

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

Адаменко Іван Андрійович

УДК 624.1

**ОБГРУНТУВАННЯ КОНСТРУКТИВНИХ ЗАХОДІВ  
ЗАХИСТУ ПІДЗЕМНОЇ СПОРУДИ З УРАХУВАННЯМ  
МІЦНІСНИХ ПАРАМЕТРІВ**

Спеціальність 184 Гірництво (Геотехнічне і міське підземне  
будівництво)

Автореферат  
магістерської дисертації (за професійним спрямуванням)

Київ 2018

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 <b>Шайдецька Любов Валентинівна,</b> Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського», старший викладач кафедри геоінженерії

Захист відбудеться «\_\_\_» грудня 2018 року о \_\_\_ 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 будь-яке колись невелике місто може потенційно стати містом великим або ж мегаполісом. Щільні міські забудови з'являються дуже стрімко і поглинають великі кількості раніше вільних територій, що призводить до загострення питань інфраструктури міста, погіршення екологічної ситуації та викликає необхідність у пошуках нових місць під забудову. Тому сучасне будівництво майже неможливе без дослідження, вивчення та освоєння додаткової території під будівлями.

Відповідно до сучасних досліджень, у більшості випадків підземні споруди, беручи до уваги досить високу їх вартість, стають найбільш оптимальним рішенням багатьох питань функціонування сучасного міста. Якщо під час проектування правильно оцінити потенціал території у глибину, то можна досягнути розміщення під землею до 60-70 % гаражних і складських приміщень, близько 40-50 % архівів та сховищ будь-якого призначення та різноманітних об'єктів сфери послуг. За прогнозами спеціалістів саме розвиток підземного будівництва буде найбільш актуальним у наступні роки ХХІ сторіччя.

При проектуванні таких об'єктів слід забезпечувати найбільш повне використання несучої здатності і деформативності ґрунтів основи та фізико-механічних властивостей матеріалів фундаментів і підземних конструкцій. Містобудівний досвід закордонних спеціалістів показує, що для комфортного життя та забезпечення стійкості споруд у містах на підземне будівництво має відводитись близько 20-30% від загальної площі нового об'єкту. Ситуація у країнах СНД поки що відрізняється – використовується близько 5-8 % територій новобудов у якості підземного будівництва, тому розвиток та освоєння підземних територій є **актуальною** інженерно-практичною задачею.

**Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами.** Дисертаційну роботу виконано на кафедрі геоінженерії «КПІ ім. Ігоря Сікорського» відповідно до плану 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 розробка обґрунтування конструктивних заходів під час будівництва підземних споруд для їх захисту з урахуванням міцнісних параметрів.

Для досягнення поставленої мети були сформульовані наступні основні задачі досліджень:

- аналіз наукових робіт у досліджуваній області, визначення проблем існуючих методів захисту, рішення яких дозволить будувати більш економічно вигідні і ефективні конструкції захисту різного призначення;
- аналіз лабораторних досліджень з визначення інженерно-геологічних умов та фізико-хімічних властивостей ґрунтів на території об'єкту будівництва, що розглядається;
- проведення розрахунків впливу стандартних впливів та поєднання навантажень, що виникли в результаті змодельованої ситуації, на існуючий та покращений варіант захисної конструкції;
- вибір параметрів конструкції стін, які будуть задовольняти умову несучої здатності елемента.

*Об'єктом дослідження є конструкція захисту від навантажень різної величини та характеру походження.*

*Предметом дослідження є несуча здатність огорожуючої конструкції в залежності від виду конструктивного захисту.*

**Методи дослідження.** Методологічну основу досліджень складає комплексний підхід, який включає аналіз літературних джерел, науково-технічних досягнень і виробничого досвіду з тематики досліджень, аналіз та узагальнення відомих результатів практичного досвіду при проектуванні та розрахунках фундаментів з урахуванням впливів від різноманітних джерел та метод техніко-економічного аналізу вартості конструкцій для обґрунтування нової розробки.

**Практичне значення отриманих результатів** полягає в наступному:

- обґрунтовано покращення конструкції елементів фундаменту підземної споруди з метою збільшення міцнісних параметрів для запобігання руйнування конструкції під впливом різних джерел навантажень.

- встановлено ефективні заходи щодо покращення роботи огорожуючої конструкції паркінгу з метою зменшення матеріалоємності конструкції.

- надано рекомендації до реалізації відповідно до техніко-економічного обґрунтування.

**Особистий внесок здобувача.** Основні результати та положення дисертаційної магістерської роботи, які виносяться на захист, отримані автором самостійно.

**Апробація результатів дисертаційної роботи.** Основні положення магістерської дисертації доповідалися на міжнародній науково-технічній конференції: Науково-технічна конференція "Проблеми геоінженерії та підземної урбаністики"(м. Київ, Україна, 2018);

#### **Структура і обсяг дисертації.**

Магістерська дисертація складається із вступу, п'яти розділів, висновків, списку використаних літературних джерел, який містить найменувань. Основний текст викладено на сторінках друкованого тексту, містить рисунків, таблиць.

### **ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ**

**У вступі** обґрунтовано актуальність обраної теми, сформульовано мету, завдання, об'єкт і предмет досліджень, наведено методи проведення досліджень, показано практичне значення отриманих в дисертації результатів, наведено дані про впровадження результатів роботи, їх апробацію.

**У першому розділі** проведено ознайомлення з нормативними документами, які стосуються проектування та будівництва підземних споруд або конструкцій основ будівель.

Розглянуто класифікації за категорійністю та класом наслідків будівель, наведені офіційні вимоги та рекомендації щодо проектування будівель, споруд та їх основ за різних інженерно-геологічних умов. Наведені відомості про попередній захист котлованів від зсувів ґрунту, що можуть бути спровоковані тиском від існуючих сусідніх будівель в умовах забудови міста чи проникненням води крізь стіни котловану.

Представлено огляд наукових робіт, які висвітлюють практику проектування і будівництва споруд в умовах щільної міської забудови з використанням різних методів захисту оточення та самого об'єкту будівництва від зовнішніх впливів.

Враховуючи проведений аналіз розглянутих проблем були сформульовані мета і задачі роботи.

**У другому розділі** описано проведення геодезичних та інженерно-геологічних вишукувань в районі запланованого будівництва об'єкту.

Результати інженерно-геологічного аналізу території показують, що ділянка під будівництво знаходиться в межах зандрової рівнини. У геологічній будові приймають участь піщано-глинисті відклади, що залягають на розмитій поверхні неогенових порід полтавської світи. На поверхні повністю переважають утворені техногенні ґрунти. Геологічна будова ділянки майбутнього паркінгу характеризується перешаровуванням пісків, супісків, суглинків та глин. Піски за механічним складом, різної крупності – від пилюватих до середньої крупності, за щільністю – від середньої щільності до щільних. Супіски, в більшості, у пластичному стані, сильно запісковані. Місцями, консистенція супісків близька до плинної. Суглинки верхньої частини розрізу містять включення жорсткої кристалічних порід. З поверхні розповсюджені насипні ґрунти. Потужність насипних ґрунтів досягає 1.5÷1.8м.

Водоносний комплекс безнапірний. Його рівень, в залежності від відміток поверхні землі, був зафіксований на глибинах ~ 8.5-9.1 метрів.

Спорудження паркінгу виконується із збірно-монолітних елементів. Основними несучими елементами є палеві

фундаменти, стіни та перекриття. Відповідно з технічним завданням для будівництва паркінгу передбачено використання пальового фундаменту з відміткою вістря палі 154.1-151.05 м. На відповідних глибинних відмітках яскраво виражений несучий шар не виявлено, що викликає конструктивні зміни у довжині паль і рекомендується виконання додаткових інженерно-геологічних робіт для уточнення характеру залягання ґрунтів основ.

Шпунтове огородження рекомендується застосувати у зв'язку з можливістю підтоплення котловану і, в подальшому, підвального приміщення «верховодкою». Наведено рекомендовані додаткові водозахисні заходи

**У третьому розділі** описується технологія та організація виконання робіт під час будівництва підземного паркінгу.

На основі відповідних даних наводиться основна розрахункова схема і за допомогою спеціалізованого геотехнічного програмного забезпечення Plaxis 2D виконується розрахунок. За встановленим алгоритмом програмного забезпечення було отримано результати, відповідно яких можна зробити наступні висновки.

Переміщення підземної споруди у першому варіанті із врахуванням ґрунтового масиву в загальному значенні становить 1,8 см, що задовольняє умови розрахунку за другою групою граничних станів, а максимальне значення моментів у споруді від зібраних навантажень становить  $M_{22\_max} = 207,97 \text{кНм/м}$ . Осадка споруди є в межах гранично допустимих норм. Другий варіант розрахунку розглядає використання шпунтового огородження із залізобетону і показує, що загальні переміщення ґрунтів під тиском споруди і огородження коливаються в межах 2-2,2 см, що також задовольняє умову розрахунку за другою групою граничних станів. Незначне збільшення загальних переміщень компенсується меншим горизонтальним тиском на саму підземну конструкцію паркінгу і більш стабільним станом оточуючих ґрунтів. Максимальні показники моментів у споруді -  $M_{22\_max} = 194,96 \text{кНм/м}$ . У захисному огороженні вигинаючі

моменти за розрахунком показують значення  $-0,99996кНм/м$ . Розрахунок третього варіанту демонструє ще більше покращення результату за загальними переміщеннями підземної споруди у оточуючому масиві – 1,7-1,9 см. Розрахункове значення моментів у споруді знизилось на 4,1% в порівнянні з попереднім варіантом -  $M_{22\_max} = 186,8кНм/м$ , що також становить майже 10% зменшення порівняно з першим варіантом розрахунку без шпунтового огородження. Звертається увага на те, що підбір кута нахилу захисного огородження може сприяти перерозподілу горизонтальних навантажень і їх перенаправленню у глиб ґрунтового масиву. Проте зміна кута нахилу відповідно розрахункової схеми збільшує довжину шпунтового огородження, що у свою чергу збільшує матеріалоемність конструкції. Тому було обрано вихідні дані для формування четвертого варіанту розрахункової схеми з використанням шпунтового огородження із сталевого профілю з глибиною закладання не нижче глибини дна котловану підземної споруди паркінгу. Загальні переміщення коливаються у діапазоні від 1,4 см до 1,6 см, моменти у підземній споруді показують значення  $M_{22\_max} = 185,91кНм/м$ , що розцінюється як позитивний показник у порівнянні із попереднім варіантом. Розподіл горизонтальних навантажень від оточуючих ґрунтів проходить схожим чином, як у третьому варіанті розрахунків. Такий результат змодельованої ситуації свідчить про те, що підібравши правильний кут нахилу і довжину шпунтового огородження можна контролювати напружено-деформований стан території під час будівництва чи експлуатації об'єкта залежно від початкових умов, а також зменшити матеріалоемності як конструкції підземної споруди, так і захисних елементів.

**Четвертий розділ** роботи присвячено удосконаленню конструктивного рішення захисту стін паркінгу. Захисну шпунтову стінку запропоновано розташувати під кутом до основної несучої конструкції. За результатами розрахунків третього розділу виконується техніко-економічне обґрунтування з рекомендаціями до впровадження удосконаленого



конструктивного рішення захисту стін підземних будівель та споруд.

Основна ідея полягає у зменшенні горизонтального навантаження на стіну підвального приміщення від активного тиску ґрунту за рахунок прийняття правильного кута нахилу зовнішньої захисної конструкції відповідно до природного кута нахилу і фізичних характеристик ґрунту основного прошарку.

Використання такого рішення при будівництві чи експлуатації підземних споруд дозволяє:

1. Контролювати розподіл горизонтальних навантажень ґрунтів основ.
2. Зменшувати матеріалоємність конструкційних елементів майбутніх споруд за рахунок контролю напружено-деформованого стану оточуючих ґрунтів.
3. Створити економічний ефект від впровадження ідеї у розмірі близько 48 432 грн. за 1 м.п. огорожуючої конструкції.

## ВИСНОВКИ

Магістерська дисертація є завершеною інженерно-дослідною роботою, в якій на основі вихідних даних про інженерно-геологічні, гідрогеологічні умови та характеристику умов будівництва було:

- проаналізовано наукову літературу на тему проблем будівництва в умовах щільної забудови, класифікації будівель та споруд за категорійністю та класом наслідків, відомостей про попередній захист котлованів від зсувів ґрунту, що можуть бути спровоковані різними природними або техногенними джерелами;

- описано проведення інженерно-геологічних вишукувань на території об'єкту, відповідно до технічного завдання розглянуто конструктивні рішення щодо елементів підземної споруди;

- на основі вихідних даних сформовано основну розрахункову схему для визначення характеру поведінки

грунтового масиву відносно підземної споруди і наведено 3 додаткових варіанти схем розрахунку з використанням шпунтового огородження. Результати свідчать, що в усіх варіантах розрахунку виконуються основні умови розрахунку за першою та другою групами граничних станів. У першому варіанті переміщення споруди становлять 1,8 см, значення моментів -  $M_{22\_max} = 207,97 \text{кНм} / \text{м}$ . У другому варіанті переміщення споруди - 2-2,2 см, значення моментів -  $M_{22\_max} = 194,96 \text{кНм} / \text{м}$  (на 6,3% менше, ніж у першому варіанті). Переміщення споруди у третьому варіанті - 1,7-1,9 см, розрахункові моменти  $M_{22\_max} = 186,8 \text{кНм} / \text{м}$  (на 4,1% краще за другий варіант і на 10% за перший). В останньому варіанті переміщення 1,4-1,6 см, максимальні значення моментів  $M_{22\_max} = 185,91 \text{кНм} / \text{м}$ .

- виходячи із результатів розрахунків визначено, що конструктивне рішення розташування шпунтової стінки огородження із сталевого профілю під кутом дозволить не тільки контролювати розподіл горизонтальних навантажень ґрунтів основ залежно від підбраного кута нахилу, а й зменшити матеріалоємність захищеної підземної споруди і отримати економічний ефект від впровадження ідеї у розмірі 48 432 грн. за 1 м.п. огорожуючої конструкції.

## СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

1. Адаменко І. А. Шайдецька Л.В. Узагальнення класифікації динамічних навантажень у підземному міському будівництві/ І. А. Адаменко, Л.В. Шайдецька / Міжнародна науково-технічна конференція «Проблеми геоінженерії та підземної урбаністики» для студентів, аспірантів і молодих вчених, Київ, Україна, 2018 р.
2. Адаменко І. А. Шайдецька Л.В. Гідроізоляція підземних конструкцій як один із способів здешевлення підземного

будівництва/ І. А. Адаменко, Л.В. Шайдецька / Інтеграція світових наукових процесів як основа суспільного прогресу: Матеріали II Міжнародної науково-практичної конференції (м. Київ, 23–24 листопада 2018 р.) / ГО «Інститут інноваційної освіти»; Науково-учбовий центр прикладної інформатики НАН України. – Київ : ГО «Інститут інноваційної освіти», 2018. – 252 с.

## АНОТАЦІЯ

**Адаменко І.А. Обґрунтування конструктивних заходів захисту підземної споруди з урахуванням міцнісних параметрів.**

Магістерська дисертація за спеціальністю 184 ґрництво (Геотехнічне і міське підземне будівництво). – Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського» МОН України, Київ, 2018.

Дисертацію присвячено обґрунтуванню конструктивних заходів захисту підземної споруди від горизонтальних навантажень під час будівництва або експлуатації споруди з урахуванням матеріалоємності різних варіантів захисту на основі приведених результатів розрахунків змодельованих ситуацій.

*Ключові слова:* підземний паркінг, ґрунтова основа, горизонтальні навантаження, конструкція, шпунтове огородження, захисні заходи.

## АННОТАЦИЯ

**Адаменко И.А. Обоснование конструктивных мер защиты подземного сооружения с учётом прочностных характеристик.**

Магистерская диссертация по специальности 184 горное дело (Геотехническое и городское подземное строительство). Национальный технический университет Украины «Киевский политехнический институт имени Игоря Сикорского» МОН Украины, Киев, 2018.

Диссертацию посвящено обоснованию конструктивных мер защиты подземного сооружения от горизонтальной нагрузки во время строительства или эксплуатации сооружения с учётом материалоемкости разных вариантов защиты на основе приведения результатов расчётов смоделированных ситуаций.

*Ключевые слова:* подземный паркинг, грунтовая основа, горизонтальные нагрузки, конструкция, шпунтовое ограждение, защитные меры.

## ABSTRACT

**Adamenko I.A. Justification of constructive measures for the protection of underground structures, taking into account the strength characteristics.**

Master's dissertation on the specialty 184 Mining (Geotechnical and Urban underground construction). National Technical University of Ukraine “Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute”, Ministry of Education and Science of Ukraine, Kiev, 2018.

The thesis is devoted to the substantiation of constructive measures to protect the underground building from horizontal load during the construction or operation of the structure, taking into account the material consumption of various protection options based on the results of calculations of simulated situations.

*Key words:* underground parking, soil base, horizontal loads, construction, sheet piling, protective measures.