрунтових та підземних вод // О.С. Міщенко, В.В. Вапнічна / Матеріали міжнародної науково-технічної конференції «Проблеми геоінженерії та підземної урбаністики». Зб. наук. праць. Вип. 2. – Київ: Видавництво «Політехніка» КПІ ім. Ігоря Сікорського», 2019. – С. 96–98.
2. Міщенко О.М. Особливості захисту підземних конструкцій проти спливання // О.М. Міщенко / Збірник матеріалів ІІ науково-технічної конференції магістрантів ІЕЕ пам'яті професора Василя Миколайовича Винославського (за результатами дисертаційних досліджень магістрантів). - Київ. - 21-22 листопада 2019 року. - С. 34-36.

АНОТАЦІЯ

Міщенко О.С. Обґрунтування параметрів монолітних залізобетонних конструкцій в складних інженерно-геологічних умовах. – рукопис.

Магістерська дисертація за спеціальністю 184 ґірництво (Геоінженерія мегаполіса). – Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського» МОН України, Київ, 2019.

Дисертацію присвячено вибору оптимальної технології для створення утримуючої сили для протидії впливу гідростатичного тиску, що діє на лоткову плиту конструкції.

Обґрунтовано обраний спосіб захисту конструкції від гідростатичного тиску, зроблено аналіз його переваг та недоліків, проведено техніко-економічне обґрунтування та визначено доцільність застосування цього способу в даних умовах та в майбутніх проектах будівництва.

На основі моделювання та розрахунків було обране оптимальне конструктивне рішення щодо захисту конструкції від впливу масиву ґрунту та ґрунтових вод. Надано рекомендації щодо впровадження технології в інших проектах підземного будівництва.

Ключові слова: спорудження, вентиляційний вузол, інженерно-геологічні умови, конструкція, гідростатичний тиск, ґрунтові води, навантаження.

ANNOTATION

Mishchenko OS Substantiation of parameters of monolithic reinforced concrete structures in difficult engineering-geological conditions. - manuscript.

Master's Thesis in specialty 184 Mining (Geoengineering of the metropolis). - National Technical University of Ukraine "Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute", MES of Ukraine, Kyiv, 2019.

The dissertation is devoted to the choice of optimum technology for creating a holding force to counteract the influence of hydrostatic pressure acting on the tray plate of the structure.

The chosen method of protection of the structure from hydrostatic pressure is substantiated, the analysis of its advantages and disadvantages, the feasibility study is carried out and the expediency of using this method in these conditions and in future construction projects is determined.

On the basis of modeling and calculations, the optimal design solution was chosen to protect the structure from the impact of the soil and groundwater massif. Recommendations are given for the implementation of technology in other underground construction projects.

Keywords: construction, ventilation unit, geological engineering conditions, design, hydrostatic pressure, groundwater, load.