

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

Мусихін Мар'яна Юріївна

УДК 624.15

**СПОРУДЖЕННЯ ДВОРІВНЕВОГО ТУНЕЛЮ
МЕТРОПОЛІТЕНУ З ОПТИМІЗАЦІЄЮ
КОНСТРУКТИВНИХ ПАРАМЕТРІВ**

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, доцент Стовпник Станіслав Миколайович, Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського», завідувач 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. На сьогоднішній час для кожного мегаполісу розвиток інфраструктури громадського транспорту є актуальною задачею. Можливість збільшення пасажиропотоків наземним транспортом обмежена, тому потрібно інтенсифікувати підземне транспортування, а саме розвинути мережу метрополітену. Цей вид транспорту найбільше відповідає комфортним та ритмічним перевезенням в місті, тому сьогодні займає біля 50 % міських перевезень і залишається єдиним транспортом, що безперервно і швидко з'єднує віддалені частини міста з центром.

Спорудження метро є складною інженерною задачею, де в першу чергу враховується безпека людей. Інженерно-геологічні умови будівництва є різноманітними і тому, в першу чергу, проводяться розвідувально-пошукові роботи, складаються технічні проекти, визначається кошторисна вартість проекту.

На даний час в Києві передбачено продовження Сирецько-Печерської лінії метрополітену зі станціями Мостицька та Проспект Правди, спосіб будівництва яких є новітнім для України, адже вперше буде застосована дворівнева конструкція тунелю метрополітену. Частина тунелю будуть споруджувати способом «стіна в ґрунті» в умовах щільної міської забудови, якраз в цій зоні буде розташована дворівнева конструкція тунелю, далі траси тунелів будуть розгалужуватись і переходити на однорівневі.

Визначення питань з формуванням критичних зон напружень у дворівневих конструкціях тунелів метрополітенів в сучасних умовах 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 критичних зон концентрації напружень дією комбінованих навантажень для оптимізації конструктивних параметрів при спорудженні дворівневого тунелю Сирецько-Печерської лінії метрополітену від станції «Сирець» на житловий масив Виноградар.

Вказана мета досягається вирішенням наступних задач:

- аналіз світового досвіду при будівництві дворівневих метротунелів;
- узагальнення нормативно-технічних вимог до спорудження дворівневого метротунелю;
- визначення критичних зони напружень двоярівневої конструкції за допомогою програми «SCAD»;
- оптимізація конструктивних параметрів двоохрівневого тунелю.

Об'єктом дослідження є дворівнева конструкція метротунелю Сирецько-Печерської лінії метрополітену.

Предметом дослідження є напружено-деформований стан дворівневої конструкції метрополітену з урахуванням конструктивних особливостей.

Методи дослідження. При вирішенні поставлених в роботі завдань використано наступні методи досліджень: метод аналізу та узагальнення відомих результатів практичного досвіду при проектуванні та розрахунках конструкцій дворівневого тунелю метрополітену, які споруджуються методом «стіна в ґрунті», метод техніко-економічного аналізу.

Практичне значення отриманих результатів полягає в наступному:

- запропонована конструкція двоохрівневого тунелю зі зменшенням зони вібраційного впливу;
- зменшення зон вигинаючих моментів;
- зменшення щільності армування.

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 доповідалася на VI Всеукраїнської науково-практичної конференції студентів, аспірантів та молодих вчених «Перспективи розвитку гірничої справи та раціонального використання природних ресурсів»(м. Житомир, 2019 р.) ; II МІЖНАРОДНА НАУКОВО-ТЕХНІЧНА КОНФЕРЕНЦІЯ «ПРОБЛЕМИ ГЕОІНЖЕНЕРІЇ ТА ПІДЗЕМНОЇ УРБАНІСТИКИ» 29-31 травня 2019 року; II науково-технічна конференція магістрантів ІЕЕ(2019).

Структура і обсяг дисертації.

Магістерська дисертація складається із вступу, чотирьох розділів, висновків, списку використаних літературних джерел, який містить __ найменувань. Основний текст викладено на __ сторінках друкованого тексту, містить __ рисунків, __ таблиць(і) та __ графіка.

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 досвід будівництва дворівневих конструкцій тунелів метрополітенів у світі, виконано аналіз нормативно-технічних вимог до дворівневої конструкції Сирецько-Печерської лінії метрополітену, проаналізовано інженерно-геологічні та гідрогеологічні умови при спорудженні дворівневої конструкції та обґрунтовано вибір дворівневої конструкції.

Проведений аналіз досвіду спорудження дворівневих конструкцій показав, що під час багаторазового використання проходницьких щитів потрібно збільшувати їх діаметр.

Щитові комплекси застосовуються в залежності від інженерно-геологічних умов. Такі приклади будівництва метро можна існують в Мадриді, Барселоні, Санкт-Петербурзі. Завдяки спорудженню дворівневих конструкцій можна суттєво зменшити тривалість будівництва, спростити процес проектування, значно зменшити витрати на будівництво, саме такі конструкції можна споруджувати в різних інженерно-геологічних умовах та найдоцільніше використовувати в умовах щільної міської забудови.

Нормативно-технічні вимоги для будівництва дворівневої конструкції відповідають розробленим конструктивним рішенням, інженерно-геологічним та гідрогеологічним умовам, передбачена механізація робіт, використання нових технологій та техніки, збереження споруд в зоні будівництва, комунікацій, мінімальному перекладанню інженерних мереж під час будівництва, забезпеченню руху по прилеглих територіях, збереженню благоустрою. Згідно вказівок щодо застосування ресурсних кошторисних норм на будівельні роботи з обмеженням в забудованій частині міста інтенсивного руху міського транспорту, збереженням насаджень, виробничих та житлових будинків, розгалужень підземних мереж і комунікацій.

Досліджувана конструкція тунелю передбачена до розташування в умовах морено-зондрової рівнини Полісся в межах балки, в розрізі якої переважають піски, супіски та суглинки. В районі будівництва протікає струмок, русло якого змінене. Геологічними дослідженнями визначено, що неорганічне середовище слабо агресивне, вплив рідких неорганічних середовищ на арматуру при постійному замоченні неагресивний. При розробці котловану для спорудження дворівневої конструкції виявлені піски мілкої та середньої крупності, супіски тверді, суглинки тверді і туго пластичні, «строката» тверда та напівтверда глина. Рівень ґрунтових вод знаходиться нижче підшови конструкції.

Спорудження перегінного тунелю виконується комбінованим способом будівництва (щитова проходка та метод

«стіна в ґрунті»). Це доцільно використовувати в умовах щільної міської забудови, також передбачене інноваційне впровадження віброзахисту для покращення комфорту проживання людей.

У другому розділі проаналізовано результати розрахунків відомих дворівневих конструкцій, обґрунтовано метод дослідження, надані результати розрахунків у програмі SCAD, виконаний порівняльний аналіз відомих та запропонованої конструкції.

Проектування в SCAD дозволяє виконувати чисельний аналіз з метою визначення напружено-деформованого стану оправ. Для спорудження тунелів мілкого закладання розроблена методика створення SE для числового аналізу та алгоритм для моделювання в модулі Structure CAD (SCAD).

Для кожного варіанту було задано кількість вузлів та деформаційні характеристики. НДС оправ для всіх варіантів дворівневих конструкцій виявився складним та асиметричним і в кожному випадку проявлявся по різному.

Напружено-деформований стан оправ для трьох варіантів конструкцій в різних рівнях відповідає критеріальним умовам міцності.

Після розрахунків запропонованого варіанту конструкції зі збірними двоповерховими блоками та шарнірними вузлами можна зробити висновок, що ця конструкція забезпечує стійкість тунелю, зменшення вібровпливу при русі потягів. Розкриття тріщин і прогини в елементах не перевищують дозволених.

Задана для моделювання дворівнева конструкція матиме вигляд (рис.1).

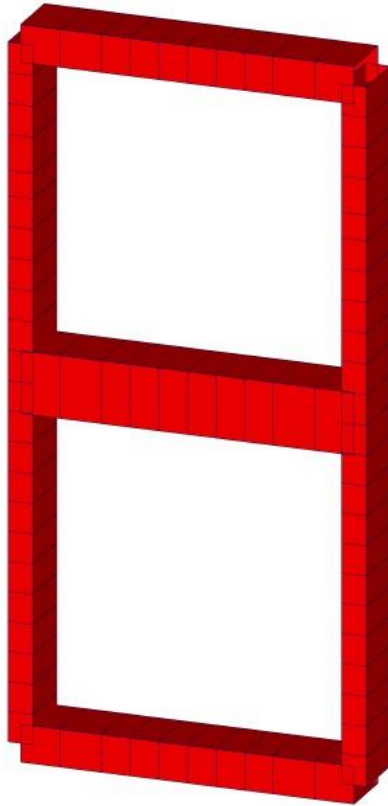


Рис.1 Дворівнева конструкція в 3D моделі

Третій розділ присвячений технології та організації робіт під час спорудження дворівневої конструкції тунелю метрополітену. Наведена інженерна підготовка, основні та допоміжні роботи для підготовчого та основного періодів будівництва.

Роботи основного періоду:

- розробка котловану;
- зведення «стіни в ґрунті»
- монтаж конструкції;
- влаштування гідроізоляції, вентиляції, каналізації;
- забезпечення електропостачання, водовідливу.

У четвертому розділі розроблено оптимізацію конструктивних параметрів дворівневої конструкції тунелю метрополітену.

ВИСНОВКИ

Магістерська дисертація є завершеною інженерно-дослідною роботою, в якій на основі вихідних даних про інженерно-геологічні та гідрогеологічні умови, характеристик та аналізу дворівневої конструкції здійснена оптимізація конструктивних параметрів з визначенням критичних зон, що має важливе значення в умовах щільної міської забудови із зменшенням використаного підземного простору.

Основні практичні результати роботи полягають:

- при спорудженні дворівневої конструкції тунелю необхідно врахувати НДС оправи, інженерно-геологічні умови.
- за результатами розрахунку дворівневої конструкції з допомогою комплексу **Structure CAD (SCAD)** отримані горизонтальні і вертикальні переміщення, нормальні, поперечні, дотичні та поздовжні напруження, вигинаючі моменти та підтверджена міцність конструкції.

СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

1. Мусихін М.Ю., Стовпник С.М. «Особливості і технологічні переваги дворівневого тунелю» матеріали конференції Перспективи розвитку гірничої справи та раціонального використання природних ресурсів, Житомир, 2019;
2. Мусихін М.Ю., Діхтяренко Л.В. «Перспективність застосування дворівневого методу будівництва ліній метрополітену» матеріали II МІЖНАРОДНОЇ НАУКОВО-ТЕХНІЧНОЇ КОНФЕРЕНЦІЇ «ПРОБЛЕМИ ГЕОІНЖЕНЕРІЇ ТА ПІДЗЕМНОЇ УРБАНІСТИКИ», 2019;

3. Мусихін М.Ю., Стовпник С.М. «Обґрунтування дворівневих конструкцій метрополітенів» матеріали II науково-технічної конференції магістрантів ІЕЕ,2019.

АНОТАЦІЯ

Мусихін М.Ю Спорудження дворівневого тунелю метрополітену з оптимізацією конструктивних параметрів.-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 оптимізації конструктивних параметрів дворівневого тунелю. У роботі вирішено прикладне завдання зменшення вібровпливу, шумоізоляція, зменшення арматури при спорудженні конструкції.

На основі моделювання встановлено раціональні параметри конструктивних рішень та характеристик матеріалів дворівневої конструкції тунелю, а також надано рекомендації до реалізації .

Ключові слова: дворівнева конструкція, «стіна в ґрунті», тунель метрополітену.

АННОТАЦИЯ

Мусихин М.Ю. Сооружение двухуровневого тоннеля метрополитена с оптимизацией конструктивных параметров.-рукопись.

Магистерская диссертация по специальности 184 горное (Геотехническое и городское подземное строительство). - Национальный технический университет Украины «Киевский политехнический институт имени Игоря Сикорского» МОН Украины, Киев, 2019.

Диссертация посвящена оптимизации конструктивных параметров двухуровневого тоннеля. В работе решено прикладную задачу уменьшения вибровлияния, шумоизоляция, уменьшение арматуры при сооружении конструкции.

На основе моделирования установлено рациональные параметры конструктивных решений и характеристик материалов двухуровневой конструкции тоннеля, а также даны рекомендации к реализации.

Ключевые слова: двухуровневая конструкция, «стена в грунте», тоннель метрополитена.

ANNOTATION

Musykhin M.Yu. Construction of a two-level subway tunnel with optimization of design parameters.-manuscript.

Master's Thesis on specialty 184 Mining (Geotechnical and Urban Underground Construction). - National Technical University of Ukraine "Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute", MES of Ukraine, Kyiv, 2019.

The dissertation is devoted to optimization of design parameters of a two-level tunnel. In the work the applied problem of reduction of vibration influence, noise isolation, reduction of reinforcement at construction of a structure is solved.

Based on the simulation, rational parameters of the structural solutions and material characteristics of the two-level tunnel structure were established, as well as recommendations for implementation.

Keywords: two-level structure, “wall in soil”, subway tunnel.