

## ВІДГУК

офіційного опонента

доктора технічних наук, доцента Гапеева Сергія Миколайовича  
на дисертаційну роботу Мірошника Віталія Анатолійовича

**«Керування напружено-деформованим станом вертикальних виробок  
при застосуванні різних видів кріплення»,**

подану на здобуття ступеня «доктор філософії»

за спеціальністю 192 – Будівництво та цивільна інженерія

### Актуальність теми дисертаційної роботи

Вертикальна виробка, яка, будучи закріпленою, стає шахтним стволом, є первинною для підземного будівництва, зокрема, спорудження метрополітенів, оскільки саме завдяки ній розпочинаються будівельні роботи і відкривається їх широкий фронт. Складність взаємодії такої виробки із оточуючим її масивом полягає у тому, що частіш усього ґрунти і гірські породи є слабкими, а гідрогеологічна ситуація характеризується значними водопроявами. Будівництво шахтних стволів також ускладнюється з причини застосування різноманітних спеціальних методів будівельних робіт.

На сьогоднішній день активізація будівництва метрополітенів в м. Дніпро та м. Київ потребує вирішення низки задач під час застосування спеціальних методів, тобто наукового обґрунтування їх використання в конкретних умовах. Дисертаційна робота присвячена вирішенню деяких з них, що, без сумнівів, характеризує її як актуальну наукову роботу.

Для вирішення поставлених завдань та досягнення мети дисертаційної роботи автором застосовано чисельний аналіз. Цей концептуальний прийом є адекватним для вирішення задачі пошуку напружено-деформованого стану (НДС) багат шарової системи «тимчасове кріплення – оправа – оточуючий масив». Він доказав свою ефективність, дозволивши автору отримати закономірності кардинально різних геомеханічних систем, що позначені багат шаровістю – шахтного ствола із кріпленням з буросічних паль (умови Дніпровського метрополітену) й шахтного ствола із льодоґрунтовым огороженням (умови Київського метрополітену).

Важливою ідеєю, розвинутою в роботі, є керування НДС, тобто його зміна в залежності від спектру різних чинників, реалізація якої можлива із застосуванням отриманих автором нових закономірностей.

**Ступінь обґрунтованості основних наукових положень і висновків, сформульованих у дисертації** забезпечується коректним застосуванням математичного апарату, високим рівнем володіння розрахунковим комплексом та порівнянням результатів чисельного аналізу скінченно-елементної моделі

Тришкіно 90  
спеціальності 192  
року 90  
29.09.21р.  
9.Т.Н., проф.  
Панчилов В.О.

ствола № 16-біс із результатами геодезичного моніторингу під час будівництва вертикальних виробок Дніпровського метрополітену.

Усі розділи дисертаційної роботи мають обґрунтовані висновки. Загальні висновки дисертації в повній мірі відповідають поставленим задачам та відображають отримані в ході роботи результати, що є підтвердженням її завершеності та повноти дослідження.

**Наукова новизна отриманих результатів** полягає в отриманні із високим рівнем апроксимації нових закономірностей переміщень та силових факторів шахтного ствола, закріпленого буросічними палями із варіацією їх діаметру, а також закономірностей компонент напруженого стану багатопарової системи «тимчасове кріплення – оправа – оточуючий масив» від модуля пружності замороженого ґрунту, що відповідає певній його температурі, та модуля пружності оправи шахтного ствола.

**Практичне значення отриманих результатів** полягає в розробці розрахункових алгоритмів, що базуються на отриманих автором закономірностях і дозволяють керувати НДС оправи вертикальної виробки шляхом підбору діаметру буросічних паль або попереднім завданням граничного рівня компонент НДС в них та в обв'язувальній балці (огороження з буросічних паль) чи шляхом підбору раціональних геометричних параметрів та матеріалу оправи або температури циклу заморожування ґрунтів при застосуванні цього спеціального методу.

Основні положення дисертації опубліковані у вигляді статей в фаховому збірнику наукових праць «Мости та тунелі: теорія, дослідження, практика» (Дніпро, категорія «Б») та науковому журналі *Mining of Mineral Deposits* (Дніпро, категорія «А»), у доповідях на 78 і 79 Міжнародній науково-практичній конференції «Проблеми і перспективи розвитку залізничного транспорту» (Дніпро, 2018-2019) та матеріалах Міжнародної науково-технічної конференції *Essays of mining science and practice* (Дніпро, 2019), а також у підрозділі 5.4. в монографії Тютюкіна О.Л. «Теоретичні основи комплексного аналізу тунельних конструкцій» (Дніпро, 2020).

Автор був виконавцем держбюджетних науково-дослідних робіт «Аналітичні закономірності напружено-деформованого стану оправи шахтних стволів при проведенні спеціальних робіт» (номер державної реєстрації 0117U006810) та «Наукове обґрунтування інноваційних технологій відновлення об'єктів транспортної інфраструктури України» (номер державної реєстрації 0119U001139).

## **Аналіз основного змісту кваліфікаційної наукової роботи**

Дисертаційна робота викладена на 127 сторінках. Вона складається із титульної сторінки, анотації (двома мовами, 6 сторінок), змісту (1 сторінка), вступу (6 сторінок), чотирьох розділів, в яких представлені основні наукові здобутки дисертанта (102 сторінки), висновків (2 сторінки) та списку використаних джерел (9 сторінок). В роботі наявні 7 висновків, 58 рисунків, 7 таблиць. Список використаних джерел налічує 61 літературне джерело кирилицею і 36 – латиницею.

У вступі обґрунтовано актуальність теми кваліфікаційної наукової роботи, її важливість для будівництва першої черги метрополітену в м. Дніпрі у другому пусковому комплексі та вертикальних виробок Київського метрополітену, надані формальні ознаки роботи та поставлені її основні задачі.

В першому розділі (32 сторінки) автором виконано аналіз методів кріплення вертикальних виробок під час будівництва метрополітену. Детальний аналіз українського та закордонного досвіду свідчить про те, що обрати єдиний метод для різноманітних інженерно-геологічних та гідрогеологічних умов, що буде універсальним, неможливо. Тому в якості об'єкту дослідження прийнято огороження з буросічних паль та штучне заморожування ґрунтів, тобто методи, що відповідають задачам будівництва метрополітенів України.

Також в розділі проаналізовано аналітичний, експериментальний та чисельний підходи до пошуку закономірностей НДС вертикальних виробок та зроблено висновок про доцільність застосування саме чисельного як такого, що найбільш адекватний для пошуку закономірностей багат шарової системи «тимчасове кріплення – оправа – оточуючий масив» при варіації видів оправи, параметрів тимчасового кріплення, ґрунту оточуючого масиву та льодогрунтового огороження.

У розділі 2 (21 сторінка) автором наведені основні результати комплексного аналізу шахтного ствола, закріпленого буросічними палями, який складається із прогностичного розрахунку (чисельний аналіз методом скінченних елементів) та технічного (геодезичного) моніторингу.

В цьому і наступному розділах виконана побудова скінченно-елементних моделей шахтних стволів, що споруджуються під час будівництва Дніпровського та Київського метрополітенів, в яких враховано варіацію видів оправи, діаметру буросічних паль та властивостей ґрунту при різних температурах заморожування.

Автором опрацьовано дані геодезичного моніторингу (горизонтальні та вертикальні деформації оправи ствола № 16-біс), отримані під час будівництва вертикальних виробок Дніпровського метрополітену, які надали можливості свідчити про адекватність авторських скінченно-елементних моделей шахтних стволів.

Результатом розділу 2 є отримання закономірностей НДС шахтного стволу, закріпленого буросічними палями.

У розділі 3 (37 сторінок) автором викладено основи керування напружено-деформованим станом шахтного стволу під час проведення спеціального способу заморожування. Після визначення параметрів льодогрунтового огороження для шахтного стволу виконане скінченно-елементне моделювання шахтного стволу із відображенням проведення спеціального способу заморожування і отримано закономірності керування НДС під час його застосування.

У розділі 4 (12 сторінок) автором отримано закономірності напруженого стану вертикальної виробки при порушенні технології заморожування ґрунту, які свідчать, що процеси нерівномірного заморожування/розморожування збільшують значення напружень в оправі шахтного стволу.

Кваліфікаційна робота Віталія Анатолійовича Мірошника підсумовується загальними висновками (2 сторінки), що послідовно та логічно витікають зі змісту роботи та відповідають поставленим цілям.

#### **Зауваження по кваліфікаційній роботі**

1. У підрозділі 1.2 наведено результати критичного аналізу аналітичного, експериментального та чисельного підходів до пошуку закономірностей НДС вертикальних виробок, але не згадано про гібридний аналітико-чисельний підхід.

2. В розділі 2 автором отримано закономірності напружено-деформованого стану шахтного стволу, закріпленого буросічними палями, причому оточуючий масив характеризується слабкими ґрунтами. Незрозуміло, чи будуть адекватні авторські закономірності для випадку скельного масиву, який також наявний під час будівництва Дніпровського метрополітену.

3. Рисунок 3.2 вірогідно не зовсім коректно імпортовано із комплексу AutoCAD, оскільки кут  $\beta$  відображено як ?.

4. Судячи із тексту дисертаційної роботи, в розділі 4 розглянуто більше варіантів інженерно-геологічних умов, ніж в розділі 3, але недостатньо обґрунтовано такий вибір викладення результатів.

5. У розділі 4 розглянуто лише один сценарій нерівномірного заморожування/розморожування, при цьому не обґрунтовано, чому обрано саме його.

6. Як рекомендацію хотілося б зауважити авторові, що, на думку опонента, вертикальну виробку, яка забезпечує доступ до підземних виробок з поверхні, все ж більш коректно називати «шахтний ствол», а не «шахтний стовбур».

### Загальний висновок

Дисертаційна робота Мірошника Віталія Анатолійовича «Керування напружено-деформованим станом вертикальних виробок при застосуванні різних видів кріплення» є закінченим самостійним науковим дослідженням, в якому отримані нові результати, що в сукупності вирішують поставлені наукові завдання. Дисертація за актуальністю, об'ємом і рівнем проведених досліджень, науковою новизною і практичною значимістю відповідає вимогам пп. 9, 10, 11 Порядку проведення експерименту з присудження ступеня доктора філософії, затвердженого постановою Кабінету Міністрів України від 6 березня 2019 р. № 167 «Тимчасовий порядок присудження ступеня доктора філософії», що пред'являються до дисертацій на здобуття наукового ступеня доктора філософії за спеціальністю 192 – Будівництво та цивільна інженерія, а дисертант заслуговує присудження наукового ступеня доктора філософії за спеціальністю 192 – Будівництво та цивільна інженерія.

Завідувач кафедри  
будівництва, геотехніки і геомеханіки  
Національного технічного  
університету «Дніпровська політехніка»  
Міністерства освіти і науки України,  
доктор технічних наук, доцент

Сергій ГАПЄЄВ



*104-18/246*  
*в/р 29.09.21*

Відгук

офіційного опонента

кандидата технічних наук Крисана Віталія Володимировича

на дисертаційну роботу **Мірошник Віталія Анатолійовича**

**«Керування напружено-деформованим станом вертикальних**

**виробок при застосуванні різних видів кріплення»,**

подану на здобуття ступеня «доктор філософії»

за спеціальністю 192 – Будівництво та цивільна інженерія

**Актуальність теми дисертації.** Вертикальні виробки зустрічаються доволі часто, це і

будівництво ліній метрополітенів та шахт. Це інженерні споруди, будівництво яких потребує складних інженерно-технічних рішень. При будівництві таких споруд застосовується тимчасове закріплення ґрунтів, які перетинаються такими виробками. В різних інженерно-геологічних умовах застосовуються різні способи закріплення, це і заморожування, огорожування різного виду палями, опускними конструкціями. Та при виконанні всіх видів таких робіт є одна деталь, що їх об'єднує, – зміна напружено-деформованого стану масиву ґрунтів, що контактують з цими конструкціями. Актуальність досліджень обумовлена потребою наукового обґрунтування параметрів вертикальних виробок. Дисертаційна робота виконана відповідно до тематики науково-дослідних робіт Дніпровського національного університету залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна, а саме держбюджетних науково-дослідних робіт «Аналітичні закономірності напружено-деформованого стану оправи шахтних стовбурів при проведенні спеціальних робіт», № 0117U006810 держреєстрації та «Наукове обґрунтування інноваційних технологій відновлення об'єктів інфраструктури України» (номер держреєстрації 0117U001139).

**Ступінь обґрунтованості і достовірності наукових положень, висновків і рекомендацій.** Наукові положення та висновки, що сформульовані в дисертаційній роботі В. А. Мірошника, випливають з її змісту та відображають нові результати. Для цього проведено аналіз стану досліджень, розглянуто специфіку будівництва метрополітенів в Україні та особливості аналітичного, експериментального та чисельного підходів до пошуку закономірностей напружень та деформацій вертикальних виробок. Обґрунтованість висновків та практичних рекомендацій, що запропоновані в дисертаційній роботі, підтверджується практичними та теоретичними дослідженнями. Одержані результати узгоджуються з даними раніше проведених досліджень, виконаних як вітчизняними, так і зарубіжними авторами, аналіз яких виконано по публікаціях, що використані при написанні дисертації. Достовірність результатів, отриманих в ході чисельного аналізу, підтверджуються застосуванням ліцензійного комплексу SCAD та натурними дослідженнями, а саме результатами геодезичного моніторингу під час будівництва вертикальних виробок Дніпровського метрополітену.

**Наукова новизна отриманих результатів** полягає в тому, що за допомогою створених скінчено-елементних моделей вперше отримано закономірності компонент напруженого стану від модуля пружності замороженого ґрунту та модуля пружності оправи шахтного стовбура, що є поліномами другого ступеня з високим рівнем апроксимації. Отримані закономірності складають наукову новизну дисертаційної роботи. Вперше отримано із високим рівнем апроксимації ( $R^2=0,992\dots0,999$ ) закономірності переміщень та силових факторів шахтного стовбура, закріпленого буросічними палями, та відшукано закономірності компонент

напруженого стану від модуля пружності оправи шахтного стовбуру і замороженого ґрунту, що відповідає певній його температурі.

Повнота відображень основних положень дисертації в опублікованих працях.

Наукові результати дисертаційної роботи опубліковані в статтях в науковому журналі Mining of Mineral Deposits (м. Дніпро, категорія «А») та фаховому збірнику наукових праць «Мости та тунелі: теорія, дослідження, практика» (м. Дніпро, категорія «Б»), у тезах доповідей на 78 і 79 Міжнародній науково-практичній конференції «Проблеми і перспективи розвитку залізничного транспорту» (м. Дніпро, 2018-2019) та матеріалах Міжнародної науково-технічної конференції Essays of mining science and practice (м. Дніпро, 2019), а також у підрозділі 5.4. в монографії «Теоретичні основи комплексного аналізу тунельних конструкцій» (автор – Тютюкін О. Л., м. Дніпро, 2020).

В. А. Мірошник був виконавцем держбюджетних науково-дослідних робіт «Аналітичні закономірності напружено-деформованого стану оправи шахтних стовбурів при проведенні спеціальних робіт» (№ держреєстрації 0117U006810) та «Наукове обґрунтування інноваційних технологій відновлення об'єктів транспортної інфраструктури України» (№ держреєстрації 0119U001139).

**Практичне значення отриманих результатів** полягає в розробці на основі отриманих дисертантом закономірностей розрахункової стратегії керування НДС, що реалізується шляхом підбору діаметру буросічних паль (спеціальний метод закріплення буросічними палями) або раціональних геометричних параметрів та матеріалу оправи або температури циклу заморожування ґрунтів (спеціальний метод спорудження). Розроблена в роботі методика та скінчено-елементні моделі шахтних стовбурів можуть бути застосовані під час передпроектних та проектних робіт Київського та Дніпровського метрополітену, а також для керування НДС вертикальних виробок, під час будівництва яких використовуються спеціальні способи (штучне заморожування ґрунтів або закріплення буросічними палями).

**Редакційний аналіз.** Дисертація написана чіткою та зрозумілою технічною мовою, викладення матеріалу послідовне та логічне. Оформлення дисертації виконано у відповідності з діючими вимогами. Та все ж не обійшлося без деяких орфографічних та стилістичних помилок, як в 4 абзаці сторінки 19, 2 абзаці сторінки 38 та деяких інших, та це не псує загальне враження від роботи.

#### **Оцінка основного змісту дисертації**

Назва дисертації адекватно відображає її зміст та поставлені цілі. У вступі обґрунтовано актуальність теми дисертації, сформульовано мету та основні задачі, які необхідно вирішити для її досягнення. Дисертаційна робота складається із вступу, чотирьох розділів основної частини, висновків та списку використаних джерел. Загальний обсяг – 127 сторінок, з них 92 сторінки основного тексту, 58 рисунків на 50 сторінках, 7 таблиць на 6 сторінках, список використаних джерел з 97 назв на 9 сторінках. Назва дисертації адекватно відображає її зміст та поставлену мету роботи. Літературні джерела відображають сучасний стан українського та закордонного застосування спеціальних способів спорудження.

У вступі обґрунтовано актуальність теми дисертації, сформульовано мету та основні задачі, які необхідно вирішити для її досягнення, визначено об'єкт, предмет та методи дослідження.

В розділі 1 викладено результати детального аналізу застосування широкого спектру спеціальних способів, що використовуються під час будівництва метрополітенів світу. Поточна

ситуація будівництва метрополітенів України, зокрема Київського та Дніпровського, прийнятих до розгляду в дисертаційній роботі, свідчить про те, що не всі спеціальні способи є доцільними та ефективними. Доведено також, що найбільш адекватними реальним умовам будівництва є тимчасове кріплення стовбурів буросічними палями (Дніпровський метрополітен) та, з огляду на значні водопритоки, штучне заморожування ґрунтів (Київський метрополітен).

Порівняльний аналіз аналітичного, експериментального та чисельного підходів до пошуку НДС вертикальних виробок довів, що найбільш ефективним та плідним для пошуку закономірностей багат шарової системи «тимчасове кріплення – оправа – оточуючий масив» є саме чисельний на базі розрахункового комплексу SCAD.

В розділі 2 автором побудовані скінчено-елементні моделі шахтних стовбурів, які дозволяють проводити зміну деформаційних параметрів усіх частин багат шарової системи «тимчасове кріплення – оправа – оточуючий масив», варіацію видів оправи, діаметру буросічних паль та властивостей ґрунту при різних температурах заморожування.

В ході чисельного аналізу отримані результати НДС шахтного стовбуру, закріпленого буросічними палями, що дозволили визначити закономірності керування геометричними параметрами системи, а дані геодезичного моніторингу оправи стовбура № 16-біс надали можливості свідчити про адекватність авторських теоретичних побудов. Отримані закономірності складають наукову новизну дисертаційної роботи.

В розділі 3 наведено основи керування НДС шахтного стовбуру під час проведення спеціального способу заморожування. Виконане скінчено-елементне моделювання шахтного стовбуру, в якому шляхом зміни характеристик замороженого ґрунту змодельована технологія штучного заморожування і отримані просторові діаграми зміни напружень від деформаційних властивостей ґрунтів та температурного режиму, що складає практичне значення дисертаційної роботи.

В розділі 4 отримано закономірності напруженого стану вертикальної виробки у випадку недотримання технології спеціального способу (нерівномірне заморожування/розморожування), які доводять, що такі процеси збільшують значення напружень в оправі шахтного стовбуру.

Отримані результати є повними й завершеними і свідчать про досягнення автором мети дисертаційної роботи.

#### **Зауваження по кваліфікаційній роботі.**

1. Кріплення вертикальних виробок ведеться після влаштування захисної конструкції. Ідеально гладкою поверхня її не може бути, тому між оправою та захисною конструкцією мається проміжок. А як це враховується в побудові моделі?

2. Як, на вашу думку, змінюється НДС ґрунтового масиву при завершенні робіт при кріпленні способом заморожування і при використанні буросічних паль?

3. В розділі 1 детально розглядаються переваги та недоліки струминної цементації «jet-grouting», а бурозмішувальна технологія не проаналізована.

4. В дисертаційній роботі, зокрема в розділі 2, майже не приділено уваги особливостям та відмінностям нових конструкцій шахтних стовбурів Дніпровського метрополітену, наприклад, стовбура № 16-біс, який має неklasичну форму і розміри.

5. На стор. 79 автор пише, що «Першим етапом створення об'ємної моделі є розробка плоского прототипу», але не наводить його характеристики та алгоритм процесу перетворення.

6. В розділі 4 не пояснено факт особливої форми льодогрунтового огородження, що



утворилася в процесі нерівномірного заморожування або відтаювання, а також під час якого етапу заморожування вона утворилася (активний чи пасивний).

7. А чому для моделювання вибрано комплекс SCAD а не інший, наприклад PLAXIS?

**Загальний висновок** На підставі аналізу дисертації Мірошника Віталія Анатолійовича «Керування напружено-деформованим станом вертикальних виробок при застосуванні різних видів кріплення», поданої на здобуття наукового ступеня доктора філософії за спеціальністю 192 – Будівництво та цивільна інженерія можна стверджувати, що робота є закінченим самостійним науковим дослідженням, в якому отримані нові результати, що в сукупності вирішують поставлені наукові завдання.

Розв'язання чітко поставленої задачі та логічне вирішення її вказують на достатньо високий рівень теоретичних знань та практичних навичок дисертанта, а сама дисертація за актуальністю, об'ємом і рівнем проведених досліджень, науковою новизною і практичною значимістю відповідає вимогам пп. 9, 10, 11 Порядку проведення експерименту з присудження ступеня доктора філософії, затвердженого постановою Кабінету Міністрів України від 6 березня 2019 р. № 167 «Тимчасовий порядок присудження ступеня доктора філософії», що пред'являються до дисертацій на здобуття наукового ступеня доктора філософії за спеціальністю 192 – Будівництво та цивільна інженерія, а Віталій МІРОШНИК заслуговує присудження наукового ступеня доктора філософії за спеціальністю 192 – Будівництво та цивільна інженерія.

Директор ТОВ «Геобуд»,  
к.т.н., член Українського товариства  
механіки ґрунтів, геотехніки та  
фундаментобудування



В. В. КРИСАН