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

Самусь Олександр Сергійович

УДК 624.15

Будівництво метротунелю глубокого закладання на ділянці демонтування з конструкцією підсилення кріплення

Спеціальність 184 Гірництво (Геоінженерія)

Автореферат
магістерської дисертації професійного спрямування
на здобуття наукового ступеня магістра

Київ 2021

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

Захист відбудеться « 23 » грудня 2021 року о 12:00 годині на засіданні ЕК кафедри геоінженерії у «КПІ ім Ігоря Сікорського» за адресою: 03056, м. Київ-56, вул Борщагівська, 115.

Автореферат виставлено на сайті «21» грудня 2021 р.

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність теми. Сучасний Київ розвивається швидше, ніж його інфраструктури. У більшості випадків лінії метрополітену прокладають на актуальних маршрутах, але не за актуальних умов. Розширення гілки метрополітену підіймає низку проблем пов’язаних з цілісністю конструкції в період її будівництва (демонтажу існуючої тупикової частини, підсиленню робочого простору, проходку в умовах поганих ґрунтів).

Зараз як ніколи актуальним стоїть питання виникнення деформацій і руйнування масиву та конструкцій під впливом гірського тиску, вібрацій від прохідницького обладнання, а і в подальшому від вібрацій самого метрополітену, у таких зонах як:

- місце з’єднання тунельної частини зі стволом;
- клепіння стволу;
- гірський масив над прогоном.

Вирішення проблем із формуванням критичних зон напружень у конструкціях тунелів метрополітенів в сучасних умовах геотехнічного та міського підземного будівництва 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 даної роботи є визначення зон критичних напруг під дією навантаження та вібрацій для оптимізації конструктивних параметрів при спорудженні тунелю Сирецько-Печерської лінії метрополітену на житловий масив Виноградар в умовах демонтування конструкції з використанням підсилення кріплення.

Вказана мета досягається вирішенням наступних задач:

- проаналізувати світовий досвід при будівництві метро-тунелів;
- визначення нормативно-технічної бази та вимог, що керують процесом метробудування;
- визначення критичних зон, що виникають в процесі будівництва і експлуатації, на етапі проектування за допомогою комп'ютерного моделювання ;
- оптимізувати конструктивні параметри метро тунелю.

Методи дослідження. В процесі вирішення поставлених задач, були задіяні наступні методи дослідження:

-метод аналізу відомих даних

-метод узагальнення вже втілених у проектах рішень

-розрахунково-чисельний метод аналізу робочого простору

-техніко-економічний аналіз.

Практичне значення отриманих результатів полягає в наступному:

Практичне значення отриманих результатів полягає в наступному:

- запропонована конструкція з використанням підсилюючих елементів
- зникнення вигинаючи моментів;
- використання тюбінгового кріплення;
- влаштування армованої бетонної підготовки;
- об'єднання секцій оправи у ділянки довжиною, яка дорівнює відстані між деформаційними швами з омонолічуванням стиків;
- улаштування ґрунтоцементних завіс. Функції завіс виконують «стіни в ґрунті», що застосовуються для кріплення котлованів.

Назначаючи місця розташування деформаційних швів додатково враховано:

- зміну типу конструкції;
- зміну типу ґрунту в основі;
- місця примикання до основної оправи тунелю інших споруд.

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

Структура і обсяг дисертації.

Магістерська дисертація складається із вступу, п’яти розділів, висновків, списку використаних літературних джерел, який містить 43 найменувань. Основний текст викладено на 88 сторінках друкованого тексту, містить ___ рисунки, ___таблиць.

ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

У вступі обгрунтовано 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 проаналізовані існуючі типи спряжень та кріплення. Також розглянуто, які повинні бути вимоги до кріпельних матеріалів. Представлено як виконується із застосуванням різних способів та нових матеріалів на сьогоднішній день процес зведення кріплення капітальних виробок. Висвітлено питання вдосконалення кріплення і технології його зведення для зниження собівартості, матеріалоємності, енергоємності та трудомісткості проведення виробок.

В даному розділі порівнюється кріплень капітальних виробок різними матеріалами, що дає можливість оцінити перспективу використання не традиційних методів.

Представлено аналіз випадків виникнення руйнування у частині сполучення стволів з горизонтальними виробками, закріпленими двома способами – монолітне жорстке з'єднання, та податливе тюбінгове з розімкненим кріпленням, було з'ясовано, що жорстке кріплення має більш негативні наслідки руйнування, не може витримувати великі навантаження на зган та ростяг і призводить до руйнування всього елементу з'єднання вертикальними тріщінами вже через 3-5 років експлуатації, що є

недоцільним в умовах щільної міської забудови та постійному режимі експлкатації міських еомунікацій за рахунок метрополітенів. Тюбінгове кріплення показало себе з більш кращого боку стосовно податливості на деформації та збереженню цілісності виробки і елементів її сполучення.

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

У другому розділі розглянуто та висвітлено основні розрахункові положення.

З урахуванням взаємодії з навколишнім ґрунтовим масивом на навантаження виконано розрахунки конструкції.

Проведено аналіз існуючого рівня розвитку тунелебудування, який виконаний на підставі фактичних техніко-економічних показників виробничої діяльності найбільших вітчизняних та зарубіжних тунелебудівних організацій.

В даному проекті наведені результати інженерно-геологічних вишукувань, що були отримані на об'єкті "Будівництво дільниці Сирецько-Печерської лінії метрополітену від станції "Сирець" на житловий масив Виноградар з електродепо у Подільському районі" на підставі наукової діяльності здобувача вищої освіти. Надано вимоги, відповідно до яких виконані роботи з геологічних вишукувань.

В дипломному проекті передбачені заходи проти просідання тунелів від динамічного впливу руху поїздів та підтоплювання, такі як влаштування армованої бетонної підготовки, об’єднання секцій оправи у ділянки довжиною, яка дорівнює відстані між деформаційними швами з омонолічуванням стиків, а також улаштування ґрунтоцементних завіс. Функції завіс виконують «стіни в ґрунті», що застосовуються для кріплення котлованів.

Розглянуто вплив грунтових вод як несприятливий фактор у сейсмічному відношенні.

Також було проведено розрахунок навантажень в програмі Revit, за допомогою аддону РОБОТ.

З метою виключення небезпеки вивалів у пройдений ствол при спорудженні приствольних виробок, зумовлених впливом не виявлених при обстеженні ствола порушень кріплення та порід, а також можливими технологічними помилками, розроблено технологію зміцнення породного масиву та посилення кріплення з урахуванням положень розділу 3 дисертаційної роботи.

У третьому розділі розглянуто технологію проведення робіт.

Розглянуто основні технологічні положення та визначено обсяг робіт, а також сполучення тунелю з стволовою частиною по етапам виконання роботи з додержанням всіх необхідних норм.

Береться застосування класичних ТПМК з використанням однієї специфічної технології під час проходження в мінливих геологічних умовах може бути технічно або економічно недоцільним, так як ці прохідницькі машини дозволяють адаптувати метод розробки ґрунту та підтримання вибою до геологічних умов. А при зміні геологічних умов режим проходки може бути змінений за короткий час і з мінімальними витратами. За основу було взято Спеціальний ТПМК Variable Density®, який легко може впоратися з геологічними та гідрогеологічними змінами вздовж траси.

В одному з підрозділів наведена оцінка загальної жорсткості області сполучення скіпового ствола з відкатувальним горизонтом і горизонтом завантаження скіпів проводиться за допомогою аналізу напружено-деформованого стану аналізованої системи виробок за допомогою методу кінцевих елементів, реалізованого в пакеті прикладних програм ANSYS.

Розглянуто п'ять варіантів розташування пріствольних виробок щодо стовбура.

Також розглянуто вплив податливого шару на конвергенцію сполучення стовбура з середньою частиною дозаторної камери. Важливу роль відіграють криплення, такі як:

- Кріплення виробок - це штучна споруда, що зводиться для запобігання обвалу порід покрівлі, збереження необхідної площі поперечного перерізу привибійного простору та управління гірським тиском;

- привибійне кріплення, яке являє собою, як правило, раму, що складається з верхняка і стійок, що підбиваються під нього. З її основним прихначенням забезпечити безпечні умови роботи в вибої;

- посадкове кріплення, що виконує функцію ріжучої опори при керуванні покрівлею повним обваленням, воно може бути дерев'яним і металевим.

Четвертий розділ присвячений кошторису будівельних робіт. Наведені основні та допоміжні види робіт:

1. Монтаж напрямних для виходу щита у фінішному стволі.
2. Вигін першої та другої секції щита у фінішну шахту.
3. Монтаж кільця бандажного на оболонку щита.
4. Прибирання видавленого щитом ґрунту.
5. Промивання першої секції щита у стовбурі.
6. Промивання системи гідровідкатки чистою водою та відкачування води зі стовбура.
7. Демонтаж комунікацій між секціями щита.
8. Вихід та видача на поверхню по черзі двох секцій щита.
9. Промивання секцій щита на поверхні.
10. Промивання бентонітового ставу, станцій. Продування ставу та станцій стисненим повітрям.
11. Демонтаж става для чистої води на сепаратор та на бентонітовий вузол.
12. Демонтаж става системи гідровідкочування на поверхні.
13. Демонтаж електрокабелів від ствола до КУ, від КУ до генератора.
14. Демонтаж технологічних настилів.
15. Демонтаж прес-кільця з рами продавлювання.
16. Демонтаж ставів стисненого повітря, бетоніту, чистої води на поверхні.
17. Демонтаж бентонітового вузла.
18. Демонтаж фінішного ущільнення.
19. Демонтаж рами продавлювання.

У п’ятому розділі розроблено стартап проект «СПОРУДЖЕННЯ ЕЛЕМЕНТУ СПРЯЖІННЯ З ОПТИМІЗАЦІЄЮ КОНСТРУКТИВНИХ ПАРАМЕТРІВ». На початковому етапі стартап-проекту аналізуються цілі основних етапів даного проекту, а також аналізується світовий досвіду будівництва конструкцій сполучення стволу з тунелями метрополітену. Даний метод не є поширеним, проте вже застосовувався при будівництві метрополітенів.

При розгляді конструкції сполучення потрібно не лише оптимізувати конструктивні параметри, а й надати переваги даної конструкції для споживача, викласти нові проблеми, які необхідно вирішити при будівництві тунелю з використанням податливої конструкції. Головним завданням на цьому етапі є складання характеристики основних переваг шарнірного з’єднання конструкції при будівництві в умовах щільної міської забудови.

Наступним кроком при розробці стартап-проекту є опис можливих конкуруючих конструкцій, за допомогою яких також можливе спорудження тунелю для виводу щита до стволу метрополітену на масив Виноградар. Для цього необхідно виконати наступні етапи:

– розглянути монолітну та збірну конструкцію з двох збірних залізобетонних блоків та шарнірними вузлами, які розроблен конкурентами та мною, провести ретельний підбір техніко-економічних показників ;

– надати техніко-економічні показники запропонованої конструкції.

Після визначення переваг розробленої технології необхідно провести опис ресурсів, які плануються для використання, до таких ресурсів належать матеріальні, інтелектуальні, капітальні, нематеріальні, трудові, інформаційні та інші. При виконанні стартап-проекту необхідно враховувати зміни витрат, які зумовлені зацікавленістю підприємствами, які мають власні кошторисні відділи, вони працюють по різних розрахункових схемах, що першу чергу відображається на вартості проекту за рахунок закупівлі та матеріальних та інших ресурсів. Паралельно з цим на вартість проекту може вчиняти

вплив управлінські рішення керівного складу. Вартість капіталовкладень необхідно обґрунтувати та узагальнити в розроблений локальний кошторис. Даний кошторис передбачає розрахунок кошторисної вартості, кошторисної трудомісткості та інших параметрів. Локальний кошторис розробленої технології наведено нижче.

Після виконання локального кошторису та визначення вартості будівництва наступним кроком буде визначити ключовий вид діяльності та ключових партнерів. Для визначення яким чином планується досягатися мета, тобто розкривати способи виконання циклу робіт проекту необхідно провести аналіз та створити опис виду діяльності технології проведення траси тунелю метро.

Наступним кроком є пошук та підключення ключових партнерів, потім проводиться аналіз щодо цільових груп споживачів розробленої конструкції. Після цього наступним кроком в розробці стартап-проекту є визначення каналів збуту.

Головним завдання при розробці стартап-проекту є проектування та створення бізнес-моделі і комерційної частини розробленої шарнірної конструкції.

При будівництві конкурентоспроможної бізнес-моделі головним плюсом є оптимізація конструктивних параметрів тунелю метрополітену, а саме зменшення вартості конструкції при спорудженні на 5-10 %, зменшення вібровпливів, шуму під час руху поїздів та зменшення щільності армування, підвищення надійності, збільшення терміну експлуатації, зменшення витрат на експлуатацію та обслуговування. Ефективність вирішення поставлених задач під час спорудження тунелю метрополітену є технологічно доцільними та можуть прийматись до уваги під час будівництва метро.

Далі наводяться підсумкові результати виготовлення кошторисної документації.

Структура собівартості:

1. Кошторисна вартість (капітальна): 311904,933тис. грн.
2. Кошторисна заробітна плата: 6702,503 тис. грн.
3. Кошторична трудомісткість: 156872,08 тис. люд- год.

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 фундаментів вирішено прикладне завдання збільшення надійності підземних споруд через удосконалення конструкції фундаментів типу, що має важливе значення в умовах щільної міської забудови із збереженням залишків фундаментів кінця XIX ст., що належать до історичної спадщини. Дана робота актуалізує питання щодо ролі мереж метро на інноваціях та кількісно оцінює ефект від використання інноваційних технологій при будівництві нових станцій. Результати показують, що метро полегшує пасажиропотік, зменшуючи витрати на комунікацію та збільшуючи можливість безперешкодного пересування.

Зручний та ефективний транспорт у міській місцевості, що поширюється у багатьох країнах світу – метро. Найкращій варіант для покращення швидкості переміщення та зменшення транспортних витрат.

Але будь-яке спорудження, незалежно від свого призначення, в процесі експлуатації деформуються, розхитуються й руйнуються, приходячи в аварійний стан. Запобігти цю ситуацію дозволяє своєчасно проведений ремонт і посилення будівельних конструкцій будівель і споруд.

Кількість збудованих тунелів протягом останніх десятиліть поступово збільшується через швидкий розвиток міських районів. Однак проблеми взаємодії ґрунт-структура, що виникають при перпендикулярному перетині тунелів зі стволами, привертали відносно мало уваги дослідників у минулому. У цьому дослідженні було проведено три варіанти тривимірних скінченно-елементних аналізів для імітації виїмки тунелю поблизу існуючого стволу, що перетинаються перпендикулярно, у спробі дослідити вплив послідовностей будівництва на тунель і ствол що перетинається. Гіпопластична конститутивна модель для

гірського масиву прийнята при чисельному аналізі для врахування жорсткості ґрунту на малу деформацію.

Слабкий гірський масив має характеристики легкого розм'якшення, погану цілісність, низьку механічну міцність тощо, що дозволяє легко викликати різні ступені деформації та пошкодження при порушенні земляних робіт, а потім серйозно впливає на стабільність тунелю. Проведення прогнозних досліджень деформації тунелю м'яких порід та проектування опорної конструкції за прогнозованим значенням має велике значення для інженерного будівництва та проектування. На основі чисельного аналізу прогнозується деформація склепіння, плеча та пояса тунелю з м'якими породами, а потім проектується специфічна опора з використанням підсилюючих елементів (у випадку їх потрібності) в області максимального прогнозованого значення. Також контрольні впливи різних типів кріплень, відстані між ними, довжини прогонів і максимальне переміщення гірських масс та максимальне напруження навколишньої породи аналізуються за допомогою чисельного моделювання.

Анотація

Самусь О. С. Будівництво метротунелю глубокого закладання на ділянці демонтування з конструкцією підсилення кріплення.

Дисертація на здобуття наукового ступеня магістра за спеціальністю 184 Гірництво. – Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського», Київ 2021.

У дисертації запропоновано та обґрунтовано вибір використання полімрних матеріалів та шарнірно з'єднаних тюбінгів, при будівництві спряжіння тунелів глибокого закладання зі стволами. Склепіння тунелю та бічна поверхня розімкненого стволу піддаються впливу фізичних та геотехнічних факторів, внаслідок яких може відбутися їх обвалення. Такими факторами є активний і пасивний тиск ґрунту, гідростатичний тиск води, технологічні навантаження на брівці і дні виробки. Рішення даної проблеми полягає у влаштуванні шарнірних

елементів з’єднання конструкцій спряжіння і їх посилення. Кріплення виробок у різних умовах може здійснюватися за допомогою різних систем.

Ключові слова: конструкція спряжіння; тунель глибокого закладання; виробка, сполучення, деформації.

Abstract

Samus O.S. Construction of a deep-seated subway tunnel on the dismantling section with a reinforcement reinforcement structure.

The dissertation on competition of a scientific degree of the master on a specialty 184 Mining. - National Technical University of Ukraine "Kyiv Polytechnic Institute named after Igor Sikorsky", Kyiv 2021.

The master's dissertation the choice of the use of polymeric materials and hinged tubes in the construction of the conjugation of deep tunnels with trunks is proposed and substantiated. The vault of the tunnel and the side surface of the open shaft are exposed to physical and geotechnical factors, which may result in their collapse. Such factors are active and passive soil pressure, hydrostatic water pressure, technological loads on the curb and the bottom of production. The solution to this problem is to arrange the hinged elements of the coupling structures and strengthen them. Fastening of workings in different conditions can be carried out by means of various systems.

Keywords: conjugation construction; deep tunnel tunnel; production, connection, deformation.

Самусь Олександр Сергійович

Будівництво метротунелю глубокого закладання на ділянці демонтування з конструкцією підсилення кріплення

Спеціальність 184 «Гірництво»

Автореферат
магістерської дисертації професійного спрямування
на здобуття наукового ступеня магістра