

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

Старченко Ірина Олександрівна

УДК 624.1

БУДІВНИЦТВО ПІДЗЕМНОГО ПІШОХІДНОГО ПЕРЕХОДУ З  
ОБГРУНТУВАННЯМ ГЛИБИНИ ЗАКЛАДАННЯ

Спеціальність 184 «Гірництво»

Спеціалізація «Гірництво»

Автореферат

магістерської дисертації професійного спрямування на  
здобуття наукового ступеня магістра

Київ – 2020

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,

**Ган Анатолій Леонідович,**

Національний технічний університет  
України «Київський політехнічний  
інститут імені Ігоря Сікорського»,  
доцент кафедри геоінженерії

Захист відбудеться «22 » грудня 2020 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.** Більшість підземних пішохідних переходів в місті Києві з'явилися за останні 50 років. Вважаючи, що в місті має бути безперервний автомобільний рух, як на магістралях, а пішоходи мають переходити дороги під- або над- землею, щоб не заважати руху автомобілів на вулицях.

Ідея автомобільного Києва була настільки грандіозною, що розпочалося знищення бульварів, розпочався демонтаж трамвайних мереж, розширення вулиць і розпочалось масове будівництво підземні пішохідні переходи. Зараз в місті майже 200 підземних переходів. Деякі з них доцільні, з пологими спусками замість сходів, що робить їх орієнтовними на людей з різними потребами. Але є і переходи, що мають безліч сходів, і пародію на у вигляді рейок або ліфтів. Пішоходи не люблять сходи, і якщо обирати, то сходи будуть програвати.

Частина магістральних вулиць міста, з безперервним рухом, тому пріоритетними залишаються підземні переходи або надземні містки.

Історія київських підземних пішохідних переходів почалася у 1962 році на вулиці Хрещатик. Де в період 1962-1963 років було відкрито 5 підземних пішохідних тунелів замість ліквідованих наземних переходів.

Наступними на черзі з'явилися підземні пішохідні переходи у 1973-1975 роках під час будівництва дороги до нового Північного місту. В місцях де було обмежена кількість простору - були розміщені типові підземні переходи шириною тунелю 4.0 метри.

Відповідно до проекту «Будівництво Великої Окружної дороги на ділянці від проспекту Маршала Рокоссовського до вул. Богатирської з будівництвом транспортної розв'язки в різних рівнях» в проекті зазначено будівництво підземного пішохідного переходу поблизу вул. Кондратюка оскільки мешканці

міста в теплу пору року люблять відпочивати в лісовій зоні, проводити час в зонах відпочинку та біля водойм, що знаходиться за межами майбутньої магістралі.

Згідно з техніко-економічним показниками, затвердженим розпорядженням Київської державної адміністрації від 01.12.1995 р. № 261 дана ділянка дороги є складовою частиною Великої Окружної дороги у північно-західній частині м. Києва і призначена для відведення транспортних потоків за межі житлових масивів Нивки, Виноградар, Мінський та житлових районів по вулиці Автозаводській, а також розподілу транспорту з Гостомельського, Житомирського напрямків та зменшення інтенсивності руху по Малій окружній дорозі на ділянці від Московської площі до проспекту Червоних козаків (Степана Бандери).[1 ]

**Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами.** Дисертаційна робота виконувалась на кафедрі геоінженерії ІЕЕ КПІ ім. Ігоря Сікорського відповідно до «Державної цільової економічної програми розвитку автомобільних доріг загального користування державного значення на 2018-2022 роки» (Постанова Кабінету Міністрів України від 21 березня 2018 року N 382).

**Метою роботи** є дослідження при будівництві підземного пішохідного переходу.

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

- проаналізувати інженерно-геологічні вишукування земельної ділянки;
- виконати огляд нормативних документів, що до будівництва підземних переходів;
- обґрунтувати конструкції підземного переходу;
- запропонувати варіанти конструкцій при спорудженні підземного переходу та виконати їх розрахунок.

**Об'єкт дослідження** – система «геологічні умови - будівництво» з обґрунтуванням конструкцій.

**Предмет дослідження** – технічні параметри в певних геологічних умовах при різних типах конструкцій переходу.

**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 обрання вірного конструктиву будівництва переходу; 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 конструкцій.

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

- експериментально встановлено характер зміни тиску ґрунтового масиву від глибини влаштування конструкцій;
- встановлено алгоритм розрахунку типів кріплення для подальшого використання при проектуванні споруди; - визначено залежності горизонтальних і вертикальних переміщень від глибини закладання різних типів підтримуючих конструкцій;

**Практичне значення одержаних результатів.** Обґрунтовано основні типи конструкцій підземного переходу.

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

**Апробація результатів дисертації.** Основні положення та окремі результати досліджень доповідалися, обговорювалися: на міжнародній науково-практичній конференції «Проблеми геоінженерії та підземної урбаністики»;

**Публікації:** За результатами виконаних досліджень опубліковано 2 публікації.

**Структура та обсяг роботи:** Дисертація складається із вступу, 4 розділів, висновків і списку використаних джерел. Загальний обсяг дисертації становить 100 сторінок з 12 рисунками, 821 таблицею, списком літературних джерел з 30 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 визначення конструкцій підземного переходу.

**Перший розділ** включає аналіз нормативних, теоретичних, практичних та дослідницьких матеріалів, які розглядають питання конструктивних рішень у виборі типу конструкцій при будівництві підземного переходу.

Основні вимоги до спорудження переходу визначені в ДБН В.2.3-4:2015 «Автомобільні дороги. Частина 1. Проектування. Частина 2. Будівництво» 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 та вертикальний тиск ґрунту, 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.

У **другому розділі** викладені інженерно-геологічні умови та організаційно-планувальні рішення ділянки проектування з розрахунком підземної споруди.

Перша частина розділу включає наведені матеріали результатів інженерно-геологічних вишукувань на об'єкті «Будівництво Великої окружної дороги на ділянці від проспекту Маршала Рокоссовського до вул. Богатирської в Оболонському районі з влаштування багаторівневої розвязки».

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

Обстежена ділянка робіт розташована в Оболонському районі м. Києва між просп. Рокосовського та вул. Богатирською, що є продовженням Великої Кільцевої автодороги.

Відповідно до ДСТУ-Н-Б В.1.1-27:2010 «Будівельна кліматологія. Захист від небезпечних геологічних процесів шкідливих експлуатаційних впливів», ця територія відноситься до Північно-західного (І району), де клімат помірно-континентальний з холодною зимою та теплим літом. [3]

Середньорічна температура повітря становить + 7,7С.

Середня температура найбільш холодних днів -29,0° С (січень), самого теплого +19,8°С.

Сніговий покрив утворюється кожного року. Середня тривалість періоду зі стійким сніговим покривом з 22 грудня до 14 березня. Висота снігового покриву коливається від 10 см у грудні до 74 см у лютому. [ 3]

На цій території протягом року найчастіші вітри західного напрямку (середньорічні повторення 20% при середній швидкості 4,3 м/ сек. у січні та 18% - 3.3 м/ сек. у липні), а також південно-західного напрямку (відповідно 16% та 24% при середній швидкості 4,1 та 3, 3 м / сек.)

Тільки у жовтні та листопаді вітри північно-східного напрямку.

Середньорічна кількість опадів становить 580-610 мм.

Нормативна глибина сезонного промерзання ґрунтів складає 1,0 м.

Досліджувана територія в геоморфологічному відношенні розташована в межах сучасної заплави р. Дніпро.

Рельєф ділянки спланований та змінений будівельними роботами що тривають. Абсолютні відмітки поверхні коливаються в межах 95,0-105,0 м.

Найближчою водною артерією від майданчика вишукувань є річка Дніпро. У відповідності з Додатком Ж ДБН А.2.1-1-2014 (Інженерні вишукування для будівництва) досліджувана ділянка має II (середню) категорію складності інженерно - геологічних умов.

Дільниця характеризується 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 будівництва переходу 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 комплексосновної ділянки дороги. Розміщення будівельних майданчиків визначене з урахуванням мінімального знесення існуючих будинків і зелених насаджень, найменшого обсягу робіт з перекладки інженерних комунікацій.

Технологія спорудження підземного переходу включає наступні операції:

- освоєння будівельного майданчика;
- розробка ґрунту за допомогою техніки;
- бетонування лотка та склепіння переходу в пересувній опалубці з та улаштування гідроізоляції;
- спорудження виходів;
- зворотна засипка котловану; □
- благоустрій території.

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

Конструкція переходу запроектована мілкового закладення з двома виходами.

Параметри котлованів визначені в залежності від розмірів конструкції, що проектується і її матеріалу.

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 будівельномонтажних робіт».

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.

Інженерні підземні мережі, які не потрапляють у переріз конструкції підземного переходу 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 підземного переходу відкритим способом з розробкою ґрунтів екскаваторами та монтаж конструкції становить 10 м/міс.

Повний термін спорудження підземного переходу становить 10 місяців.

Загальні вартість будівництва становить 281 196,9 тис. грн.

У **третьому розділі** розглянуто технологію спорудження підземного переходу 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 повздовжні 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.

Проведено розрахунок кріплень 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 будівництва окружної дороги в Оболонському районі.

Таблиця.1

Характеристика ґрунтів

№	Тип ґрунту	h, м	$\gamma_I$ , кН/м <sup>3</sup>	$\gamma_{satI}$ , кН/м <sup>3</sup>	cI, кПа	$\phi_I$ , град	$k_s$ , кН/м <sup>3</sup>	$\lambda$	E, МПа	$\nu$
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

Було побудовано котлован глибиною 16 м з кріпленням монолітна «стіна в ґрунті» товщиною 620 мм з армуванням. Стіна виконана з залізобетону, бетон класу В25, арматура  $\varnothing 25$  мм, 25-А-III (А500С) з кроком 150 мм. Розробка котловану проводилася в 7 етапів. Першим поетапне виймання ґрунту та розробка котловану для трамбування та влаштування днища і надалі всієї конструкції.

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 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 та використанні її, як бізнес-моделі полягає в наступному: при зведенні монолітної залізобетонної конструкції, 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, виготовлення арматурного каркаса і його опускання в захватку на проектну відмітку, закріплення арматурного каркаса на форшахті, бетонування, удосконалення відбувається за рахунок виготовлення арматурного каркасу зі зйомною опалубкою. Результат даного удосконалення спрямований на підвищенні показників міцності конструкції, 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 конструкцій при будівництві переходу.

Обсяг спеціальних наукових матеріалів та інноваційних рішень присвячених обґрунтуванню вибору кріплення котлованів досить скутий. Можливо виділити такі види споруд.

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.

Розробка стартап-проекту метою якого є, впровадженням у сферу будівництва удосконаленої моделі формування підтримуючого кріплення типу монолітна конструкція.

## **АНОТАЦІЯ**

**Старченко І.О.** Обґрунтування конструкцій підземного переходу.

Дисертація на здобуття наукового ступеня магістра за спеціальністю 184 Гірництво. – Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського», Київ 2020.

Магістерська дисертація присвячена актуальній темі порівнянню і обґрунтуванню вибору конструкцій підземного переходу з врахуванням факторів стійкості і несучої здатності конструкції.

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

**Ключові слова:** типи кріплення, котлован, ґрунтовий масив, деформації, підземна споруда, конструкції.

## **ABSTRACT**

**Starchenko I.O.** Substantiation of structures of underground passage.

The dissertation on competition of a scientific degree of the master on a specialty 184 Mining. - National Technical University of Ukraine "Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute", Kyiv 2020.

The master's dissertation is devoted to a topical topic of comparison and substantiation of the choice of structures of the underground passage taking into account the factors of stability and bearing capacity of the structure.

The nature of the change in the pressure of the soil mass from the depth of the structure is experimentally established in the work. For further use in the design of retaining structures, the calculation of different types of fasteners. Effective methods of fixing the pit wall are proposed, and their application is substantiated. The dependences of the behavior of horizontal and vertical deformations of different types of wall fastening of structures are established.

Key words: types of fastening, pit, soil mass, deformations, underground construction, constructions.

