

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

Слюсарчук Василь Павлович

УДК 624.195

**РОЗРОБКА ТЕХНОЛОГІЇ ПРОВЕДЕННЯ
МЕТРОТУНЕЛЮ В ТЕКТОНІЧНО ПОРУШЕНИХ
ГРАНІТАХ ЗА ДОПОМОГОЮ ГІДРОКЛИНОВИХ
ПРИСТРОЇВ**

Спеціальність 184 Гірництво
(Геотехнічне і міське підземне будівництво)

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

Захист відбудеться «___» грудня 2019 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. Сучасний розвиток технологій підземного будівництва охоплює широкий спектр геологічних умов спорудження метрополітену, однак поширення мегаполісів включає у зону забудови гірські масиви, де раніше проведення метрополітену було неможливим. У випадках умов, які не передбачені нормативними документами, виникає потреба у розробці новітніх технологій проведення тунелів метрополітену. Саме такі умови представлені в гірському масиві, на поверхні якого розташована історична центральна частина міста Дніпро, де за даними геологічної розвідки основну частину гірських порід складають тектонічно порушені граніти. Тому для вирішення цієї актуальної інженерно-практичної задачі була розроблена технологія проведення перегінного тунелю в даних умовах.

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 виконаної роботи є розроблення технології проведення метротунелю в тектонічно порушених гранітах за допомогою гідро-клинових пристроїв.

Вказана мета досягається вирішенням наступних задач:

- аналіз сучасного стану технологій будівництва метро, розгляд нормативних вимог до проведення тунелю;

- аналіз матеріалів, отриманих під час виконання інженерно-геологічних вишукувань по всій довжині території, на якій передбачається спорудження метро;
- розробка методики, згідно якої буде проводитися моделювання поведінки масиву під час проведення тунелю метро з застосуванням попередньо прийнятої технології;
- розробка технології проведення тунелю метрополітену виходячи з аналізу результатів моделювання, складеного план-графіку робіт та кінцевих показників;
- розробка та підготовка бізнес-моделі розробленого стартап-проекту до інвестиційної стадії.

Об'єктом дослідження є тунель метрополітену.

Предметом дослідження є технологія проведення тунелю який проходить в тектонічно порушених гранітах.

Методи дослідження. При вирішенні поставлених в роботі завдань використано наступні методи досліджень: метод аналізу та узагальнення відомих технологічних схем проведення метротунелю, метод аналізу геологічних умов, метод моделювання напружено-деформованого стану масиву породи під навантаженням.

Практичне значення отриманих результатів полягає в наступному:

- обґрунтовано появу напружено-деформованого стану масиву породи під навантаженням, які створюються за допомогою гідродократів.
- розроблено технологічну схему проведення метротунелю в тектонічно порушених гранітах за допомогою гідроклинових пристроїв.

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: 5 науково-практична студентська конференція «Перспективи розвитку гірничої справи та раціонального використання природних ресурсів» (м. Житомир, Україна, 2018 р.), 13 міжнародна науково-практична конференція молодих вчених, аспірантів і студентів «Перспективи розвитку будівельних технологій» (м. Дніпро, Україна 2019 р.), II науково-технічна конференція магістрантів ІЕЕ, за результатами дисертаційних досліджень магістрантів (м. Київ, Україна, 2019 р.).

Структура і обсяг дисертації.

Магістерська дисертація складається із вступу, п'яти розділів, висновків, списку використаних літературних джерел, який містить 32 найменувань. Основний текст викладено на 96 сторінках друкованого тексту, містить 19 рисунків, 13 таблиць та 1 діаграму.

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 проаналізовано сучасний стан технологій будівництва метро, розглянуто та обґрунтовано найбільш розповсюджені способи будівництва.

Представлено аналіз відомих технологій проведення тунелю, що використовуються в різних умовах будівництва. Так як проведення тунелю передбачається закритим способом, це означає що будівництво відбуватиметься на значній глибині. В таких умовах перегінні тунелі метрополітену найчастіше будують за допомогою механізованого або буровибухового способу. Перехід від будівництва на території в умовах міцних порід до спорудження в складних умовах щільної міської забудови урбанізованих територій - це першочергова задача при складанні проекту майбутнього метро. Тому для складання та подальшого використання проекту розглянуто всі нормативні вимоги до робіт, які пов'язані з проведенням тунелю метро. Відповідно до цих вимог, документ, який передбачає всі вимоги для робіт по проектуванню, будівництву та експлуатації є ДБН В.2.3-7:201X «Метрополітени». В даному нормативному документі вміщується комплекс нормативних вимог, які розглянуті в магістерській дисертації.

Після проведення аналізу сучасних способів проведення тунелю метро визначено дві головні технології. До цих технологій передбачені нормативні вимоги, згідно яких повинні відбуватися проектні та будівельні роботи. Тому для вибору способу будівництва, на основі якого буде розроблятися технологія проведення тунелю метрополітену, потрібно провести обґрунтування, тобто необхідно виділити переваги та

недоліки кожного способу. На основі виконаних порівнянь, співвідношенні переваг та недоліків для кожного способу технологій будівництва траси метро спроектована технологія буде ґрунтуватись на базі механізованого способу проходки тунелю. Проте згідно нормативних вимог перед початком розробки технології потрібно розглянути геологічні умови району будівництва, щоб визначити чи дозволяється в даних умовах будівництво метро за допомогою прохідницького комплексу.

На основі проведеного аналізу, розглянутих аспектів практичного завдання сформульовано вищевказані мета і задачі роботи.

У другому розділі розглянуто геологічний розріз по всій довжині траси та фізико-механічні властивості ґрунтів. Обґрунтовано технологію проведення метротунелю.

В результаті проведення аналізу геологічних умов складено інженерно-геологічні умови по профілю траси метро. Тому перед будівництва та під час нього необхідно визначати та постійно оновлювати відомості про склад ґрунтів та поведінку підземних вод. Для визначення та оновлення складу порід в масиві їх властивостей потрібно постійно оновлювати геологічні розрізи.

В магістерській дисертації наведено геологічні розрізи трьох станцій, між якими планується проведення тунелю. На цих розрізах відображено вміст ґрунтів, їх протяжність та розташування в просторі. Також відображено рівень ґрунтових вод та розміщення напірних горизонтів. Отриманні відомості використані під час проектних та будівельних роботах.

Аналізу фізико-механічних властивостей ґрунтів виконано відповідно до вимог додатка 8 БНіП 1.02.07-87 і додатка 2 "Посібника з проектування основ будинків і споруд (до БНіП 2.02.01-83)". Специфічними ґрунтами є насипні ґрунти, слабкі ґрунти та тріщинуваті ґрунти. Описувана територія міста Дніпро згідно ДБН В.1.1-12: 2006 розташована в

районі з 5-бальною сейсмічністю на картах повторюваності струсів (1 раз відповідно в 500 і 1000 років і 6 балів по карті для повторюваності струсів 1 раз в 5000 років). За ступенем стійкості ґрунти в виробках, в основному, абсолютно нестійкі і слабкої стійкості і тільки ґрунти на глибині більш ніж 50 метрів є середньої стійкості.

Наступним кроком обґрунтовано технологію проведення тунелю метро відповідно до отриманих даних з геологічного розрізу та визначення фізико-механічних властивостей. Обґрунтування передбачає розробку попередньо прийнятої технології, та певної послідовності робіт, відповідно до вимог нормативних документів. Запропонована технологія не передбачає проведення випереджальних свердловин з метою контролю масиву.

Третій розділ присвячений розробці методики моделювання поведінки масиву під навантаженням, яке утворюють гідродократи. Розробка методики моделювання полягає в обґрунтуванні методу дослідження, тобто необхідно розробити почерговий план проектних робіт. Проектування відбуватиметься в програмному комплексі «SolidWorks». Ця програма дозволяє виконувати роботи по проектуванню моделі та розрахунок різних параметрів.

Далі виконується розробка параметрів технології, тобто складається почерговий опис робіт, які необхідно виконати для того, щоб розпочати роботи з моделювання. Ці параметри дозволять проаналізувати проблему, визначити черговість операцій та оптимізувати кількість побудов, визначення площин, їх кількості та методів побудови.

Аналіз результатів моделювання виконується у вигляді порівнянні поведінки масиву при заходках на два, чотири та шість метрів.

Четвертий розділ передбачає розробку технології та організації робіт під час проведення перегінного тунелю метро за допомогою гідроклинових пристроїв. Наведені основні та

допоміжні роботи на один цикл робіт. Складено зведений план-графік робіт, та визначено процеси, які необхідно виконувати паралельно та послідовно. Розраховані кількісні показники процесів в залежності від довжини заходки. Кінцевим результатом є діаграма з показниками швидкостей проведення тунелю метро при заходках на два, чотири та шість метрів. Розроблена технологія проведення тунелю метро в тектонічно порушених гранітах передбачає заходки на чотири метри, що забезпечить швидкість в 767,04 метри за рік, або 63,92 метри за місяць.

У п'ятому розділі наведена оцінка ринкових перспектив розробленої технології та створено бізнес-модель з подальшою підготовкою стартап-проекту до інвестиційної стадії. Окрім створення бізнес-моделі, також виконано роботу по визначенню мети основних етапів реалізації стартап-проекту, зазначено ключові види діяльності, надано інформацію про партнерські організації, проведено роботу з вибору цільових груп потенційних споживачів та сформовано систему збуту. Паралельно з цими роботами складено локальний кошторис проекту, за яким загальна вартість будівництва на одну заходку складає 15874,78 грн.

ВИСНОВКИ

Магістерська дисертація є завершеною інженерно-геологічною роботою, у якій на основі моделювання поведінки масиву породи на який створюється тиск, який складається з тріщинуватих гранітів, розроблена технологія проведення тунелю метро в даних умовах для трьох видів заходок, в залежності від довжини, проведено порівняння та обрано найкращу схему згідно техніко-економічних показників.

Основні практичні результати полягають у наступному:

- надано повністю розроблена методика моделювання, обґрунтовано переваги та доречність використання програмного забезпечення «SolidWork», розроблена методика дослідження технології з встановленням по черговості робіт, які необхідно виконати для проведення правильного моделювання, проаналізовані результати моделювання згідно яких для утворення тріщини між свердловинами необхідно створити навантаження в 250 МПа, всі три варіанти довжин заходок: на два, чотири та шість метрів надають можливість проведення тунелю, тому що на кожному моделюванні утворюється тріщина.
- розроблена технологічна схема, згідно якої планується будівництво тунелю метро, складено та розроблено план-графік робіт для кожного виду заходок і проведено розрахунок швидкості проведення тунелю в залежності від довжини заходки. На наведеній діаграмі чітко помітно що розроблена технологія забезпечує максимальні техніко-економічні показники при заході довжиною чотири метри.
- проведено роботу з оцінки ринкових перспектив розробленої технології, надані переваги ідеї над вже існуючими технологіями, зазначені ключові види діяльності, надано перелік організацій, що можуть бути зацікавлені в розробленій технології, обрані цільові групи потенційних споживачів, розроблена формула система збуту, за якою планується продаж технології, та створена структура бізнес моделі технології.

СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

1. Стовпник С.М., Слюсарчук В.П. Технологія проведення метротунелю в тектонічно порушених

гранітах за допомогою бурової установки TES 20/40 та гідродомкратів / С.М. Стовпник, В.П. Слюсарчук / 13 міжнародна науково-практична конференція молодих вчених, аспірантів і студентів «Перспективи розвитку будівельних технологій» (м. Дніпро, Україна 2019 р.)

2. Стовпник С.М., Слюсарчук В.П. Розробка технології проведення метротунелю в тектонічно порушених гранітах за допомогою гідроклинових пристроїв / С.М. Стовпник, В.П. Слюсарчук / 5 науково-практична студентська конференція «Перспективи розвитку гірничої справи та раціонального використання природних ресурсів» (м. Житомир, Україна, 2018 р.)
3. Слюсарчук В.П. Аналіз моделювання поведінки масиву під навантаженням яке створюється гідродомкратами / В.П. Слюсарчук /), II науково-технічна конференція магістрантів ІЕЕ, за результатами дисертаційних досліджень магістрантів (м. Київ, Україна, 2019 р.)

АНОТАЦІЯ

Слюсарчук В.П. Розробка технології проведення метротунелю в тектонічно порушених гранітах за допомогою гідроклинових пристроїв. – рукопис.

Магістерська дисертація за спеціальністю 184 Гірництво (Геотехнічне і міське підземне будівництво). – Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського» МОН України, Київ, 2019.

Дисертацію присвячено розробці технології проведення метротунелю в тектонічно порушених гранітах за допомогою гідроклинових пристроїв. У роботі вирішено прикладне завдання проведення тунелю метро в тектонічно порушених гранітах.

Обґрунтовано вибір технологічної схеми, на базі якої відбувалося створення нової технології, яка дозволяє проводити перегінний тунель метро в тих місцях, де використання раніше відомих технологічних схем не допускається відповідно до нормативних документів.

Виконано моделювання поведінки масиву під час навантаження гідродомкратів, проаналізовано результати цієї поведінки, в залежності від довжини заходки. На базі результатів даного моделювання обране навантаження яке необхідно для утворення тріщини та прилади, які будуть використовуватися.

На основі моделювання встановлено роботи, які необхідно виконати для проведення тунелю метро, а також пораховано об'єми цих робіт. Надано план-графік організації робіт, пораховано темпи проведення тунелю в залежності від довжини заходки. Створено бізнес-модель розробленої технології та проведено оцінювання ринкових перспектив.

Ключові слова: SolidWorks, тунель, масив породи, граніт, навантаження, тиск, довжина заходки, моделювання.

АННОТАЦИЯ

Слюсарчук В.П. Разработка технологии проведения метротунелю в тектонически нарушенных гранитах с помощью гидроклиновых устройств. - рукопись.

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, 2019.

Диссертация посвящена разработке технологии проведения метротунелю в тектонически нарушенных гранитах с помощью гидроклиновых устройств. В работе решено прикладную задачу проведения тоннеля метро в тектонически нарушенных гранитах.

Обоснован выбор технологической схемы, на базе которой происходило создание новой технологии, которая позволяет проводить перегонный тоннель метро в тех местах, где использование ранее известных технологических схем не допускается в соответствии с нормативными документами.

Выполнено моделирование поведения массива при погрузке гидродомкратов, проанализированы результаты этого поведения, в зависимости от длины заходки. На базе результатов данного моделирования избранное нагрузки которое необходимо для образования трещины и приборы, которые будут использоваться.

На основе моделирования установлено работы, которые необходимо выполнить для проведения тоннеля метро, а также посчитано объемы работ. Предоставлен план-график организации работ, посчитано темпы проведения тоннеля в зависимости от длины заходки. Создан бизнес-модель разработанной технологии и проведена оценка рыночных перспектив.

Ключевые слова: SolidWorks, тоннель, массив породы, гранит, нагрузки, давление, длина заходки, моделирование.

ABSTRACT

Sljusarchuk V.P. Development of metro-tunnel technology in tectonically disturbed granites using hydro cline devices. - manuscript.

Master's thesis on the specialty 184 Mining (Geotechnical and urban underground construction). - National Technical University of Ukraine "Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute" MES of Ukraine, Kyiv, 2019.

The thesis is devoted to the development of metro tunnel technology in tectonically disturbed granites using hydro cline devices. The applied problem of conducting a subway tunnel in tectonically disturbed granites is solved in the paper.

The choice of technological scheme on the basis of which the creation of new technology, which allows to make a subway tunnel in places where use of previously known technological schemes is not allowed in accordance with regulatory documents, is substantiated.

Modeling of the behavior of the array during loading of hydraulic jacks is performed, the results of this behavior are analyzed, depending on the length of the setting. Based on the results of this simulation, the load required for the formation of cracks and devices to be used is selected.

Based on the simulation, the works that need to be performed for the subway tunnel are identified, as well as the volumes of these works. The schedule of work organization is provided, the tunneling rates are calculated depending on the length of the setting. The business model of the developed technology is created and the market prospects are evaluated.

Key words: SolidWorks, tunnel, rock mass, granite, loading, pressure, run length, simulation.