

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

Кучер Сергій Анатолійович

УДК 624.1

ОБҐРУНТУВАННЯ ПІДТРИМУЮЧОЇ КОНСТРУКЦІЇ КРІПЛЕННЯ
КОТЛОВАНУ ПРИ БУДІВНИЦТВІ СТАНЦІЇ МЕТРОПОЛІТЕНУ

Спеціальність 184 «Гірництво»

Спеціалізація «Геотехнічне і міське підземне будівництво»

Автореферат
магістерської дисертації професійного спрямування
на здобуття наукового ступеня магістра

Київ – 2018

Дисертацією є рукопис
Роботу виконано у Національному технічному університеті України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського» Міністерства
освіти і науки України на кафедрі геоінженерії

Науковий керівник:

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

Захист відбудеться « » грудня р. о годині на засіданні ДЕК
кафедри геоінженерії в Національному технічному університеті України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського» за адресою:
03056, Україна, м. Київ, вул. Борщагівська, 115, ауд. 511.

Автореферат виставлено на сайті « » листопада р

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність теми. На сьогоднішній день освоєння підземного простору у великих містах є одним з найважливіших напрямків розвитку сучасної міської інфраструктури. В процесі проектування розробляються сучасні конструкції і методи будівництва, які прагнуть до зменшення їх вартості та підвищенні технологічних характеристик споруд.

Досвід зарубіжних і вітчизняних країн свідчить про те, що з'являються зони найбільш активного і багаторівневого використання підземного міського середовища з комплексним поєднанням практично всіх видів підземних споруд, які, в свою чергу, вимагають більш складного зонування порівняно з поверхневими об'єктами.

В процесі будівництві підземних споруд найважливішим є забезпечення стійкості оточуючих порід. В залежності від гідрогеологічних умов і глибини спорудження об'єкту, будівництво здійснюють різними шляхами. Велике розповсюдження набув відкритий спосіб закладання підземних споруд в котловані. Його можливості дозволяють влаштувати споруди різного характеру і технічних параметрів.

Котлован являє собою штучне заглиблення різної геометричної форми, що влаштовують на поверхні землі. В процесі розробки ґрунту в бортах котловану виникає напруження, що може призвести до їх зрушення. Для вирішення цієї проблеми, споруджують огорожуюче кріплення. Закріплення котловану може проводитись різними підсилюючими конструкціями в залежності від умов їх застосування.

Дослідження взаємодії ґрунтового з утримуючими конструкціями дозволяє підібрати оптимальний метод закріплення ґрунту та забезпечити раціональне і безпечне використання підземного простору. Використання комп'ютерного моделювання надає можливість чітко визначити параметри деформованого стану та навантажень на конструкцію огорожуючих споруд.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Дисертаційна робота виконувалась на кафедрі геоінженерії ІЕЕ 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 N 3268-VI), а також плану наукових досліджень кафедри і є складовою частиною НІР «Наукові основи ресурсозберігаючих технологій гірництва та геотехнічного будівництва» (№ ДР 0115U005398) в якій автор брав участь.

Метою роботи є дослідження системи «підтримуюча стіна - ґрунтовий масив» з врахуванням зміни передових підтримуючих конструкції котловану.

Для досягнення мети було поставлено такі **задачі**:

- проаналізувати основні види та конструктивні схеми підтримуючих конструкцій котловану;
- виконати огляд нормативних документів, що до організації влаштування підтримуючого кріплення;
- провести аналіз літератури та описати основні способи підтримуючого кріплення;
- запропонувати варіанти конструкцій кріплення котловану при спорудженні даної ділянки лінії метрополітену та виконати їх розрахунок;
- дослідити і обґрунтувати варіант кріплення котловану або його удосконалення.

Об'єкт дослідження – система «підтримуюча стіна - ґрунтовий масив» з обґрунтуванням вибору типу кріплення.

Предмет дослідження – технічні параметри системи «підтримуюча стіна - ґрунтовий масив» в певних геологічних умовах при різних типах кріплення котловану.

Методи досліджень. Для розв'язання поставлених задач обирався комплексний метод їх вирішення, що розглядає такі питання: аналіз та узагальнення науково-технічних досягнень, теоретичних та нормативних матеріалів за даною темою для удосконалення оглянутих типів кріплення; виконати аналіз фізико-механічних властивостей ґрунтового масиву ділянки дослідження; дослідити критичні зміщення та деформації типів підтримуючих конструкцій за допомогою розробленої математичної моделі у відповідному програмному комплексі; обґрунтування якісних показників обраних підтримуючих конструкцій.

Наукова новизна отриманих результатів, представлена у наукових положеннях, в яких:

- експериментально встановлено характер зміни тиску ґрунтового масиву від глибини влаштування конструкцій підтримуючого характеру;
- встановлено алгоритм розрахунку типів кріплення для подальшого використання при проектуванні утримуючих споруд різного характеру;
- визначено залежності горизонтальних і вертикальних переміщень від глибини закладання різних типів підтримуючих конструкцій на основі комп'ютерно-математичного моделювання;

Практичне значення одержаних результатів. Обґрунтовано основні типи кріплення глибокого котловану при спорудженні лінії метрополітену в умовах щільної міської забудови у відповідності до математичної моделі у програмному комплексі GeoWoll.

Особистий внесок автора в роботи, опубліковані у співавторстві:
 [1] – аналіз геологічного середовища території міста Києва в залежності від

впливу динамічних навантажень; [2] – розгляд розрахункових схем підпірних стінок і їх реалізація в програмі Plaxis.

Апробація результатів дисертації. Основні положення та окремі результати досліджень доповідалися, обговорювалися: на міжнародній науково-практичній конференції молодих учених, аспірантів і студентів, присвяченої 80-ти річчю пам'яті Івана Степановича Новосильцева (м. Дніпро, 21-23 березня 2017 р.); на дев'ятій всеукраїнській науково-технічній конференції студентів, аспірантів і молодих учених "Наукова весна" (м. Дніпро, 12-13 березня 2018 р.);

Публікації: За результатами виконаних досліджень опубліковано 2 наукові праці, включаючи 2 в збірниках матеріалів конференцій.

Структура та обсяг роботи: Дисертація складається із вступу, 4 розділів, висновків і списку використаних джерел. Загальний обсяг дисертації становить 100 сторінок з 18 рисунками, 8 таблицями, списком літературних джерел з 50 найменувань.

ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

У **вступі** обґрунтовано актуальність теми дисертаційної роботи, сформульовано мету і задачі досліджень, наведено наукову новизну і практичну цінність результатів досліджень, основні положення, які виносяться на захист і спрямовані на встановлення оптимальних технічних параметрів підтримуючих конструкцій.

Перший розділ включає аналіз нормативних, теоретичних, практичних та дослідницьких матеріалів, які розглядають питання конструктивних рішень у виборі типу кріплення бортів глибокого котловану.

Основні вимоги до спорудження огорожувальних конструкцій котловану відповідно до ДСТУ-Н Б В.2.1-32:2014 дозволяють уникнути помилок при їх проектуванні і нададуть змогу інженерові раціонально підібрати технічні, організаційні, економічні параметри будівництва.

Рішення по технології відповідно до ДБН В.2.1-10-2009 будівництва підземних споруд відкритим способом повинні бути комплексними і включати технології кріплення котловану, розробки ґрунту, влаштування конструкцій споруди, інженерні заходи щодо захисту котловану і підземної споруди від підземних вод, забезпечення збереження поблизу розташованих існуючих забудов, а також забезпечувати виконання екологічних вимог з охорони навколишнього середовища.

Одним з визначальних факторів згідно ДБН В.1.2-2:2006, що впливають на конструктивну схему та економічність прийнятих проектних рішень котлованів є горизонтальний тиск ґрунту, гідростатичний тиск води, технологічні навантаження на брівці і дні котловану, величини деформацій ґрунту в основах споруд, що розташовані неподалік від кордону котловану та інженерно-геологічні умови будівництва. Вибір типу підтримуючої конструкції відіграє важливу роль при закладанні неглибоких підземних споруд.

Можливо виділити такі види споруд, як монолітна «стіна в ґрунті», буродотичні та січні палі, шпунтові огорожі, як найбільш ефективні та розповсюджені типи підтримуючих конструкцій.

У **другому розділі** викладені інженерно-геологічні умови та організаційно-планувальні рішення ділянки проектування при взаємодії підтримуючих конструкцій.

Перша частина розділу включає наведені матеріали результатів інженерно-геологічних вишукувань на об'єкті дільниці Сирецько-Печерської лінії метрополітену від станції "Сирець" на житловий масив Виноградар з електродепо у Подільському районі, які були виконані в травні-червні 2017 року.

Район ділянки вишукувань розташований в області комфортного помірно-вологого клімату.

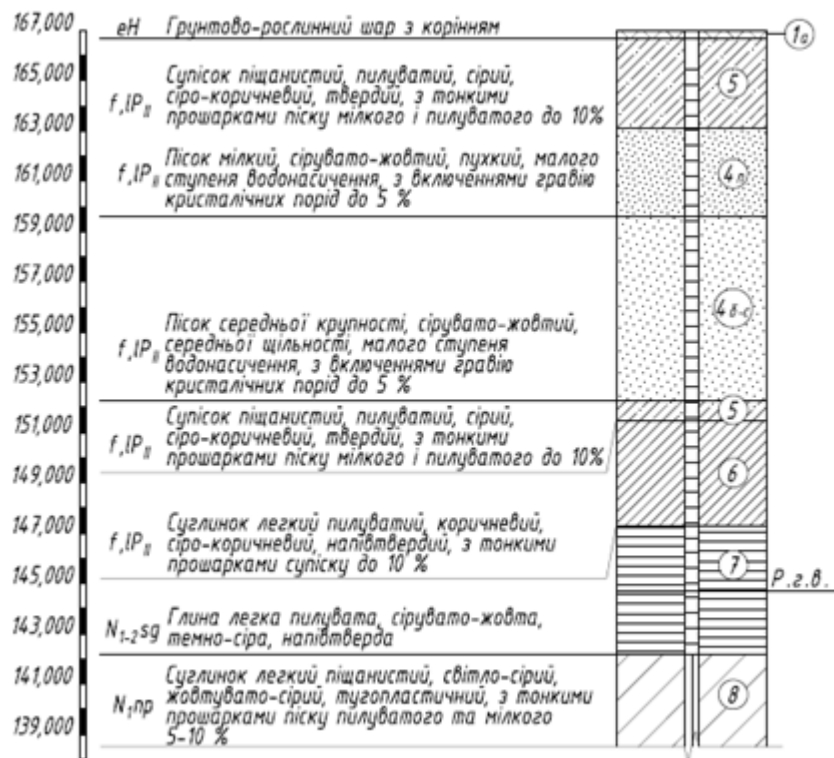


Рис. 1. Інженерно геологічна свердловина на ділянці дослідження

Станційний комплекс перетинає відкладання полтавської серії – піски, супіски і суглинки, а нижче ґрунти кївської світи палеогену – суглинок і мергельну глину. Частина траси перегінних тунелів перетинає балки-досить глибоких яр, поруч якого протікає струмок Брод.

Гідрогеологічні умови району визначаються геологічною будовою, тектонікою та фізико-географічними факторами. Рівень ґрунтових вод знаходиться нижче конструкції станції.

За результатами польових та лабораторних досліджень, з урахуванням наявних матеріалів вишукувань минулих років наведені нормативні і розрахункові значення основних показників фізико-механічних властивостей ґрунтів.

Конструкція станції «Мостицька» спроектовано в товщі неоплейстоценових флювіогляціальних (f, I PII) та неогенових (N1-2 sg) відкладів, які представлені перешаруванням пісків мілких та середньої крупності (ІГЕ 4-п, 4-с, 4б-с); супісків твердих (ІГЕ 5); суглинків від твердих до тугопластичних (ІГЕ 6); глин «строкатих», твердих та напівтвердих (ІГЕ 7), відповідно до рис 1.

Розміщення станцій визначене з урахуванням рішень Детального плану території багатофункціонального житлового району «Пуща Водиця».

Забудова в цьому районі практично відсутня, проте траса проходить під територією природного заповідника. Дільниця проходить вздовж вул. Межової, характеризується достатньо щільною забудовою, інтенсивним автомобільним рухом, наявністю великої кількості підземних інженерних комунікацій тому організація будівництва виконана в щільних міських умовах відповідно до ДБН А.3.1-5:2016 «Організація будівельного виробництва». Всі роботи ведуться в обмежених умовах для складування матеріалів і обладнання, для нормального забезпечення робочих місць.

Всі споруди на дільниці будівництва запроектовані мілкового закладання, відкритого способу робіт з типом кріплення котлованів методом «стіна в ґрунті».

Відкритий спосіб прокладання перегінних тунелів та спорудження станцій передбачено улаштування двох видів будівельних майданчиків:

- базових з повним набором тимчасових споруд;
- дільничних з обмеженим набором тимчасових споруд.

Базові будівельні майданчики розміщені, як правило, в зоні спорудження станційних комплексів. Розміщення будівельних майданчиків визначене з урахуванням мінімального знесення існуючих будинків і зелених насаджень, найменшого обсягу робіт з перекладки інженерних комунікацій і перебудовою руху міського транспорту.

Технологія спорудження станції включає наступні операції:

- освоєння будівельного майданчика;
- монтаж козлового крану;
- улаштування кріплення котловану способом «стіна в ґрунті»;
- розробка ґрунту з влаштуванням розстрілів;
- бетонування лотка та склепіння станції в пересувній опалубці з влаштуванням острівної платформинної ділянки, та влаштування гідроізоляції;
- спорудження виходів;
- зворотна засипка котловану;
- демонтаж козлового крану;
- благоустрій території.

Об'ємно-планувальні рішення розміщення станцій визначене з урахуванням Детального плану території багатофункціонального житлового району. В планувальних рішеннях передбачено чіткий розподіл

пасажиropотоків, що виключає можливість їх перетину між вхідними та вихідними дверима у вестибюлях станцій.

Конструкція станції запроектована мілкого закладення з одним вестибюлем та еваковиходом з вертикальним ухилом 0,005 ‰. Платформна частина односклепінна з острівною платформою. Міжколійна відстань складає 14 м. Службові приміщення розташовані в рівні касового залу вестибюля, рівні машинного приміщення ескалаторів та в рівні посадкової платформи на її продовженні. Виходи зі станції передбачені з вестибюля через підземний перехід на поверхню та при необхідності через еваковихід з урахуванням рішень Детального плану території .

Параметри котлованів визначені в залежності від розмірів конструкції, що проектується і її матеріалу; відстань між розстрілами, кількість ярусів розстрілів, визначені розрахунками у відповідності з «Руководством по сооружению перегонных тоннелей метрополитена» (ТМХ-2-79/4) та згідно перевірочним розрахункам в програмах «GeoWall» та «Wall-3».

Типи землерийних механізмів і ємність ковшів прийняті відповідно до об'єму ґрунту, що розробляється і до змінної продуктивності механізму згідно з довідником проектувальника «Організація будівництва і будівельно-монтажних робіт».

Спорудження «стіни в ґрунті» передбачено за допомогою установок КРС фірми «Casagrande».

Розробка ґрунту передбачається за допомогою екскаватора- та екскаватора зі зворотною лопатою. Ґрунти біля стін котловану розробляються бульдозером та вручну. Перед монтажем конструкцій передбачається перевірка щільності ґрунтів основи геофізичними методами.

Ґрунт від розробки котлованів, придатний для зворотної засипки, переміщується у тимчасовий відвал. Вивіз ґрунту, непридатного для зворотної засипки і будівельного сміття передбачається на міські відвали.

Монтаж конструкцій перегінних тунелів з суцільно-секційної оправи (ССО) передбачено за допомогою кранів в/п-50т.

Монтаж конструкцій станційних комплексів ведеться краном в/п-20т.

Зворотна засипка виконується після улаштування захисного шару гідроізоляції стін і перекриттів. Засипка за стіни та перший шар товщиною 50 см над покриттям передбачається піщаним ґрунтом з трамбуванням.

Дозволяється ущільнювати піщаний ґрунт шляхом зволоження до насичення. Ущільнення ґрунту над покриттям над першим шаром виконується за допомогою котків шарами товщиною 0,5м з контролем якості ущільнення.

Транспортування ґрунту і піску на поверхні проводиться автосамоскидами. Цемент перевозиться в спеціальних автоцементовозах.

Перевезення залізобетонних виробів і інших вантажів проводяться

бортовими автомашинами, при цьому ССО спеціальними машинами.

Бетон перевозиться в автобетонозмішувачах СБ-26

Інженерні підземні мережі, які не потрапляють у переріз конструкції метрополітену розташовують у футлярах і підвішують над котлованом на період будівництва відповідно до вимог ДБН 360-92**.

Загальні терміни будівництва визначені графіком організації будівництва. Для визначення темпів спорудження прийнята 2-х змінна робота при 5-ти денному робочому тижні. Спорудження перегінних тунелів відкритим способом з розробкою ґрунтів екскаваторами становить 75 м/міс та монтаж конструкції станцій і пристанційних споруд кранами 50 м/міс.

Повний термін спорудження лінії метрополітену становить 3 роки.

Загальні вартість будівництва становить 4617 млн. грн.

У **третьому розділі** проведено моделювання глибокого котловану з різними типами кріплення та аналіз отриманих результатів.

Спорудження підземних конструкцій потребує великої уваги до їх розрахунку для їх безпечного використання.

Існуючі нормативні методи розрахунку підтримуючих конструкцій котлованів загалом направлені на забезпечення їх міцності і стійкості. У даних методах навантаження на огорожу, що залежать від параметрів міцності ґрунту визначаються зрушення, згинальні моменти, поперечні й поздовжні сили та розраховується параметри огорожі, необхідне для забезпечення міцності конструкції. З умови забезпечення стійкості огорожі визначається необхідна глибина закладення.

Проектування кріплення котлованів виконується у відповідності з діючими нормативними документами.

Програма GeoWall призначена для розрахунку на міцність і стійкість огорожуючих кріплень котлованів, таких як, «стіна в ґрунті», огорожі з бурових паль, шпунтів, труб та двотаврів, а так підтримуючих систем з ґрунтоцементних паль.

Відмінною особливістю програми є розрахунок підтримуючого кріплення котлованів на міцність, що складаються з окремих або бурових паль які взаємодіють між собою, з можливістю армування різними елементами. Розрахунок виконується за методом граничного стану ґрунту також, по теорії Кулона або за коефіцієнтом бічного тиску ґрунту в стані спокою. Вихідні інженерно-геологічні умови дослідження були прийняті відповідно до об'єкта проектної лінії метрополітену на житловий масив Виноградар.

Характеристика ґрунтів

№	Тип ґрунту	h, м	γ_I , кН/м ³	γ_{satI} , кН/м ³	cI, кПа	ϕI , град	k_s , кН/м ³	λ	E, МПа	ν
5	Супісок твердий	3,2	22,7	23,5	12,0	24,0	5500	0,59	43,0	0,30
4п	Пісок мілкий	3,5	17,3	21,3	1,0	27,0	3500	0,55	19,0	0,30
4бс	Пісок середньої крупності	7,3	20,6	22,3	1,0	30,0	4000	0,50	28,0	0,30
5	Супісок твердий	0,8	22,7	23,5	12,0	24,0	5500	0,59	43,0	0,30
6	Суглинок тугопластичний	4,2	23,8	24,2	36,0	12,0	7000	0,79	28,0	0,35
7	Глина напівтверда	5,1	22,0	22,9	62,0	8,0	9000	0,86	40,0	0,42

Відмінною особливістю програми є розрахунок підтримуючого кріплення котлованів на міцність, що складаються з окремих або бурових паль які взаємодіють між собою, з можливістю армування різними елементами. Розрахунок виконується за методом граничного стану ґрунту також, по теорії Кулона або за коефіцієнтом бічного тиску ґрунту в стані спокою.

Вихідні інженерно-геологічні умови дослідження були прийняті відповідно до об'єкта проектної лінії метрополітену на житловий масив Виноградар.

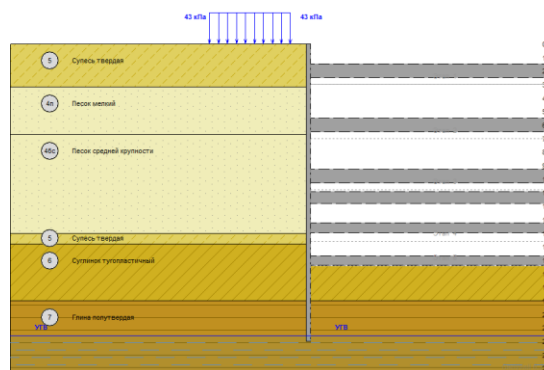


Рис. 2. Розрахункова схема

В дисертаційній роботі було розглянуто 4 типи кріплення глибокого котловану:

- буродотичні палі діаметром 620 мм з розпірками;

В даному кріпленні було побудовано котлован глибиною 16 м з кріпленням Буродотичні товщиною 620 мм розпірками у вигляді металевих труб $\text{Ø}630 \times 10$ мм, $\text{Ø}820 \times 10$ мм. Розпірки були встановлені на глибині 2,0 м, 6,0 м, 9,8 м, 13,6 м, 16,1 м, 11,4 м, від поверхні землі у відповідності максимальних моментів. Палі були виконані з залізобетону, бетон класу В25, арматура $\text{Ø}25$ мм, 25-А-ІІІ (А500С) по 12 стрижнів на 1 палю. Розробка котловану проводилася в 7 етапів. Першим етапом було влаштування пальової конструкції, а далі поетапне виймання ґрунту з встановленням розпірок.

- Буросічні палі діаметром 620 мм з кроком 500 мм та розпірками;

В даному кріпленні було побудовано котлован глибиною 16 м з кріпленням буросічної палі товщиною 620 мм з черговим армуванням та розпірками у вигляді металевих труб $\text{Ø} 630 \times 10$ мм, $\text{Ø}820 \times 10$ мм. Розпірки були встановлені на глибині 2,0 м, 6,0 м, 9,8 м, 13,6 м, 16,1 м, 11,4 м, від поверхні землі у відповідності максимальних моментів. Палі були виконані з залізобетону, бетон класу В25, арматура $\text{Ø}25$ мм, 25-А-ІІІ (А500С) по 12 стрижнів. Розробка котловану проводилася в 7 етапів. Першим етапом було влаштування пальової конструкції, а далі поетапне виймання ґрунту з встановленням розпірок.

- Кріплення з шпунтів Ларсена типу L4 з розпірками;

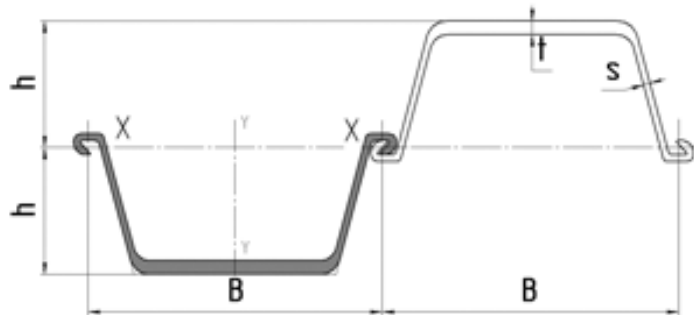


Рис. 3. Шпунт Ларсена

В даному кріпленні було побудовано котлован глибиною 16 м з кріпленням шпунтів Ларсена L4 згідно з ТУ 14-2-879-89 та розпірками у вигляді металевих труб $\text{Ø} 630 \times 10$ мм, $\text{Ø} 820 \times 10$ мм (рис. 3). Розпірки були встановлені на глибині 2,0 м, 6,0 м, 9,8 м, 13,6 м, 16,1 м, 11,4 м, від поверхні землі у відповідності максимальних моментів. Шпунт виконаний з марки сталі СтЗкп. Розробка котловану проводилася в 7 етапів. Першим етапом було влаштування шпунтової огорожі, а далі поетапне виймання ґрунту з встановленням розпірок.

- Монолітна «стіна в ґрунті» товщиною 620 мм та розпірками (рис. 6).

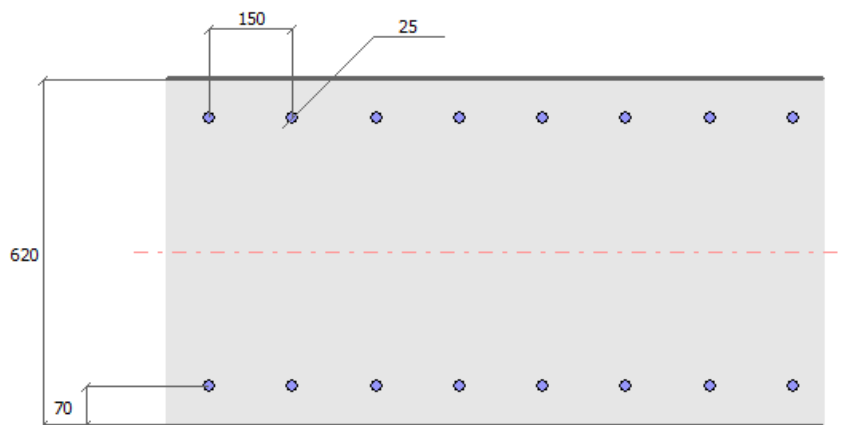


Рис. 4. Монолітна «стіна в ґрунті»

Було побудовано котлован глибиною 16 м з кріпленням монолітна «стіна в ґрунті» товщиною 620 мм з армуванням та розпірками у вигляді металевих труб Ø 630x10 мм, Ø 820x10 мм(рис. 4). Стіна виконана з залізобетону, бетон класу В25, арматура Ø25 мм, 25-А-III (А500С) з кроком 150 мм. Розробка котловану проводилася в 7 етапів. Першим етапом було влаштування монолітної стіни, а далі поетапне виймання ґрунту з встановленням розпірок.

За результатами отриманих даних комп'ютерно-математичного моделювання типів кріплення котловану побудовано графіки залежності деформацій розрахункової схеми від глибини в залежності від етапів зведення конструкцій котловану і виїмки ґрунту.

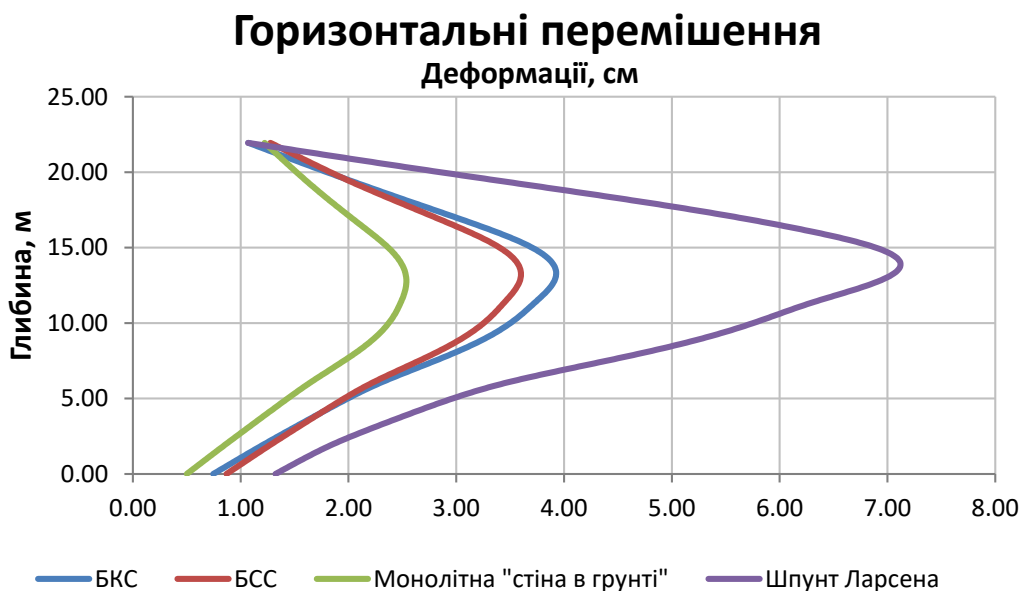


Рис. 7. Горизонтальні переміщення типів кріплення

В процесі порівняння 4-х варіантів розглянутих типів кріплення котловану за горизонтальними і вертикальними деформаціями, найбільш ефективною схема кріплення котловану є «стіна в ґрунті». Максимальні горизонтальні деформації, якої становлять 2,5 см, вертикальні 0,5 см. Максимальні вертикальні переміщення шпунтової огорожі менші на 0,1 см, але порівняно з різницею їх горизонтальних деформацій монолітної «стіни в ґрунті» значно менші, що є більш ефективним.

Використання кріплення котловану способом «стіна в ґрунті» в даному випадку економічно ефективніше приблизно на 28% у порівнянні з кріпленням у вигляді буронабивних паль.

У **четвертому розділі** розглянуто удосконалення типу кріплення котловану та розроблення стартап-проекту.

Розроблення стартап-проекту передбачає висвітлення маркетингових аспектів створення стартапу: формування ідеї, створенню концепції продукту, визначення перспектив ринкової реалізації проекту та розроблення маркетингової стратегії.

Проблема влаштування несучого кріплення котлованів полягає у забезпеченні їх міцнісних характеристик, підвищення їх несучої здатності яке не призведе до їх капітального удорожчання та підвищення трудовитрат.

Сутність ідеї удосконалення типу кріплення котловану «стіна в ґрунті» та використання її, як бізнес-моделі полягає в наступному: при зведенні монолітної залізобетонної «стіни в ґрунті», що включає пристрій форшахти, розбивку траншеї на окремі захватки і зведення монолітних залізобетонних секцій в кожній з захваток, при цьому зведення монолітної залізобетонної секції в кожній з захваток включає в себе розробку ґрунту під захистом тиксотропної глинистої суспензії, виготовлення арматурного каркаса і його опускання в захватку на проектну відмітку, закріплення арматурного каркаса на форшахті, бетонування секції і відкачування глинистої суспензії, удосконалення відбувається за рахунок виготовлення арматурного каркасу в комбінованому модулі, із гнучкої не зйомної опалубки у вигляді об'ємного відкритого зверху пенала з водонепроникного геосинтетичного матеріалу. Занурення якого відбувається шляхом послідовного відкачування глинистого розчину з траншеї. Результат даного удосконалення спрямований на підвищенні показників міцності конструкції «стіни в ґрунті», зниження матеріаломісткості і трудомісткості її зведення.

Продукт об'ємного комбінованого модулю спрямований на сегмент ринку будівельної продукції України.

Прибуток отримується шляхом активних, і пасивних методів продажу. Співпраця ведеться з будівельними організаціями, в тому числі і з відвідуванням безпосередньо будівельних майданчиків.

Висновки

Дана магістерська дисертація являє собою науково-кваліфікаційну роботу, в якій на базі теоретичних даних та експериментальних досліджень розглянута актуальна науково-технічна задача: обґрунтування вибору типу кріплення глибокого котловану.

Обсяг спеціальних наукових матеріалів та інноваційних рішень присвячених обґрунтуванню вибору кріплення котлованів досить скутий. Можливо виділити такі види споруд, як монолітна «стіна в ґрунті», буро дотичні та січні палі, та шпунтові огорожі, як найбільш ефективні та розповсюджені типи підтримуючих конструкцій.

Сучасні програмні комплекси дозволяють раціонально оцінити технічні параметри роботи підтримуючих споруд. Створити їх геотехнічну модель, оцінити розподіл зусиль у внутрішніх елементах і розвиток деформацій конструкції.

В даній роботі запропоновано 4 типи різних підтримуючих конструкцій. Розроблено просторові моделі прогнозу деформування пружно-пластичного ґрунтового масиву з різними огорожувальними конструкціями підземної споруди, що враховує етапи виїмки ґрунту в котловані, деформаційні характеристики ґрунту та стіни.

Виявлено, що при взаємодії з ґрунтовим масивом верхня частина захисної огорожуючої конструкції підземної споруди зміщується всередину котловану, а зі збільшенням глибини характер її деформування змінюється.

В процесі моделювання визначені деформаційні параметри кожної із споруд, до найбільш ефективної можна віднести монолітну «стіну в ґрунті».

Проведено патентний пошук, та сформоване удосконалення обраного типу кріплення.

Розробка стартап-проекту метою якого є, впровадженням у сферу будівництва удосконаленої моделі формування підтримуючого кріплення типу монолітна «стіна в ґрунті».

Основні положення і результати магістерської дисертації опубліковані у роботах:

1. Кучер С.А. Закрепление склонов в разных инженерно-геологических условиях города Киева // С.А. Кучер, В.В. Вапничная, С.В. Зайченко / Перспективи розвитку будівельних технологій [Текст]: матеріали 11-ї міжнародної науково-практичної конференції молодих учених, аспірантів і студентів, присвячена 80-ти річчю пам'яті Івана Степановича Новосильцева. – 2017. – Дніпро. – С. 30–35.

2. Кучер С.А. Оцінка стійкості схилів з використанням рlахіs на прикладі міста Києва // С.А. Кучер, В.В. Вапнічна / Тези дев'ятої

всеукраїнської науково-технічної конференції студентів, аспірантів і молодих учених "наукова весна "12-13 квітня 2018 р., Дніпро. – С. 20-21.

Особистий внесок автора в роботи, опубліковані у співавторстві:
[1] – аналіз геологічного середовища території міста Києва в залежності від впливу динамічних навантажень; [2] – розгляд розрахункових схем підпірних стінок і їх реалізація в програмі Plaxis.

АНОТАЦІЯ

Кучер С. А. Обґрунтування підтримуючої конструкції кріплення котловану при будівництві станції метрополітену.

Дисертація на здобуття наукового ступеня магістра за спеціальністю 184 Гірництво. – Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського», Київ 2018.

Магістерська дисертація присвячена актуальній темі порівнянню і обґрунтуванню вибору кріплення стінок глибокого котловану з врахуванням факторів стійкості і несучої здатності конструкції.

В роботі експериментально встановлено характер зміни тиску ґрунтового масиву від глибини влаштування підтримуючої конструкції. Для подальшого використання при проектуванні утримуючих споруд проведений розрахунок різних типів кріплення. Запропоновано ефективні методи кріплення стіни глибокого котловану, та обґрунтовано їх застосування. Встановлено залежності поведінки горизонтальних і вертикальних деформацій різних видів кріплення стінок котловану на основі комп'ютерно-математичного моделювання.

Ключові слова: типи кріплення, котлован, ґрунтовий масив, розпірка, палі, «стіна в ґрунті», деформації, підземна споруда, шпунт.

ABSTRACT

Kucher S.A. Justification of the supporting structure of the foundation pit during the construction of the underground station.

Thesis for a Master's degree in specialty 184 Mining. - National Technical University of Ukraine "Kyiv Polytechnic Institute named after Igor Sikorsky", Kyiv 2018.

The master's dissertation is devoted to the actual topic of comparison and justification of the choice of mounting the walls of deep pit, taking into account the factors of stability and bearing capacity of the design.

In the work, the nature of the pressure variation of the soil mass from the depth of the supporting structure construction is experimentally established. For further use in the design of holding structures a calculation of different types of

mounting types has been made. The effective methods of fastening the deep excavation wall are proposed, and their application is grounded. The dependencies of the behavior of horizontal and vertical deformations of different types of fastening of the walls of the foundation pit on the basis of computer-mathematical modeling are established.

Keywords: types of fastenings, foundation pits, soil massif, spacing, piles, "wall in soil", deformation, underground structure, tongue.