

Прийнято до спеціалізованої
вченої ради ДФ 08.084.033
13.08.2024р.

РЕЦЕНЗІЯ

доцента кафедри «Транспортна інфраструктура»

Залова С.В.р.
д.т.н., проф.

Українського державного університету науки і технологій,
кандидата технічних наук, доцента Дубінчик Ольги Іванівни

на дисертаційну роботу Белікової Софії Іванівни

«Закономірності напружено-деформованого стану багатошарового кріплення

похилих тунелів, що споруджуються новоавстрійським способом»,

подану на здобуття наукового ступеня доктора філософії

за спеціальністю 192 – Будівництво та цивільна інженерія,

галузь знань 19 – Архітектура та будівництво

Актуальність теми дисертаційної роботи

Впровадження в будівництво нових технологій спорудження або імплементація технологій, що не були розповсюдженими в Україні, але ефективно застосовувалися в світі, потребує всебічного наукового обґрунтування. Спроба впровадження таких технологій буває успішною лише тоді, коли на базі вже існуючого досвіду та обсягу технологічних властивостей нові прийоми мають основу для їхньої імплементації.

Так, наприклад, новоавстрійський спосіб спорудження тунелів (НАТМ), який отримав теоретичне обґрунтування та концептуалізацію ще в 60-х роках минулого сторіччя, в Україні до 2016 року вважався новим з позиції технологічного втілення методом проходки тунелів. Справа в тому, що український досвід спорудження горизонтальних, вертикальних та похилих виробок базувався на принципах, які успішно втілювалися у виробництво. Так, приціл на збірність конструкцій був основним, що геть не співпадає з НАТМ, «філософія» якого базується на монолітному торкрет-бетонуванні.

Відповідно, успішне впровадження НАТМ, яке в Україні відбулося під час будівництва Бескидського тунелю в Карпатах, потребувало ревізії накопиченого досвіду і в деяких технологічних моментах повної відмови від існуючих напрацювань, що стало позитивним досвідом підземного будівництва і будівництва взагалі.

Другий підхід до впровадження НАТМ в Україні відбувся в м. Дніпрі під час поновлення будівництва метрополітену турецькою компанією «ЛІМАК», багаторічний досвід якої базувався і базується на планомірному використанні в будівництві новоавстрійського методу спорудження тунелів. Під час роботи по спорудженню різноманітних підземних об'єктів, що була перервана широкомасштабним вторгненням російської федерації в Україну, був накопичений досвід будівництва тунелів, який був новим і по відношенню до Бескидського досвіду.

Справа в тому, що підземні об'єкти метрополітену мають різне орієнтування в просторі: горизонтальні – перегінні тунелі і станційні комплекси, вертикальні – шахтні стволи, похилі під 30 градусів – ескалаторні тунелі. При цьому всі вказані об'єкти, окрім перегінних тунелів, є виробками великого перерізу, що викликають в породному масиві формування потужного напружено-деформованого стану. Ескалаторні тунелі, окрім вищезазначених характеристик, мають специфіку закладення в шаруватому масиві, який наявний в м. Дніпрі: верхній шар представлений слабкими глинястими і піщаними породами, нижній шар є магматичною товщею плагіогранітів.

Таким чином, визначено складність підземних об'єктів та оточуючого породного масиву, які прямо впливають на технологію НАТМ, основні принципи якої залишаються незмінними, однак потребується коригування у їхньому застосуванні, яке можливе лише після отримання закономірностей напружено-деформованого стану загальної системи. Так, безсумнівно слід реалізовувати технологію розробки перерізу виробки по частинам, що потребує наукового знання зміни напружень і переміщень на кожному етапі робіт. Однозначно, слід створювати несучу конструкцію, виходячи з основоположного принципу НАТМ, тобто, спочатку влаштовується тимчасове кріплення, а потім – постійна оправа. Не викликає сумнівів, що слабкі породи верхньої частини інженерно-геологічних умов м. Дніпра слід закріплювати, застосовуючи спеціальні способи.

Складена комплексна наукова задача, яка позначена науковою новизною і практичною значимістю, і полягає в отриманні закономірностей напружено-

деформованого стану багат шарового кріплення похилих тунелів, що споруджуються НАТМ.

З проаналізованого слід відмітити, що рішення цієї задачі можливе лише з урахуванням намічених напрямків: 1) врахування стадійності робіт з отриманням переміщень та силових факторів тимчасового кріплення, яке є багат шаровим (анкери, арочна система, торкрет-бетон); 2) відображення багат шаровості загальної системи «породний масив – тимчасове кріплення – постійна оправа»; 3) дослідження впливу закріплення слабких ґрунтів.

Виходячи з вищезазначеного, проведене авторкою дослідження слід вважати актуальним. Розробка теми має важливе значення на галузевому та державному рівні, в теоретичному та прикладному контексті.

Зв'язок дисертації з науковими темами, програмами та планами

Дисертаційна робота виконана відповідно до тематики науково-дослідних робіт Українського державного університету науки і технологій, а саме держбюджетних науково-дослідних робіт «Теоретико-практичні основи визначення напружено-деформованого стану в оправах підземних конструкцій метрополітенів» (номер державної реєстрації 0121U108031) та «Обґрунтування інноваційних технологій спорудження тунелів і метрополітенів» (номер державної реєстрації 0123U101271). Авторка була виконавицею робіт за вказаними науково-дослідними роботами, результати дисертаційної роботи у вигляді результатів чисельного аналізу ескалаторного тунелю використані під час написання звіту обох вказаних робіт.

Наукова новизна і практичне значення дисертаційної роботи

Наукова новизна отриманих результатів полягає в обґрунтуванні напружено-деформованого стану багат шарового кріплення похилих тунелів, що споруджуються новоавстрійським способом, а саме:

1. Вперше отримано закономірності зміни переміщень та силових факторів тимчасового кріплення похилої виробки, які доводять, що величини нормальних

сил на всіх стадіях його роботи зменшуються від п'яти до замку в 2,35...5,35 разів, разом з тим згинальні моменти від п'яти до замку збільшуються від 2,4 до 11,3 разів, причому менше значення характерне для стадії розкриття штроби.

В ході вирішення поставленої комплексної задачі обґрунтування технології НАТМ для ескалаторного тунелю первинною інформацією є наукове знання зміни напружено-деформованого стану тимчасового кріплення. Авторка отримала закономірності, які є базовими для НАТМ, оскільки в подальшому на них ґрунтується етап вторинної, тобто несучої конструкції. Наукові результати, що характеризують зміну силових факторів та переміщень системи з анкерів, арки та торкрет-бетону, позначені науковою новизною.

2. Вперше проведений порівняльний аналіз двох варіантів закріплення слабких ґрунтів (заморожування і цементації) з урахуванням стадійності спорудження кріплення похилого ходу, який довів зменшення вертикальних переміщень для випадку цементації, при якому вертикальні максимальні переміщення менше в 6,36 разів у першій стадії розробки та 5,67 разів у другій стадії на відміну від заморожування.

Без закріплення слабких ґрунтів, як вже було відмічено вище, спорудження ескалаторного тунелю Дніпровського метрополітену дуже ускладнене, якщо взагалі можливе. Дослідження двох технологій, а саме заморожування і цементації, які є конкурентними між собою і не мають однозначного вибору однієї з них, авторкою приведені узагальнення на основі чисельного аналізу, результати якого свідчать про однозначно ефективний вплив цементації. Отримані під час чисельного аналізу закономірності напружено-деформованого стану для кожного зі способів закріплення позначені явною науковою новизною.

Практичне значення полягає в розробці положень чисельного розрахунку, які в ході рішення базуються на отриманих теоретичних закономірностях. Ці положення дозволяють контролювати напружено-деформований стан оправи похилої виробки шляхом підбору комбінації тимчасового кріплення та влаштування додаткового хімічного закріплення оточуючого масиву.

Одержані в дисертаційній роботі закономірності напружено-деформованого

стану реалізовані Беліковою С. І. в методиці математичного моделювання, дозволяють проводити параметричний аналіз арочного та анкерного кріплення, а також відображати умови закріплення масиву під час заморожування або цементації. Результати, отримані після реалізації авторської методики математичного моделювання ескалаторного тунелю Дніпровського метрополітену підтверджують високий рівень практичного значення дисертації.

Оцінка змісту дисертації

Дисертація складається із вступу, чотирьох розділів основної частини, висновків та списку використаних джерел. Загальний обсяг – 108 сторінок, з них 89 сторінок основного тексту, 34 рисунки на 33 сторінках, 2 таблиці на 2 сторінках, список використаних джерел з 95 назв на 10 сторінках.

У вступі обґрунтовано актуальність теми кваліфікаційної роботи, її важливість для обґрунтування напружено-деформованого стану похилої виробки, представленої в дисертаційній роботі ескалаторним тунелем метрополітену, надані формальні ознаки роботи та поставлені її основні задачі.

В першому розділі (26 сторінок) авторкою проведено аналіз стану питання проектування, розрахунку і спорудження похилих тунелів NATM, визначені основні особливості методу у вирішенні задачі будівництва похилого ходу. Розгляд основних методів розрахунку, моделювання і прогнозування конструкції (аналітичних, експериментальних та чисельних) дозволив обґрунтувати розрахункову стратегію дослідження конструкції похилого тунелю.

В другому розділі (22 сторінки) для проведення чисельного аналізу створено скінченно-елементні моделі похилої виробки, що споруджуються під час будівництва Дніпровського метрополітену. Вперше отримано закономірності зміни переміщень та силових факторів тимчасового кріплення похилої виробки, які дозволили сформулювати перше наукове положення дисертаційної роботи.

В третьому розділі (14 сторінок) проаналізовано досвід застосування двох методів закріплення слабких ґрунтів, а також розроблена скінченно-елементна модель системи «виробка – кріплення – оточуючий масив», яка дозволяє імітувати

додаткове кріплення масиву (заморожування та цементацию) у ґрунтах навколо виробки. Отримані результати порівняльного аналізу двох варіантів закріплення слабких ґрунтів (заморожування і цементациї) з урахуванням стадійності спорудження, які дозволили сформулювати друге наукове положення дисертаційної роботи.

В четвертому розділі (16 сторінок) проаналізовано результати розробки похилого ескалаторного тунелю Дніпровського метрополітену на базі маркшейдерських випробувань, проведення буровибухових робіт і застосування хімічного закріплення слабких ґрунтів шляхом цементациї.

Дисертація Белікової С. І. підсумовується загальними висновками, що послідовно та логічно витікають із змісту роботи та відповідають поставленим цілям. Вона повною мірою відповідає спеціальності 192 «Будівництво та цивільна інженерія», галузь знань 19 «Архітектура та будівництво».

Повнота опублікування матеріалів дисертаційної роботи

За темою дисертації на тему «Закономірності напружено-деформованого стану багат шарового кріплення похилих тунелів, що споруджуються новоавстрійським способом» Беліковою С. І. опубліковано 10 наукових публікацій, що повно розкривають основний зміст дисертаційної роботи та є апробацією результатів, отриманих при підготовці дисертаційної роботи, з яких 4 фахові статті в журналах категорії «Б» та 6 тез доповідей міжнародних наукових конференцій (з яких 2 індексуються у наукометричній базі Scopus).

Основні положення дисертації опубліковані у вигляді статей у фаховому збірнику наукових праць «Мости та тунелі: теорія, дослідження, практика» (Дніпро, категорія «Б») № 20, 21, 23 (Дніпро, 2020-2023) та науковому журналі «Наука та прогрес транспорту» (Дніпро, категорія «Б») № 2(102) (Дніпро, 2023), у доповідях на 78, 79 та 81 Міжнародних науково-практичних конференціях «Проблеми і перспективи розвитку залізничного транспорту» (Дніпро, 2018, 2019, 2021), Міжнародної науково-технічної конференції «Транспортні споруди: стан, проблеми збереження, ремонт» (Харків, 2019) на International Conference Essays Of

Зауваження по дисертації

1. В першому розділі дисертаційної роботи виконано детальний порівняльний аналіз технологій спорудження ескалаторного тунелю та наведено особливості НАТМ. Однак, порівняння НАТМ зі способами, що базуються на принципі збирання оправ з елементів (блоків або тубінгів), для виявлення явних переваг підходу монолітного бетонування не зроблено.

2. В другому розділі наведено обґрунтування плоскої постановки для випадку ескалаторного тунелю і розроблено скінченно-елементну модель в комплексі «ЛІРА», причому породний масив змодельовано елементами типу «пластина», а двотавр арки тимчасового кріплення – стрижнем. Чи таке поєднання елементів різної метрики не викликає проблем під час розрахунку?

3. В третьому розділі проаналізовано такі системи цементації як монофлюїдна, біфлюїдна та трифлюїдна, однак незрозуміло, яка саме з них була застосована під час будівництва Дніпровського метрополітену і була змодельована авторкою в скінченно-елементній моделі для порівняння із варіантом заморожування.

4. В четвертому розділі розглянуто розробку порід перерізу ескалаторного тунелю знизу вгору з використанням буровибухових робіт і наведено її переваги, однак не проаналізовано її недоліки.

5. В дисертаційній роботі бажано було б розглянути порівняння вибраних методів закріплення слабких ґрунтів з екологічного напрямку.

Загальна оцінка дисертації та її відповідність вимогам

Дисертаційна робота Белікової Софії Іванівни на тему «Закономірності напружено-деформованого стану багат шарового кріплення похилих тунелів, що споруджуються новоавстрійським способом» є закінченим самостійним дослідженням, в якому отримані нові наукові результати, що в сукупності дозволили досягти поставленої мети отримання закономірностей напружено-

деформованого стану багат шарового кріплення похилих тунелів, що споруджуються новоавстрійським способом.

За актуальністю, ступенем новизни, обґрунтованістю та практичним значенням здобутих результатів дисертаційна робота повною мірою відповідає змісту спеціальності 192 – «Будівництво та цивільна інженерія» й напряму наукових досліджень освітньо-наукової програми «Будівництво та цивільна інженерія» Українського державного університету науки і технологій, а також вимогам «Порядку присудження ступеня доктора філософії та скасування рішення разової спеціалізованої вченої ради закладу вищої освіти, наукової установи про присудження ступеня доктора філософії», затвердженого постановою Кабінету Міністрів України від 12 січня 2022 р. № 44.

Авторка дисертаційної роботи, Белікова Софія Іванівна, заслуговує на присудження наукового ступеня доктора філософії за спеціальністю 192 – Будівництво та цивільна інженерія.

Рецензент,
доцент кафедри
«Транспортна інфраструктура»
Українського державного
університету науки і технологій,
канд. техн. наук, доцент

Ольга ДУБІНЧИК

Згідно О. ДУБІНЧИК засвірюю

Леся ШМАКОВА

Леся ШМАКОВА

